

INTERVENTI PER L'INCREMENTO DELLA  
SICUREZZA DELLA DIGA DI GIUDEA A GELLO

PROGETTO DEFINITIVO

Tavola	Titolo:	SCALA
ALL. B	VERIFICHE DI STABILITA'	
		DATA <b>MAGGIO 2018</b>



Sede Firenze Via De Sanctis,49/51 - 50136 - Cod.Fisc. e P.I.V.A. 06111950488

Organizzazione con Sistema di Gestione Integrato Certificato in conformità alle normative ISO9001 - ISO14001 - OHSAS18001 - SA8000

<b>PROGETTISTI:</b>  Dott. Ing. Giovanni Simonelli  <b>GEOLOGIA:</b>  Geo. Filippo Landini	<b>COLLABORATORI:</b>  Verifiche di stabilità Ing. David Settesoldi  Indagini Idrauliche Ing. Leonardo Duranti  Indagini Geologiche Geol. Carlo Ferri
<b>ESPROPRI:</b>  Geom. Andrea Patriarchi Geom. Matteo Masi	<b>COMMESSA IT:</b>  INGT-TPLPD-PBAAC252
<b>COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:</b>  Dott. Ing. Benedetta Centoni	<b>RESPONSABILE COMMITTENTE:</b>  Ing. Cristiano Agostini
<b>DIRETTORE TECNICO INGEGNERIE TOSCANE:</b>  Ing. Mario Chiarugi	<b>RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:</b>  Ing. Leonardo Rossi

REV.	Data	DESCRIZIONE/MOTIVO DELLA REVISIONE	REDATTO	CONTROLLATO / APPROVATO
01	MAGGIO 2018	PROGETTO DEFINITIVO	DURANTI	SIMONELLI

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

---

**INDICE**

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>DATI CARATTERISTICI DI PROGETTO.....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>INDAGINI DISPONIBILI.....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO .....</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>VERIFICHE DI STABILITÀ .....</b>	<b>14</b>
5.1	VERIFICHE SECONDO LA NORMATIVA IN VIGORE DM LL.PP. 24/03/1982 .....	14
5.1.1	<i>Azioni sismiche .....</i>	<i>15</i>
5.2	VERIFICHE DI STABILITÀ SECONDO IL DM DEL 26 GIUGNO 2014.....	16
5.2.1	<i>Parametri sismici.....</i>	<i>17</i>
<b>6</b>	<b>PROFILO DELLA FALDA FREATICA .....</b>	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>21</b>
<b>8</b>	<b>VERIFICHE DI STABILITÀ – RELAZIONI DI CALCOLO .....</b>	<b>22</b>
8.1	VERIFICHE SECONDO IL DECRETO DEL MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E TRASPORTI DEL 26 GIUGNO 2014 – NORME TECNICHE PER LA PROGETTAZIONE E COSTRUZIONE DEGLI SBARRAMENTI DI RITENUTA (DIGHE E TRAVERSE) .....	22
8.1.1	<i>Normative di riferimento .....</i>	<i>22</i>
8.1.2	<i>Descrizione metodo di calcolo.....</i>	<i>22</i>
8.1.3	<i>Valutazione degli spostamenti – analisi semplificata .....</i>	<i>24</i>
8.1.4	<i>VERIFICA 01 – Paramento di monte, fine costruzione, condizioni drenate, senza sisma .....</i>	<i>29</i>
8.1.5	<i>VERIFICA 02 – Paramento di monte, fine costruzione, condizioni non drenate, senza sisma.....</i>	<i>37</i>
8.1.6	<i>VERIFICA 03 – Paramento di monte, fine costruzione, condizioni non drenate, con sisma.....</i>	<i>44</i>
8.1.7	<i>VERIFICA 04 – Paramento di monte, massimo invaso, condizioni drenate, senza sisma .....</i>	<i>52</i>
8.1.8	<i>VERIFICA 05 – Paramento di monte, massimo invaso, condizioni non drenate, con sisma.....</i>	<i>60</i>
8.1.9	<i>VERIFICA 06 – Paramento di monte, fine svaso, condizioni non drenate, senza sisma.....</i>	<i>68</i>
8.1.10	<i>VERIFICA 07 – Paramento di valle, fine costruzione, condizioni drenate, senza sisma .....</i>	<i>76</i>
8.1.11	<i>VERIFICA 08 – Paramento di valle, fine costruzione, condizioni non drenate, senza sisma.....</i>	<i>83</i>
8.1.12	<i>VERIFICA 09 – Paramento di valle, fine costruzione, condizioni non drenate, con sisma.....</i>	<i>91</i>
8.1.13	<i>VERIFICA 10 – Paramento di valle, massimo invaso, condizioni drenate, senza sisma.....</i>	<i>99</i>
8.1.14	<i>VERIFICA 11 – Paramento di valle, massimo invaso, condizioni non drenate, con sisma .....</i>	<i>107</i>
8.1.15	<i>Dichiarazioni secondo N.T.C. 2008 (punto 10.2).....</i>	<i>116</i>
8.2	VERIFICHE SECONDO IL DECRETO DEL MINISTERO LL PP 24 MARZO 1982 .....	117
8.2.1	<i>Normative di riferimento .....</i>	<i>117</i>
8.2.2	<i>Descrizione metodo di calcolo.....</i>	<i>117</i>

## **Allegato B – Verifiche di Stabilità**

---

8.2.3	VERIFICA 01 – Paramento di monte, fine costruzione, condizioni drenate, senza sisma .....	120
8.2.4	VERIFICA 02 – Paramento di monte, fine costruzione, condizioni non drenate, senza sisma.....	127
8.2.5	VERIFICA 03 – Paramento di monte, fine costruzione, condizioni non drenate, con sisma.....	134
8.2.6	VERIFICA 04 – Paramento di monte, massimo invaso, condizioni drenate, senza sisma .....	141
8.2.7	VERIFICA 05 – Paramento di monte, massimo invaso, condizioni non drenate, con sisma.....	148
8.2.8	VERIFICA 06 – Paramento di monte, fine svaso, condizioni non drenate, senza sisma.....	156
8.2.9	VERIFICA 07 – Paramento di valle, fine costruzione, condizioni drenate, senza sisma .....	164
8.2.10	VERIFICA 08 – Paramento di valle, fine costruzione, condizioni non drenate, senza sisma.....	172
8.2.11	VERIFICA 09 – Paramento di valle, fine costruzione, condizioni non drenate, con sisma.....	179
8.2.12	VERIFICA 10 – Paramento di valle, massimo invaso, condizioni drenate, senza sisma.....	187
8.2.13	VERIFICA 11 – Paramento di valle, massimo invaso, condizioni non drenate, con sisma .....	195

### **Indice delle tabelle**

Tabella 1 – Parametri geotecnici della campagna di indagini del 1991 .....	7
Tabella 2 – Parametri geotecnici caratteristici.....	11
Tabella 3 – Sintesi di risultati delle indagini geologiche svolte.....	12
Tabella 4 – Verifiche di stabilità condotte secondo DM LL.PP. 24/03/1982. ....	15
Tabella 5 – Verifiche di stabilità condotte secondo il Decreto del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti del 26 Giugno 2014.....	17
Tabella 6 – Vita nominale e vita di riferimento relativamente all'intervento di ristrutturazione dell'invaso di Gello .....	17
Tabella 7 – Parametri sismici SLO, SLD, SLV e SLC .....	18
Tabella 8 – Parametri sismici SLV, tipo di sottosuolo, coefficiente di amplificazione topografica $S_T$ e coefficiente di riduzione $\beta$ . ....	18
Tabella 9 – Verifiche di stabilità condotte secondo il Decreto del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti del 26 Giugno 2014 e secondo DM LL.PP. 24/03/1982.....	21
Tabella 10 – Espressioni di $S_s$ e di $C_c$ Tabella 3.2.V NTC 2008.....	27
Tabella 11 – Espressioni di $S_s$ e di $C_c$ - Tabella 3.2.VI.....	28
Tabella 12 – Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale.....	28

### **Indice delle figure**

Figura 1 – Planimetria delle indagini geognostiche eseguite fino al 2007 .....	8
Figura 2 – Risultati della prova Down_Hole eseguita nel 2007 .....	9
Figura 3 – Risultati della prova MASW eseguita nel 2007 sul coronamento.....	9
Figura 4 – Planimetria delle indagini geognostiche eseguite nel 2012 - 2014.....	10
Figura 5 – Sezione tipo corpo diga con modello di stratificazione .....	13

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

---

Figura 6 - Linea di filtrazione con il metodo semiempirico di Casagrande. ....	19
Figura 7 - Linea di filtrazione ricostruita con il metodo semiempirico di Casagrande per la sezione di progetto. ....	20
Figura 8 – Risultati verifica 01 secondo DM 26 Giugno 2014 – cerchio critico con metodi di Bishop.....	36
Figura 9 – Risultati verifica 02 secondo DM 26 Giugno 2014 – cerchio critico con i metodi di Bishop e Fellenius .....	43
Figura 10 – Risultati verifica 03 secondo DM 26 Giugno 2014 – cerchio critico con metodi di Bishop e Fellenius .....	51
Figura 11 – Risultati verifica 04 secondo DM 26 Giugno 2014 – cerchio critico con il metodo di Bishop.....	59
Figura 12 – Risultati verifica 05 secondo DM 26 Giugno 2014 – cerchio critico con i metodi di Bishop e Fellenius .....	67
Figura 13 – Risultati verifica 06 secondo DM 26 Giugno 2014 – cerchio critico con i metodi di Bishop e Fellenius .....	75
Figura 14 – Risultati verifica 07 secondo DM 26 Giugno 2014 – cerchio critico con il metodo di Bishop.....	82
Figura 15 – Risultati verifica 08 secondo DM 26 Giugno 2014 – cerchio critico con i metodi di Bishop e Fellenius .....	90
Figura 16 – Risultati verifica 09 secondo DM 26 Giugno 2014 – cerchio critico con i metodi di Bishop e Fellenius .....	98
Figura 17 – Risultati verifica 10 secondo DM 26 Giugno 2014 – cerchio critico con il metodo di Fellenius...	106
Figura 18 – Risultati verifica 11 secondo DM 26 Giugno 2014 – cerchio critico con i metodi di Bishop e Fellenius .....	115
Figura 19 – Risultati verifica 01 secondo DM LL.PP. 24/03/1982– cerchio critico con il metodo di Fellenius	126
Figura 20 – Risultati verifica 02 secondo DM LL.PP. 24/03/1982 – cerchio critico con i metodi di Fellenius e Bishop.....	133
Figura 21 – Risultati verifica 03 secondo DM LL.PP. 24/03/1982 – cerchio critico con i metodi di Fellenius e Bishop.....	140
Figura 22 – Risultati verifica 04 secondo DM LL.PP. 24/03/1982 – cerchio critico con il metodo di Fellenius .....	147
Figura 23 – Risultati verifica 05 secondo DM LL.PP. 24/03/1982 – cerchio critico con i metodi di Fellenius e Bishop.....	155
Figura 24 – Risultati verifica 06 secondo DM LL.PP. 24/03/1982 – cerchio critico con i metodi di Fellenius e Bishop.....	163
Figura 25 – Risultati verifica 07 secondo DM LL.PP. 24/03/1982 – cerchio critico con i metodi di Fellenius e Bishop.....	171
Figura 26 – Risultati verifica 08 secondo DM LL.PP. 24/03/1982 – cerchio critico con i metodi di Fellenius e Bishop.....	178
Figura 27 – Risultati verifica 09 secondo DM LL.PP. 24/03/1982 – cerchio critico con i metodi di Fellenius e Bishop.....	186

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

---

Figura 28 – Risultati verifica 10 secondo DM LL.PP. 24/03/1982 – cerchio critico con il metodo di Bishop..194  
Figura 29 – Risultati verifica 11 secondo DM LL.PP. 24/03/1982 – cerchio critico con i metodi di Bishop e Fellenius .....202

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

## 1 Premessa

Il presente documento è allegato al PROGETTO DEFINITIVO - Interventi di messa in sicurezza idraulica ed approvvigionamento idropotabile in località Gello nel Comune di Pistoia – Invaso della Giudea.

Nel presente documento si riportano le verifiche di stabilità relative all'invaso nello stato di progetto condotte sulla base dei dati geologici e sismici disponibili riportati nell'Allegato L – Relazione Geologica.

## 2 Dati caratteristici di progetto

L'intervento di ristrutturazione in progetto prevede di abbassare la quota del coronamento della diga di circa 6.76 m (dalla quota attuale di 150,06 m s.l.m alla quota di 143,30 m s.l.m.) e portare le pendenze del paramento di valle a 1/4.25 e quello di monte a 1/3.75 ridimensionando l'intero corpo del rilevato.

<b>Dati principali della diga</b>	<b>Invaso attuale</b>	<b>Invaso di progetto</b>
Classificazione tipologica della diga ai sensi del D.M. 24/03/82	Diga in materiali sciolti con terra omogenea	Diga in materiali sciolti con terra omogenea
Altezza della diga <i>ai sensi del D.M. 24/03/82 [m]</i>	31.90	25.1
Altezza della diga <i>ai sensi del L.584/1884 [m]</i>	31.90	25.1
Altezza della diga <i>ai sensi del Decreto 26/06/2014 [m]</i>	-	25.1
Altezza massima ritenuta	23.26	12.31
Larghezza del coronamento	6.00	5.50
Quota del coronamento	150.06	143.30
Quota massimo invaso [m. slm] TR 1000 anni	148.26	140.25
Franco <i>ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/82 [m]</i>	1.80	3.05
Franco netto <i>ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/82 [m]</i>	1.80	2.74
Quota massimo invaso [m. slm] TR 3000 anni	148.29	140.31
Franco <i>ai sensi del Decreto 26/06/2014 [m]</i>	-	2.99
Franco netto <i>ai sensi del Decreto 26/06/2014 [m]</i>	-	2.84
Quota massima regolazione [m. slm]	147.76	140.00
Quota minima regolazione [m. slm]	134.00	134.00
Quota minima al piede diga lato monte [m. slm]	125.00	128.00
Quota minima al piede diga lato valle [m. slm]	118.20	118.20

A tale proposito vedasi Figura 5 – Sezione tipo corpo diga con modello di stratificazione.

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

### 3 Indagini disponibili

Il profilo geotecnico del corpo diga e dei terreni del substrato è stato ricostruito utilizzando la serie di indagini riportate nell'elaborato **L - Relazione geologica e relativi allegati**.

Le indagini disponibili sul corpo diga e sulla fondazione sono le seguenti:

- indagini su campioni indisturbati S1-S4, trincee geognostiche con escavatore T1-T17, trincee geognostiche con escavatore e con prove di densità in sito Tp1-Tp3 eseguite da italgeo nel 1991 (Prof. Colombo);
- indagine geotecnica in sito ed analisi di laboratorio su n.1 campione di terreno ricostruito eseguite da Geotecnica nel 1995 (Prof. Achille Piccio e Ing. Giovanni Baldovin);
- n. 1 prova geofisica Down-Hole in foro relativa al terreno di fondazione della diga in corrispondenza dell'uscita dello scarico di fondo eseguita nel 2007;
- rilievi geofisici MASW sul corpo diga (coronamento e banche del paramento di valle) eseguite da Dream nel 2007;
- n. 11 prove penetrometriche statiche CPT distribuite in vari punti del corpo diga eseguita dal Publiacqua nel 2012;
- n. 1 stendimento sismico a rifrazione elaborato con tecnica tomografica lungo la perpendicolare al coronamento della diga eseguito da Publiacqua nel 2012;
- n. 3 sondaggi sul coronamento della diga fino alla profondità di circa 26m e prelievo di campioni indisturbati e disturbati eseguito da Publiacqua nel 2013 e analisi di laboratorio effettuate nel 2014;
- n. 1 sondaggio effettuato dal coronamento della diga fino alla profondità di circa 45.0 m eseguito da Publiacqua nel 2014 con analisi di laboratorio.

Nella Figura 1 si riporta la posizione planimetrica delle indagini eseguite sul corpo diga fino al 2007.

Nella Tabella 1 si riportano i valori ricavati dalla campagna di indagini del 1991.

Sondaggio	Campione	Profondità	Quota	$\phi'$	$c'$	Prova
		m	m s.l.m.	(°)	Kpa	
1	4	16	134.0	19	30	CIU
2	1	6.5	127.5	25	30	TD
3	2	8.7	127.3	19	25	CIU
3	3	12.5	123.5	31	0	TD
4	3	13.5	136.5	15	50	CIU
4	5	21	129.0	31	0	TD

Tabella 1 – Parametri geotecnici della campagna di indagini del 1991

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

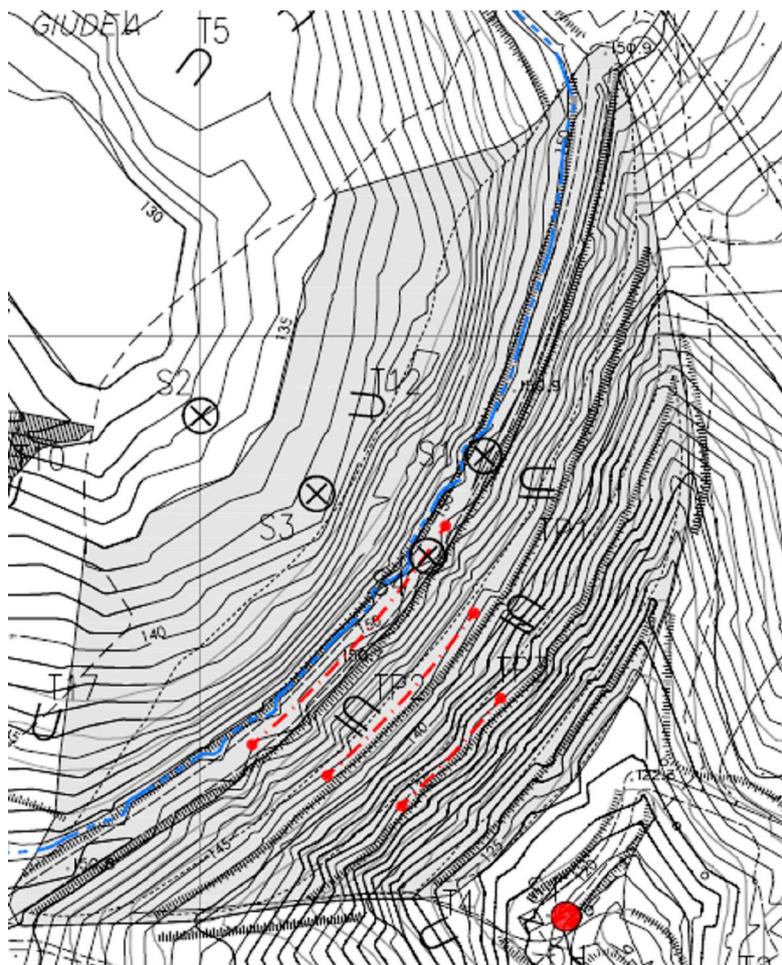


Figura 1 – Planimetria delle indagini geognostiche eseguite fino al 2007

Di particolare interesse per la ricostruzione del profilo stratigrafico in fondazione è l'indagine Down Hole svolte nell'ambito del progetto esecutivo "Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed approvvigionamento idropotabile in località Gello e Laghi Primavera" svolto nel Luglio 2007 dal Consorzio di Bonifica Ombrone P.se Bisenzio e riportate nell'elaborato **C3 – Relazione geologica – All. – Risultati della prova Down-hole nel foro S1/2007** indicata con S1 (al piede della diga) nella Figura 1 e riportata nella Figura 2.

Analogo risultato si evince dalla prova MASW eseguita sul coronamento della diga i cui risultati sono riportati nella Figura 3.

Nella Figura 4 si riportano le indagini eseguite da Publiacqua dal 2012 al 2014 e in particolare le prove penetrometriche P1-P11 e i sondaggi a carotaggio continuo S1-S4.

Nella Tabella 3 sono riportati i risultati delle analisi di laboratorio svolti sui campioni prelevati dai sondaggi S1-S4 per la redazione del presente progetto definitivo.

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

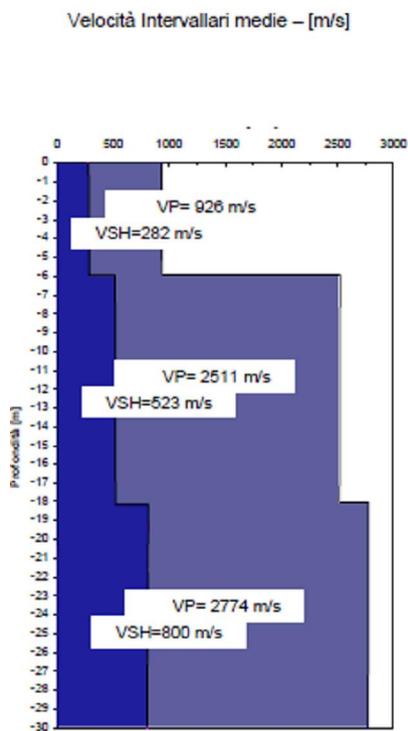


Figura 2 – Risultati della prova Down\_Hole eseguita nel 2007

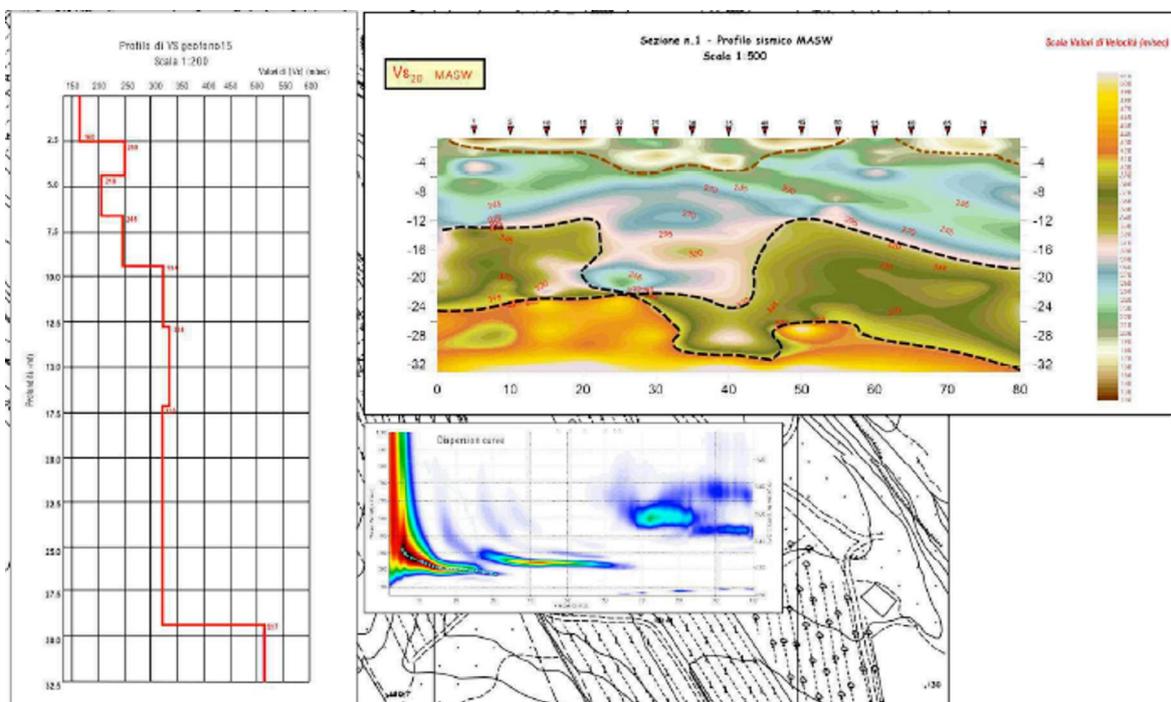


Figura 3 – Risultati della prova MASW eseguita nel 2007 sul coronamento

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

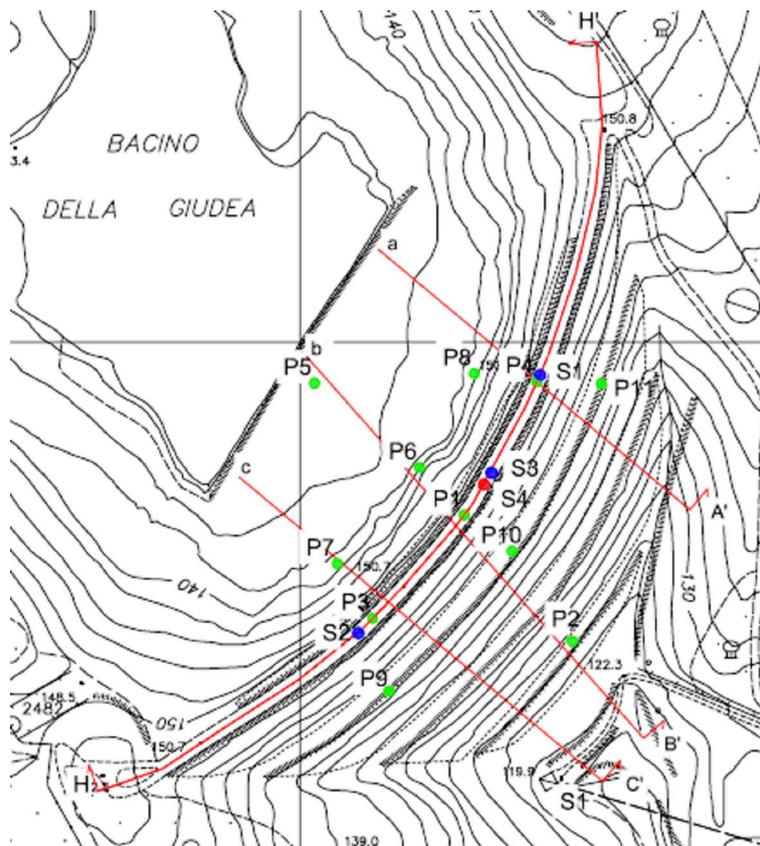


Figura 4 – Planimetria delle indagini geognostiche eseguite nel 2012 - 2014

## 4 Parametri geotecnici di progetto

Il profilo stratigrafico di progetto è stato ricostruito sulla base delle indagini sopra elencate. In particolare sono stati distinti 3 unità geotecniche:

1. il corpo diga;
2. il substrato;
3. lo strato di fondazione.

Visti i volumi in gioco e le caratteristiche dell'opera costituita i parametri caratteristici  $V_k$  sono stati calcolati come i valori medi di ciascun orizzonte  $V_m$ .

Per quanto riguarda il **corpo diga** i parametri caratteristici sono stati desunti dai valori medi ricavati dai sondaggi 1, 2 e 3 del 2013 che raggiungono un profondità massima pari a circa 124.0 m slm (ovvero 26 m di profondità rispetto alla quota del paramento attuale situato a 150,06 m slm).

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

Per quanto riguarda il **substrato** sono stati invece considerati i valori medi relativi al sondaggio 4 i cui campioni sono stati prelevati ad una profondità compresa tra 116.0 e 109.0 m slm (ovvero profondità comprese tra 34 e 41 m rispetto alla quota del paramento attuale situato a 150,06 m slm).

Per quanto riguarda lo **strato di fondazione** sono stati impiegati i parametri geotecnici caratteristici desunti dal progetto preliminare *Interventi di messa in sicurezza idraulica ed approvvigionamento idropotabile in località Gello nel Comune di Pistoia - Invaso della Giudea redatto da Publiacqua nel 2013* che a sua volta erano stati dedotti dalle prove penetrometriche del 2012 come riportato nella relazione L - Indagine geologica.

La distinzione di due unità geotecniche nella fondazione risulta giustificata sulla base delle seguenti evidenze:

- la prova Down Hole svolte nell'ambito del progetto esecutivo "*Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed approvvigionamento idropotabile in località Gello e Laghi Primavera*" svolto nel Luglio 2007 dal Consorzio di Bonifica Ombrone P.se Bisenzio e riporate nell'elaborato **C3 – Relazione geologica – All. – Risultati della prova Down-hole nel foro S1/2007**.indica una variazione importante delle velocità intervallari medie alla profondità di circa 6 metri corrispondente alla quota di circa 113 - 114 m slm da cui si può dedurre una modifica della tipologia di terreno;
- la prova MASW eseguita sul coronamento indica una transione alla profondità di circa 30.0m dal coronamento corrispondente alla quota di circa 120.0 m s.l.m..

Il via cautelativa il substrato è stato pertanto confinato verso il basso a una quota variabile da 126 m s.l.m. a monte della diga e a una quota di 112 m s.l.m. a valle della diga.

I parametri geotecnici caratteristici impiegati nelle verifiche di stabilità sono riassunti nella tabella seguente.

Parametri geotecnici	Unità di misura	Corpo diga	Substrato	Fondazione
Peso di volume	kg/mc	2140	2310	2039
Peso di volume saturo	kg/mc	2161	2337	2131
$\phi'$	(°)	24.5	24.8	25
$c'$	kPa	11.8	22.3	50
$\phi_u$	(°)	0	0	0
$c_u$	kPa	61.4	77.0	150

Tabella 2 – Parametri geotecnici caratteristici

Nella figura seguente è riportata la sezione tipo di progetto.

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

Sondaggio	Campione	Profondità	Quota	Contenuto d'acqua	Peso di volume	Densità secca	Massa Volumica reale	Peso volume saturo ricostruito	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Limite Liquido	Limite Plastico	Indice Plastico	Limite di Ritiro	Classificazione UNI 10006	Indice di Gruppo	Taglio Diretto		Triassiale CIU		Triassiale UU	E.L.L.
																			f' (°)	c' (kPa)	f' (°)	c' (kPa)	c <sub>u</sub> (kPa)	c <sub>u</sub> (kPa)
1	1	9.0-9.5	141.0-141.5	19.79	21.38	17.85	2.74	21.38	5.4	9.1	52.5	33	40	24	16	14	A6	10	23.0	7	-	-	-	55
2	1	9.0-9.5	141.0-141.5	12.07	21.48	19.12	2.73	21.92	10.6	13.9	51.7	23.9	33	21	12	11	A6	9	27.7	18	-	-	-	77
3	1	9.0-9.5	141.0-141.5	18.4	21.09	17.85	2.73	21.12	16.7	24.2	33.3	25.8	36	23	13	18	A6	6	21.6	24	-	-	-	74
1	2	15.0-15.5	135.0-135.5	17.8	20.79	17.65	2.72	20.97	8.1	15.9	55.9	20.1	35	22	13	16	A6	9	-	-	20.4	22	-	73
2	2	15.0-15.5	135.0-135.5	18.82	20.79	17.46	2.74	20.89	17.1	26.5	32.5	23.9	37	22	15	16	A6	6	30.0	0	-	-	92	-
3	2	15.0-15.5	135.0-135.5	17.92	19.42	16.48	2.71	20.21	9.7	22.5	50.3	17.6	36	23	13	15	A6	9	-	-	20.9	20	-	34
1	3	22.0-22.5	128.0-128.5	13.05	20.3	17.95	2.59	20.83	16.6	12.9	49.1	21.4	37	21	16	14	A6	10	-	-	22.0	8	-	33
2	3	22.0-22.5	128.0-128.5	20.81	20.69	17.16	2.61	20.69	14.1	6.9	55.3	23.7	35	21	14	20	A6	10	29.4	0	-	-	78	-
3	3	22.0-22.5	128.0-128.5	19.67	20.5	17.16	2.63	20.50	16.6	22	37	24.4	41	22	19	16	A7-6	9	26.2	29	-	-	37	-
1	4	25.5-26.0	124.5-125.0	8.04	23.63	21.87	2.77	23.78	25.7	23.1	29.7	21.4	33	20	13	12	A6	5	23.9	0	-	-	-	-
2	4	25.5-26.0	124.5-125.0	16.08	21.28	18.34	2.76	21.50	15.8	28.0	38.3	18.0	31	18	13	14	A6	6	24.9	7	-	-	-	-
3	4	25.5-26.0	124.5-125.0	20.81	20.5	16.97	2.73	20.56	9.3	16.4	44.1	30.3	46	25	21	12	A7-6	14	23.6	7	-	-	-	-
4	7	34.0-35.0	116.0-116.5				2.76		20.48	20.85	48.67	10.01	33	20	13	16	A6	7	24.4	22				
4	8	35.0-35.5	115.0-115.5	10.29	22.36	20.3	2.77	22.78	38.69	14.07	30.76	16.48	30	18	12	17	A6	3	29.9	7		69		
4	9	40.5-41.0	109.5-110.0	10.94	22.95	20.69	2.78	23.05	4.83	29.97	43.35	21.85	33	20	13	14	A6	8	20.0	38		85		

Tabella 3 – Sintesi di risultati delle indagini geologiche svolte

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

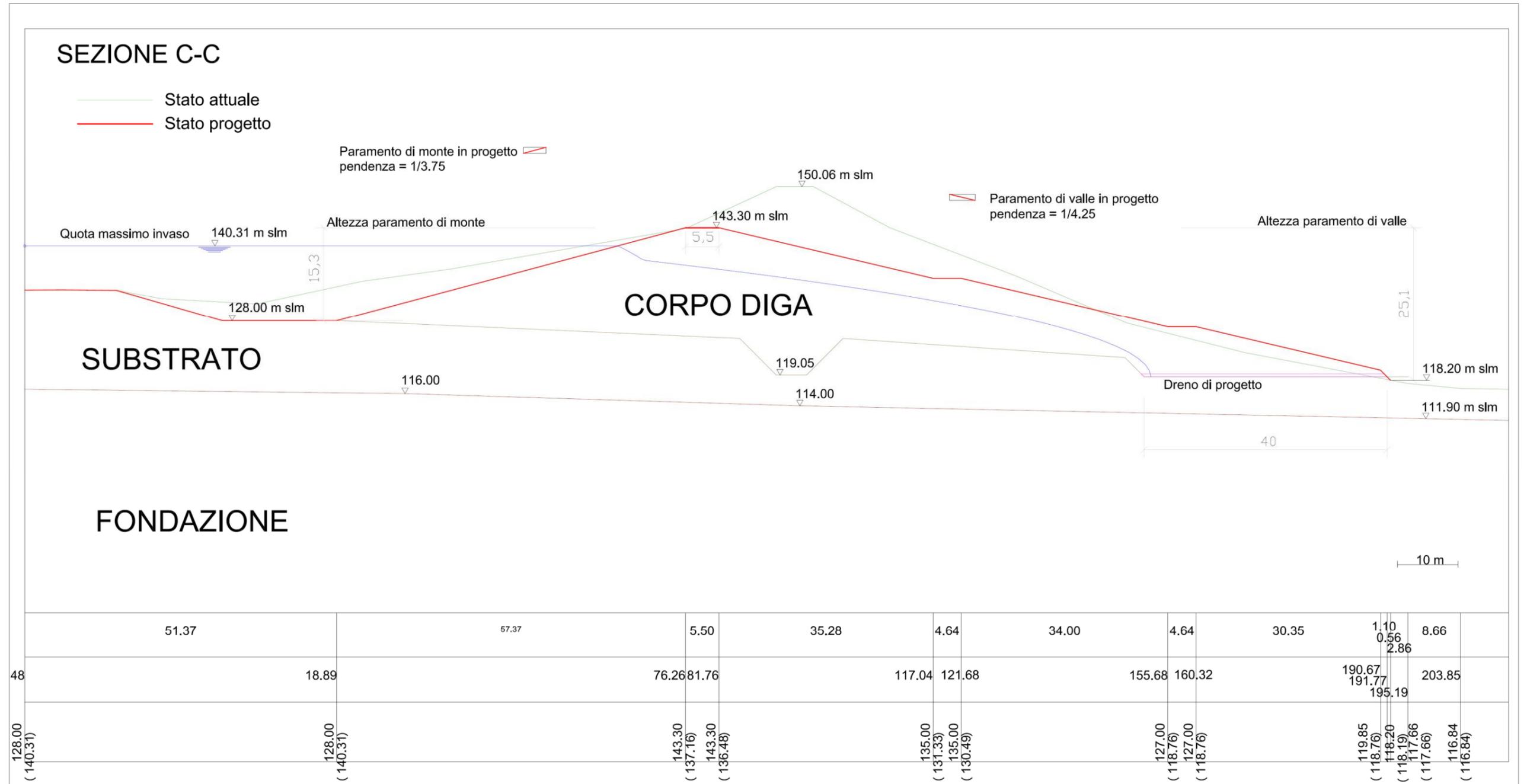


Figura 5 – Sezione tipo corpo diga con modello di stratificazione

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

**5 Verifiche di stabilità**

Le verifiche di stabilità sono state condotte con due metodologie di calcolo:

1. secondo la normativa in vigore DM LL.PP. 24/03/1982;
2. secondo le NTC 2008 ai sensi del Decreto del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti del 26 Giugno 2014 – Norme tecniche per la progettazione e costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse).

**5.1 Verifiche secondo la normativa in vigore DM LL.PP. 24/03/1982**

La diga nella configurazione di progetto ristrutturata è stata verificata con esito favorevole ai fini della stabilità secondo i criteri indicati ai punti H.5 ed H.6 della normativa tecnica per la progettazione e la costruzione delle opere di sbarramento approvata con D.M. Ministero dei LL.PP. 24 marzo 1982.

Le verifiche sono state eseguite con l'utilizzo del metodo pseudostatico, con l'utilizzo del programma di calcolo STAP12 della società AZTEC, che consente di individuare le superfici di potenziale scorrimento più prossime alla instabilità del rilevato secondo diversi metodi di calcolo, con riferimento alla sezione maestra.

Il programma consente di individuare il valore minimo  $F_s$  del rapporto fra le forze reattive (capaci di opporsi allo scorrimento lungo le superfici predette) e le forze attive (tendenti a produrlo).

La stabilità della diga è stata verificata relativamente alle seguenti condizioni:

- a. al termine della costruzione;
- b. a serbatoio pieno con il livello al massimo invaso
- c. in condizione di svaso rapido (per il paramento di monte).

I calcoli di verifica di stabilità sono stati condotti secondo la normativa vigente (approvata con D.M. 24/03/1984 n.44) ed hanno fornito i seguenti risultati in ciascuna delle n.11 condizioni di verifica esaminate.

n.	Paramento Monte/valle	Condizioni idrauliche	Quota idrica (m. s.l.m.)	Sisma Con/Senza	Condizioni Drenate / non dren.	DM LL.PP. 24/03/1982		
						Coeff. Sic. Bishop	Coeff. Sic. Fellenius	$F_s$
1	Monte	Fase costr.	128.00	No sisma	Drenate	2.409	2.192	1.2
2	Monte	Fase costr.	128.00	No sisma	Non drenate	1.603	1.603	1.2
3	Monte	Fase costr.	128.00	Sisma	Non drenate	1.261	1.261	1.2
4	Monte	Invaso Pieno	140.31	No sisma	Drenate	2.519	2.126	1.4
5	Monte	Invaso Pieno	140.31	Sisma	Non drenate	1.781	1.781	1.2
6	Monte	Svaso Rapido	128.00	No sisma	Non drenate	1.598	1.598	1.2

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

n.	Paramento Monte/valle	Condizioni idrauliche	Quota idrica (m. s.l.m.)	Sisma Con/Senza	Condizioni Drenate / non dren.	DM LL.PP. 24/03/1982		
						Coeff. Sic. Bishop	Coeff. Sic. Fellenius	Fs
7	Valle	Fase costr.	128.00	No sisma	Drenate	2.635	2.290	1.2
8	Valle	Fase costr.	128.00	No sisma	Non drenate	1.619	1.619	1.2
9	Valle	Fase costr.	128.00	sisma	Non drenate	1.238	1.238	1.2
10	Valle	Invaso Pieno	140.31	No sisma	Drenate	2.530	2.093	1.4
11	Valle	Invaso Pieno	140.31	Sisma	Non drenate	1.236	1.236	1.2

Tabella 4 – Verifiche di stabilità condotte secondo DM LL.PP. 24/03/1982.

Il valore del rapporto Fs è risultato non inferiore al valore 1,2 nella verifica al termine della costruzione in condizioni sismiche e non sismiche, non inferiore al valore 1,4 in esercizio a serbatoio pieno in condizioni non sismiche e non inferiore al valore 1,2 in esercizio a serbatoio pieno in condizioni sismiche.

Si osserva pertanto che le verifiche hanno fornito esito favorevole.

### 5.1.1 Azioni sismiche

Dalla normativa in oggetto si sono valutate le azioni sismiche da utilizzare nelle verifiche di sicurezza come riportato nelle norme generali al paragrafo B.4, di seguito riportato.

#### **B. 4. - Azioni sismiche.**

*Nelle verifiche di sicurezza delle dighe da costruire nelle zone dichiarate sismiche ai sensi del secondo comma dell'art. 3 della legge 2 febbraio 1974, n. 64, ed in quelle ad esse assimilate a norma dell'ottavo comma dell'art. B. 2. delle presenti norme, le azioni inerziali della massa strutturale e dell'acqua verranno assunte con le regole seguenti salvo quant'altro specificato ai punti C. 4. b) e H. 6.*

*a) Azioni inerziali della massa strutturale.*

*Le azioni inerziali della massa strutturale sono costituite convenzionalmente dalle seguenti forze unitarie di volume:*

*1) orizzontali, parallele al piano della sezione maestra della diga, di valore*

$$F_h = C W$$

*ove:*

- ✓ *C = (S - 2) / 100 è il coefficiente di intensità sismica;*
- ✓ *S è il grado di sismicità (S ≥ 2) come definito nel decreto ministeriale 3 marzo 1975 relativo alle Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche;*
- ✓ *W è il peso unitario di volume del materiale;*

*2) orizzontali, di intensità uguale alle precedenti, ma ad esse*

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

perpendicolari;

3) verticali, di intensità

$$F_v = m C W$$

dove il coefficiente  $m$  è da assumere non inferiore a 0,5.

Nel caso in oggetto sono stati considerati i seguenti dati:

- ✓  $S = 9$  grado di sismicità;
- ✓  $C = (S - 2) / 100 = 0,07$  coefficiente di intensità sismica.

**5.2 Verifiche di stabilità secondo il DM del 26 Giugno 2014**

La diga nella configurazione di progetto ristrutturata è stata verificata secondo i criteri di cui alle NTC 2008, approvate con D.M. 14/01/2008, e secondo i criteri di cui al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti del 26 Giugno 2014 – Norme tecniche per la progettazione e costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse).

Le verifiche sono state condotte nella condizione di stato limite **SLV** con riferimento ai valori caratteristici dei parametri geotecnici, ottenuti utilizzando l'approccio 1 - combinazione 2 (opere in materiali sciolti) A2+M2+R2 (GEO), di cui ai punti 2.6.1 e 6.2.3 delle NTC 2008.

Inoltre come previsto al punto E.6 del Decreto del 26 Giugno 2014, in presenza di azioni sismiche, le verifiche agli stati ultimi possono essere eseguite mediante analisi semplificate (e mediante analisi dinamiche).

Per questo è stata eseguita una valutazione degli spostamenti al fine di verificare l' idoneità dei franchi idraulici con il **metodo di Newmark**.

Si ricorda che nelle verifiche di resistenza si deve porre  $\gamma_R = 1.1$ ; nelle fasi costruttive e nelle condizioni di svaso rapido e  $\gamma_R = 1.2$  nelle condizioni di serbatoio pieno, -con  $\gamma_R$  coefficiente parziale di sicurezza sulla resistenza globale del sistema.

I calcoli di verifica di stabilità condotti secondo i criteri di cui alle NTC 2008 (approvate con D.M. 14/01/2008) e secondo i criteri di cui di cui al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti del 26 Giugno 2014 hanno fornito i seguenti risultati in ciascuna delle n.11 condizioni di verifica esaminate.

n.	Paramento Monte/valle	Condizioni idrauliche	Quota idrica (m. s.l.m.)	Sisma Con/Senza	Condizioni Drenate / non drenate	NTC 2008 – Decreto 26 Giugno 2014			
						Coeff. Sic. Bishop	Coeff. Sic. Fellenius	Spostamenti Newmark	$\gamma_R$
1	Monte	Fase costr.	128.00	No sisma	Drenate	1.900	1.737	-	1.1
2	Monte	Fase costr.	128.00	No sisma	Non drenate	1.134	1.134	-	1.1
3	Monte	Fase costr.	128.00	Sisma	Non drenate	0.489	0.489	0.3 m	-

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

n.	Paramento Monte/valle	Condizioni idrauliche	Quota idrica (m. s.l.m.)	Sisma Con/Senza	Condizioni Drenate / non drenate	NTC 2008 – Decreto 26 Giugno 2014			
						Coeff. Sic. Bishop	Coeff. Sic. Fellenius	Spostamenti Newmark	$\gamma_R$
4	Monte	Invaso Pieno	140.31	No sisma	Drenate	1.972	1.658	-	1.2
5	Monte	Invaso Pieno	140.31	Sisma	Non drenate	0.578	0.578	0.03 m	-
6	Monte	Svaso Rapido	128.00	No sisma	Non drenate	1.131	1.131	-	1.1
7	Valle	Fase costr.	128.00	No sisma	Drenate	2.108	1.832		1.1
8	Valle	Fase costr.	128.00	No sisma	Non drenate	1.156	1.156		1.1
9	Valle	Fase costr.	128.00	sisma	Non drenate	0.472	0.472	0.4 m	-
10	Valle	Invaso Pieno	140.31	No sisma	Drenate	2.024	1.675		1.2
11	Valle	Invaso Pieno	140.31	Sisma	Non drenate	0.452	0.452	0.6 m	-

Tabella 5 – Verifiche di stabilità condotte secondo il Decreto del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti del 26 Giugno 2014.

Nelle verifiche con l'azione sismica, per le quali non si raggiunge in nessun caso un coefficiente di sicurezza  $\geq 1$ , è stata eseguita una valutazione degli spostamenti con il metodo di Newmark al fine di verificare l'idoneità dei franchi idraulici che risultano comunque garantiti nelle verifiche eseguite.

**5.2.1 Parametri sismici**

I parametri sismici di sito sono stati calcolati in base a quanto prescritto dal Decreto del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti del 26 Giugno 2014 – Norme tecniche per la progettazione e costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse) relativamente agli interventi eseguiti su dighe esistenti H.3.4.1.

**Tipo Opera**

Tipo di costruzione

- Opere provvisorie
- Opere ordinarie, opere infrastrutturali di importanza normale
- Grandi opere di importanza strategica

Vita Nominale -  $V_N$   anni

Classe d'uso

- I - Presenza occasionale di persone
- II - Normali affollamenti, industrie non pericolose
- III - Affollamenti significativi, industrie pericolose
- IV - Opere strategiche, industrie molto pericolose

Vita di Riferimento -  $V_R$  **100** anni

Tabella 6 – Vita nominale e vita di riferimento relativamente all'intervento di ristrutturazione dell'invaso di Gello

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

Parametri sismici				
	$T_R$ [anni]	$a_g$ [m/s <sup>2</sup> ]	$F_0$ [---]	$T_C^*$ [s]
SLO	60	0.737	2.463	0.264
SLD	101	0.936	2.426	0.269
SLV	949	2.167	2.400	0.290
SLC	1950	2.713	2.398	0.310

<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: green; border-radius: 50%; margin-right: 5px;"></span> ID Punto 1 = 19165</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: yellow; border-radius: 50%; margin-right: 5px;"></span> ID Punto 2 = 19166</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: white; border: 1px solid black; border-radius: 50%; margin-right: 5px;"></span> ID Punto 3 = 18944</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: white; border: 1px solid black; border-radius: 50%; margin-right: 5px;"></span> ID Punto 4 = 18943</li> </ul> <p><b>Dati sismici rilevati correttamente.</b></p>	
--	--

Tabella 7 – Parametri sismic SLO, SLD, SLV e SLC

N.T.C. 2008	
Accelerazione al suolo $a_g$ [m/s <sup>2</sup> ]	$a_g/g = 0.22$ 2.167
Massimo fattore amplificazione spettro orizz. $F_0$	2.400
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante $T_C^*$	0.290
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico $S_s$	Tipo B <b>1.188</b>
Coeff. amplificazione topografica $S_T$	T1 1.00
Coefficiente di riduzione ( $\beta_s$ )	C 1.00
<b>Coeff. di intensità sismica orizzontale - <math>K_h</math> [%] = 26.24</b>	
Intensità sismica verticale/Orizzontale	0.50

Tabella 8 – Parametri sismici SLV, tipo di sottosuolo, coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  e coefficiente di riduzione  $\beta$ .

## 6 Profilo della falda freatica

Per le verifiche della stabilità dell'argine è stata calcolata la linea di filtrazione che s'instaura all'interno della diga con un modello di Casagrande.

Nella filtrazione attraverso una diga in tetta (vedi figura seguente), la linea di flusso limite superiore deve soddisfare alla condizione che in ogni suo punto sia in equilibrio con la pressione atmosferica o anche che il carico totale in ogni punto coincida con il carico di posizione.

La soluzione grafica al problema per una diga omogenea che appoggia su una base impermeabile AC dotata di drenaggio CD è stata studiata tra gli altri da Casagrande che ha suggerito un metodo semiempirico per tracciare la linea di flusso limite superiore basandosi sul fatto che questa linea, per gran parte della sua lunghezza è una parabola.

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

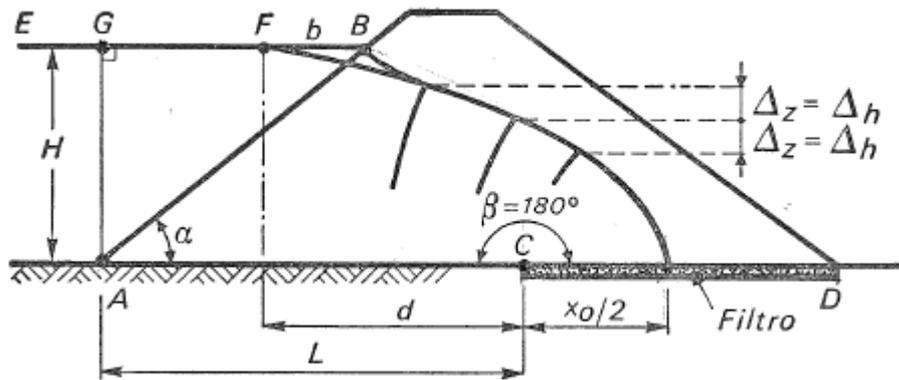


Figura 6 - Linea di filtrazione con il metodo semiempirico di Casagrande.

Precisamente sulla superficie dell'acqua si localizza la posizione di un punto F che dista da B di una lunghezza pari a  $BF = 0,3 BG$  e G si trova sulla verticale per A piede interno della diga. Il punto F si trova su una parabola con fuoco in O e di equazione  $x = (z^2 - x_0^2)/2x_0$  dove  $x_0$  è il doppio della distanza focale della parabola, cioè  $x_0 = \sqrt{d^2 + H^2} - d$ .

Per il punto B si deve tracciare una linea che inizia perpendicolarmente ad AB e che poi va a raccordarsi tangenzialmente alla parabola.

Si possono poi tracciare le linee equipotenziali in modo che intersechino la linea di flusso limite superiore BE a intervalli regolari di perdita di altezza  $\delta z$  corrispondenti alla perdita di carico  $\delta h$ .

Nella figura seguente è riportato il profilo della falda freatica nella sezione di progetto della diga.

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

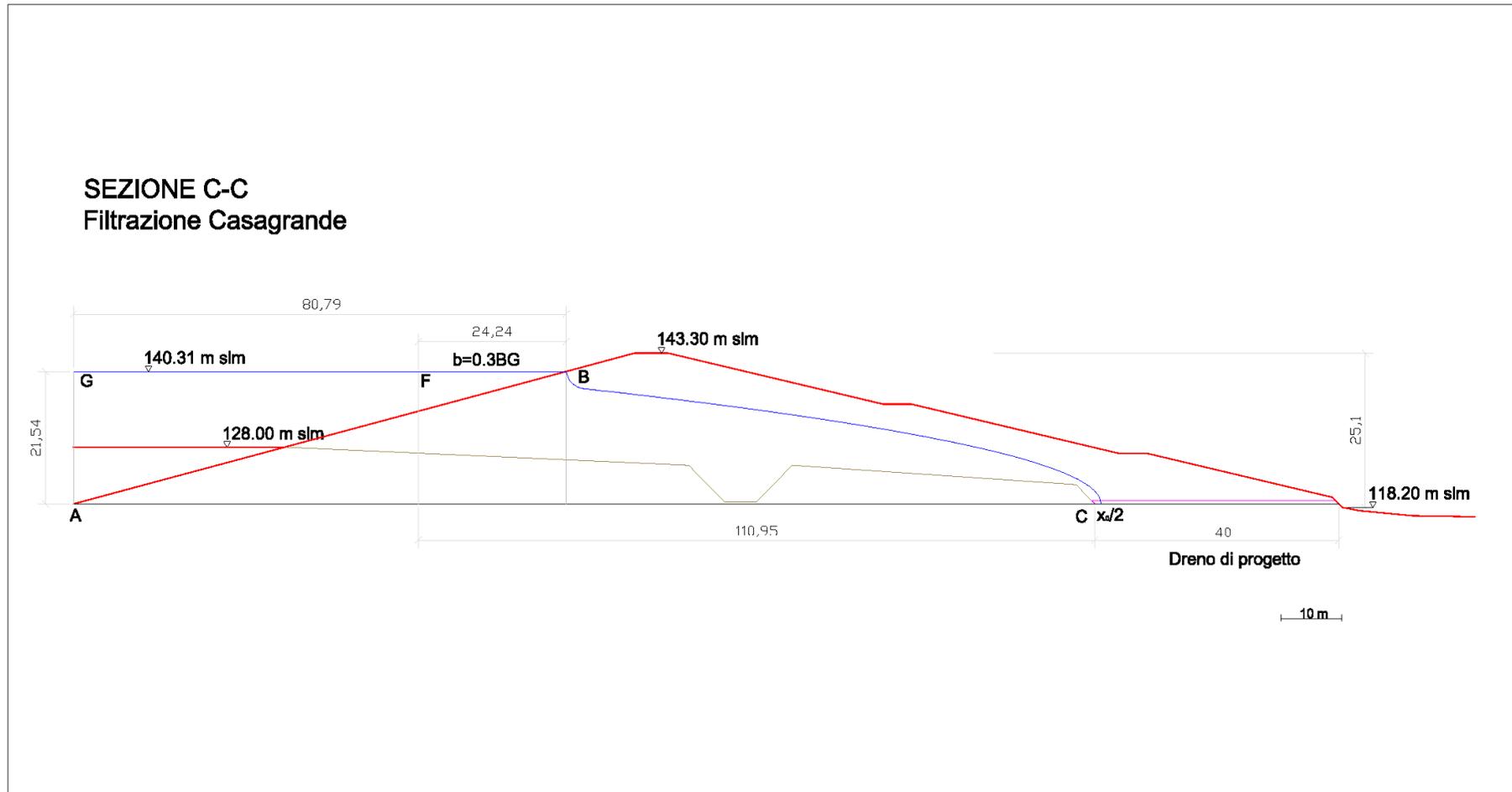


Figura 7 - Linea di filtrazione ricostruita con il metodo semiempirico di Casagrande per la sezione di progetto.

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

## 7 Conclusioni

Nella Tabella 9 si riportano i risultati delle verifiche di stabilità dell'opera di sbarramento in progetto sia applicando il Decreto del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti del 26 Giugno 2014 sia secondo DM LL.PP. 24/03/1982.

n.	Paramento Monte/valle	Condizioni idrauliche	Quota idrica (m. s.l.m.)	Sisma Con/Senza	Condizioni Drenate / non drenate	NTC 2008 – Decreto 26 Giugno 2014				DM LLPP 44/1984		
						Coeff. Sic. Bishop	Coeff. Sic. Fellenius	Spostamenti Newmark	$\gamma_R$	Coeff. Sic. Bishop	Coeff. Sic. Fellenius	Fs
1	Monte	Fase costr.	128.00	No sisma	Drenate	1.900	1.737	-	1.1	2.409	2.192	1.2
2	Monte	Fase costr.	128.00	No sisma	Non drenate	1.134	1.134	-	1.1	1.603	1.603	1.2
3	Monte	Fase costr.	128.00	Sisma	Non drenate	0.489	0.489	0.3 m	-	1.261	1.261	1.2
4	Monte	Invaso Pieno	140.31	No sisma	Drenate	1.972	1.658	-	1.2	2.519	2.126	1.4
5	Monte	Invaso Pieno	140.31	Sisma	Non drenate	0.578	0.578	0.03 m	-	1.781	1.781	1.2
6	Monte	Svaso Rapido	128.00	No sisma	Non drenate	1.131	1.131	-	1.1	1.598	1.598	1.2
7	Valle	Fase costr.	128.00	No sisma	Drenate	2.108	1.832		1.1	2.635	2.290	1.2
8	Valle	Fase costr.	128.00	No sisma	Non drenate	1.156	1.156		1.1	1.619	1.619	1.2
9	Valle	Fase costr.	128.00	sisma	Non drenate	0.472	0.472	0.4 m	-	1.238	1.238	1.2
10	Valle	Invaso Pieno	140.31	No sisma	Drenate	2.024	1.675		1.2	2.530	2.093	1.4
11	Valle	Invaso Pieno	140.31	Sisma	Non drenate	0.452	0.452	0.6 m	-	1.236	1.236	1.2
12	Valle	Svaso Rapido	128.00	No sisma	Non drenate	1.153	1.153		1.1	1.615	1.615	1.2

Tabella 9 – Verifiche di stabilità condotte secondo il Decreto del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti del 26 Giugno 2014 e secondo DM LL.PP. 24/03/1982

Le verifiche indicano che la diga nella sua configurazione di progetto risulta verificata sia rispetto al DM LL.PP. 24/03/1982 che alle nuove norme di cui al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti del 26 Giugno 2014 .

Inoltre il franco netto minimo previsto dal Decreto del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti del 26 Giugno 2014 calcolato con il massimo spostamento del coronamento in condizioni sismiche risulta inferiore al franco disponibile.

## **8 Verifiche di stabilità – relazioni di calcolo**

### **8.1 Verifiche secondo il Decreto del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti del 26 Giugno 2014 – Norme tecniche per la progettazione e costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)**

#### **8.1.1 Normative di riferimento**

- 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. 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.

#### **8.1.2 Descrizione metodo di calcolo**

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a **1.10**.

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adotterà la seguente simbologia:

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

---

- $l$  lunghezza della base della striscia
- $\alpha$  angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
- $b$  larghezza della striscia  $b=l \times \cos(\alpha)$
- $\phi$  angolo di attrito lungo la base della striscia
- $c$  coesione lungo la base della striscia
- $\gamma$  peso di volume del terreno
- $u$  pressione neutra
- W** peso della striscia
- N** sforzo normale alla base della striscia
- T** sforzo di taglio alla base della striscia
- E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub>** forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
- X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub>** forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
- E<sub>a</sub>, E<sub>b</sub>** forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
- ΔX** variazione delle forze tangenziali sulla striscia  $\Delta X = X_d - X_s$
- ΔE** variazione delle forze normali sulla striscia  $\Delta E = E_d - E_s$

**Metodo di Fellenius (metodo svedese)**

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

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

dove **n** è il numero delle strisce considerate, **b<sub>i</sub>** e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia **i<sub>esima</sub>** rispetto all'orizzontale, **W<sub>i</sub>** è il peso della striscia **i<sub>esima</sub>** e **c<sub>i</sub>** e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre **u<sub>i</sub>** ed **l<sub>i</sub>** rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia (**l<sub>i</sub> = b<sub>i</sub> / cos α<sub>i</sub>**).

Quindi, assunto un cerchio di tentativo lo si suddivide in **n** strisce e dalla formula precedente si ricava **F**. Questo procedimento viene eseguito per il numero di centri prefissato e viene assunto come coefficiente di sicurezza del pendio il minimo dei coefficienti così determinati.

## **Allegato B – Verifiche di Stabilità**

---

### **Metodo di Bishop**

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Bishop semplificato** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i \left( \frac{c_i b_i + (N_i / \cos(\alpha_i) - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine **m** è espresso da

$$m = \left( 1 + \frac{\operatorname{tg} \phi_i \operatorname{tg} \alpha_i}{F} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione **n** è il numero delle strisce considerate, **b<sub>i</sub>** e **α<sub>i</sub>** sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia **i<sub>esima</sub>** rispetto all'orizzontale, **W<sub>i</sub>** è il peso della striscia **i<sub>esima</sub>**, **c<sub>i</sub>** e **φ<sub>i</sub>** sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed **u<sub>i</sub>** è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di **Bishop semplificato** contiene al secondo membro il termine **m** che è funzione di **F**. Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per **F** da inserire nell'espressione di **m** ed iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

### **8.1.3 Valutazione degli spostamenti – analisi semplificata**

#### **Metodo di Newmark**

Il metodo di Newmark permette di calcolare lo spostamento residuo di un pendio soggetto a sisma.

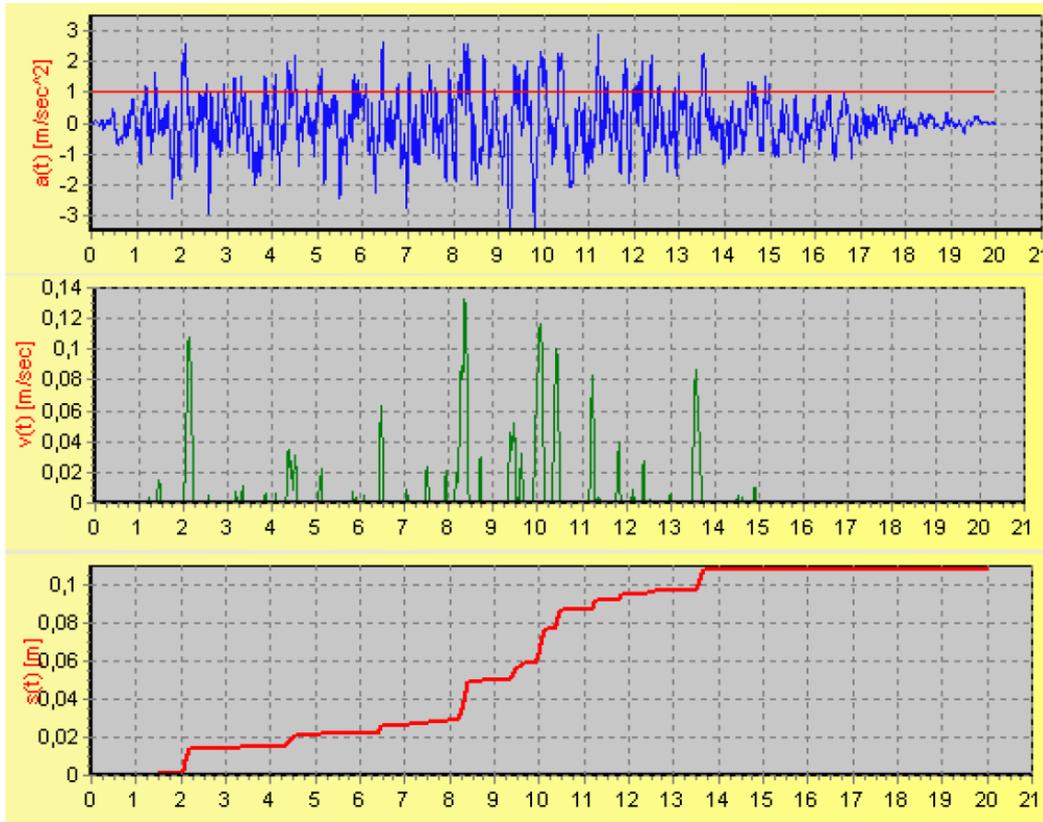
Secondo il metodo originario di Newmark la valutazione dello spostamento permanente della superficie di scorrimento, rispetto alla formazione di base, dovuto ad un evento sismico viene ottenuto mediante doppia integrazione dell'equazione del moto.

L'integrazione dell'accelerazione **a(t)** viene effettuata negli intervalli temporali nei quali essa supera l'accelerazione critica (**K<sub>c</sub>**). L'accelerazione critica viene determinata utilizzando i metodi pseudo statici dell'equilibrio limite come minimo valore per il quale il fattore di sicurezza è unitario (**F<sub>s</sub>=1.0**).

Nelle ipotesi di Newmark l'accelerazione **a(t)** è assunta costante lungo la superficie di scorrimento mentre l'accelerazione critica è assunta costante nel tempo.

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

Lo spostamento finale della superficie (corpo di frana) è ottenuto per sommatoria degli spostamenti parziali calcolati negli intervalli temporali sopra menzionati ( $a(t) > Kc$ ).



L'accelerogramma da utilizzare per il calcolo dello spostamento residuo secondo Newmark, deve essere rappresentativo del sito oggetto di analisi. Si riporta di seguito una metodologia per determinare tale accelerogramma.

### Accelerogrammi Spettro Compatibili (Spettro di risposta)

Il programma genera accelerogrammi compatibili con assegnati spettri di risposta denominati "target" attraverso manipolazioni nel dominio delle frequenze.

Il programma calcola automaticamente lo spettro di risposta di progetto per lo Stato Limite Ultimo (SLU), per lo Stato Limite di Danno (SLD) e lo spettro elastico, secondo le indicazioni delle Norme Tecniche 2008. Tali spettri di risposta possono essere visualizzati nelle componenti di accelerazione, velocità e spostamento.

Per poter definire l'azione sismica di progetto le norme stabiliscono 5 categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (le profondità sono riferite al piano di posa delle fondazioni):

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

CATEGORIA	Descrizione	Parametri		
		VS <sub>30</sub> [m/s]	N <sub>SPT</sub> [colpi/30 cm]	C <sub>U</sub> [kPa]
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di VS,30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	> 800	-	-
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di VS,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).	360+800	> 50	> 250
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT,30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu,30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).	180+360	15+50	70+250
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT,30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu,30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).	< 180	< 15	< 70
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).			
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs,30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < cu,30 < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	< 100	-	10+20
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.			

Lo spettro di risposta elastico è costituito da una forma spettrale (spettro normalizzato), considerata indipendente dal livello di sismicità, moltiplicata per il valore dell'accelerazione massima ( $a_{max} = a_g S$ ) del terreno che caratterizza il sito.

Lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle espressioni seguenti:

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

dove:

- S: fattore che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche

$$S = S_s \cdot S_T$$

- η: fattore che tiene conto di un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ: espresso in punti percentuali, diverso da 5 (η = 1 per ξ = 5%):

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0,55$$

- T: periodo di vibrazione dell'oscillatore semplice;

- F<sub>0</sub> : fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima

- T<sub>B</sub>, T<sub>C</sub>, T<sub>D</sub> : periodi che separano i diversi rami dello spettro, dipendenti dal profilo stratigrafico del suolo di fondazione.

I valori di T<sub>B</sub>, T<sub>C</sub>, T<sub>D</sub> sono i seguenti:

$$T_B = \frac{T_C}{3} \quad T_C = C_C \cdot T_C^* \quad T_D = 4 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6$$

Le espressioni per calcolare S<sub>s</sub> e S<sub>T</sub> si ricavano dalle tabelle di seguito riportate:

Tabella 10 – Espressioni di S<sub>s</sub> e di C<sub>c</sub> Tabella 3.2.V NTC 2008

Categoria sottosuolo	S <sub>s</sub>	C <sub>c</sub>
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

Tabella 11 – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$  - Tabella 3.2.VI

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Lo spettro di risposta elastico della componente verticale è definito dalle espressioni seguenti:

$$0 \leq T < T_B \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

con

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$$

I valori dei parametri che definiscono la forma spettrale sono riportati di seguito:

Tabella 12 – Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale

Categoria di sottosuolo	$S_s$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
<b>A, B, C, D, E</b>	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

Lo spettro di risposta elastico dello spostamento si può ottenere per trasformazione diretta dello spettro di risposta elastico delle accelerazioni:

$$S_{De}(T) = S_e(T) \left( \frac{T}{2\pi} \right)^2$$

Ai fini del progetto, le capacità dissipative delle strutture possono essere messe in conto attraverso un fattore riduttivo delle forze elastiche, denominato fattore di struttura  $q$ . Lo spettro di progetto per lo stato limite ultimo per le componenti orizzontali e verticali si ricava dallo spettro elastico corrispondente, sostituendo nelle formule  $\eta$  con  $1/q$ .

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

**8.1.4 VERIFICA 01 – Paramento di monte, fine costruzione, condizioni drenate, senza sisma**

**Dati**

Descrizione terreno

*Simbologia adottata*

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	c' [kPa]
1	SUBSTRATO	2310	2337	24.80	22.3
2	CORPO DIGA	2140	2161	24.50	11.8
3	FONDAZIONE	2039	2131	25.00	50.0

Profilo del piano campagna

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	-32.48	128.00
2	18.89	128.00
3	76.26	143.30
4	81.76	143.30
5	117.04	135.00
6	121.68	135.00
7	155.68	127.00
8	160.32	127.00
9	190.67	119.85
10	191.77	118.76
11	192.33	118.20
12	195.19	117.66
13	203.85	116.84
14	247.52	116.15

Descrizione stratigrafia

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (FONDAZIONE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	247.52	110.85
2	95.04	114.00
3	30.04	116.00
4	-32.47	116.72

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

n°	X	Y
	[m]	[m]
5	-32.48	0.00
6	247.52	0.00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (CORPO DIGA)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	191.77	118.76
2	190.67	119.85
3	160.32	127.00
4	155.68	127.00
5	121.68	135.00
6	117.04	135.00
7	81.76	143.30
8	76.26	143.30
9	18.89	128.00
10	85.20	125.04
11	91.20	119.04
12	96.20	119.04
13	102.20	125.04
14	148.61	121.91
15	151.76	118.76
16	172.20	118.76
17	180.86	118.76

Strato N° 3 costituito da terreno n° 1 (SUBSTRATO)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.47	116.72
2	30.04	116.00
3	95.04	114.00
4	247.52	110.85
5	247.52	116.15
6	203.85	116.84
7	195.19	117.66
8	192.33	118.20
9	191.77	118.76
10	180.86	118.76
11	172.20	118.76
12	151.76	118.76
13	148.61	121.91
14	102.20	125.04
15	96.20	119.04
16	91.20	119.04
17	85.20	125.04
18	18.89	128.00
19	-32.48	128.00

Descrizione falda

*Livello di falda*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.94	127.66
2	29.78	127.66
3	82.96	125.32
4	101.80	125.12
5	150.04	121.62
6	152.87	118.76
7	191.76	118.76
8	192.33	118.19
9	195.19	117.66

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

n°	X	Y
	[m]	[m]
10	199.52	117.25
11	203.85	116.84
12	247.52	116.22

### Carichi sul profilo

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Carichi distribuiti

$X_i, X_f$  Ascissa iniziale e finale del carico espressa in [m]

$V_{X_i}, V_{X_f}, V_{Y_i}, V_{Y_f}$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

### Carichi distribuiti

n°	Descrizione	$X_i$	$X_f$	$V_{Y_i}$	$V_{Y_f}$	$V_{X_i}$	$V_{X_f}$
		[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]
1	Stradale	76.26	81.76	3000	3000	0	0

### Dati normativa

#### Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

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

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.25
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.25	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1.60	1.60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto 1.10

### Impostazioni delle superfici di rottura

#### Superfici di rottura circolari

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 15.44$	$Y_0 = 142.60$
Passo maglia	[m]	$dX = 2.00$	$dY = 2.00$
Numero passi		$N_x = 35$	$N_y = 17$
Raggio	[m]	$R = 10.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=2.00$  [m] ed un numero di incrementi pari a 40

### Opzioni di calcolo

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- FELLENIUS
- BISHOP

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri caratteristici [PC];
- Parametri di progetto [A2-M2]
- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

### Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a 1.00 m
- freccia inferiore a 0.50 m
- volume inferiore a 2.00 mc
- pendenza media della superficie inferiore a 1.00 [%]

### Risultati analisi

Numero di superfici analizzate 30094  
 Coefficiente di sicurezza minimo 1.737  
 Superficie con coefficiente di sicurezza minimo 97

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
FELLENIUS	30094	1.737	97	-58.772	30094
BISHOP	30094	1.900	1	-68.426	30094

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

F<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

caso caso di calcolo

Metodo di FELLENIUS (F)

Metodo di BISHOP (B)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	47.44	174.60	46.00	31.64	81.15	294.14	1.780 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.900 (B)	--	--
2	C	45.44	174.60	46.00	30.50	79.15	270.08	1.799 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.912 (B)	--	--
3	C	47.44	172.60	44.00	31.85	80.27	285.14	1.788 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.914 (B)	--	--
4	C	49.44	174.60	44.00	36.24	80.36	215.22	1.812 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.916 (B)	--	--
5	C	51.44	172.60	42.00	37.53	81.53	228.92	1.807 (F)	[A2M2]	--

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
--	--	--	--	--	--	--	--	1.922 (B)	--	--
6	C	49.44	170.60	42.00	33.27	81.36	299.10	1.788 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.928 (B)	--	--
7	C	49.44	172.60	44.00	33.04	82.18	308.49	1.797 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.930 (B)	--	--
8	C	39.44	174.60	52.00	16.37	80.96	558.81	1.765 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.932 (B)	--	--
9	C	49.44	172.60	42.00	36.41	79.53	207.98	1.825 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.932 (B)	--	--
10	C	51.44	170.60	40.00	37.73	80.68	221.36	1.812 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.933 (B)	--	--
11	C	51.44	174.60	44.00	37.34	82.25	236.24	1.825 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.934 (B)	--	--
12	C	47.44	170.60	42.00	32.07	79.36	275.87	1.802 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.934 (B)	--	--
13	C	45.44	172.60	44.00	30.69	78.27	261.17	1.820 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.937 (B)	--	--
14	C	53.44	174.60	42.00	42.05	81.45	165.03	1.848 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.939 (B)	--	--
15	C	37.44	174.60	54.00	10.16	81.44	680.04	1.750 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.942 (B)	--	--
16	C	49.44	168.60	40.00	33.52	80.42	289.41	1.797 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.944 (B)	--	--
17	C	49.44	174.60	46.00	32.81	82.90	317.50	1.820 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.945 (B)	--	--
18	C	53.44	172.60	40.00	42.19	80.67	159.37	1.851 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.947 (B)	--	--
19	C	39.44	172.60	50.00	16.84	79.96	543.84	1.774 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.947 (B)	--	--
20	C	37.44	174.60	52.00	14.37	78.96	528.16	1.786 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.948 (B)	--	--
21	C	39.44	172.60	52.00	12.70	82.31	692.86	1.748 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.949 (B)	--	--
22	C	47.44	174.60	44.00	35.18	78.36	193.61	1.854 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.949 (B)	--	--
23	C	53.44	168.60	38.00	39.13	81.79	233.68	1.815 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.950 (B)	--	--
24	C	41.44	172.60	50.00	18.84	81.93	574.34	1.771 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.951 (B)	--	--
25	C	51.44	168.60	38.00	37.94	79.79	213.58	1.824 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.951 (B)	--	--
26	C	45.44	174.60	48.00	27.18	81.82	382.98	1.812 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.952 (B)	--	--
27	C	39.44	170.60	50.00	13.26	81.33	674.76	1.743 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.952 (B)	--	--
28	C	41.44	174.60	52.00	18.37	82.78	589.28	1.783 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.954 (B)	--	--
29	C	37.44	172.60	52.00	10.70	80.40	662.36	1.755 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.954 (B)	--	--
30	C	39.44	174.60	54.00	12.16	83.20	710.38	1.763 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.955 (B)	--	--

**Analisi della superficie critica**

*Simbologia adottata*

- Le ascisse X sono considerate positive verso destra
- Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
- Le strisce sono numerate da valle verso monte
- N° numero d'ordine della striscia
- X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
- X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m
- Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m
- α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
- φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
- c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa
- L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa
- W peso della striscia espressa in kg
- Q carico applicato sulla striscia espressa in kg
- N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
- T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
- U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

$E_s, E_d$  forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg  
 $X_s, X_d$  forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg  
 ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 97

**Analisi della superficie 97 - coefficienti parziali caso A2M2**

Numero di strisce 23  
 Coordinate del centro  $X[m]= 39.44$   $Y[m]= 166.60$   
 Raggio del cerchio  $R[m]= 48.00$   
 Intersezione a valle con il profilo topografico  $X_v[m]= 10.91$   $Y_v[m]= 128.00$   
 Intersezione a monte con il profilo topografico  $X_m[m]= 81.41$   $Y_m[m]= 143.30$   
 Coefficiente di sicurezza  $F_s= 1.737$

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	$X_s$ [m]	$Y_{ss}$ [m]	$Y_{si}$ [m]	$X_d$ [m]	$Y_{ds}$ [m]	$Y_{di}$ [m]	$X_q$ [m]	$Y_q$ [m]	L [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]
1	10.91	128.00	128.00	13.57	128.00	126.17	12.68	127.39	3.23	-34.54	20.29	18
2	13.57	128.00	126.17	16.23	128.00	124.58	15.03	126.65	3.10	-30.77	20.29	18
3	16.23	128.00	124.58	18.89	128.00	123.22	17.63	125.93	2.99	-27.13	20.29	18
4	18.89	128.00	123.22	21.61	128.73	122.03	20.33	125.49	2.97	-23.58	20.29	18
5	21.61	128.73	122.03	24.34	129.45	121.04	23.03	125.31	2.90	-20.07	20.29	18
6	24.34	129.45	121.04	27.06	130.18	120.22	25.73	125.22	2.84	-16.65	20.29	18
7	27.06	130.18	120.22	29.78	130.90	119.58	28.45	125.22	2.80	-13.28	20.29	18
8	29.78	130.90	119.58	33.10	131.79	119.02	31.47	125.33	3.37	-9.60	20.29	18
9	33.10	131.79	119.02	36.42	132.68	118.70	34.79	125.55	3.34	-5.60	20.29	18
10	36.42	132.68	118.70	39.74	133.56	118.60	38.10	125.89	3.32	-1.62	20.29	18
11	39.74	133.56	118.60	43.06	134.45	118.74	41.41	126.34	3.32	2.34	20.29	18
12	43.06	134.45	118.74	46.38	135.33	119.10	44.73	126.91	3.34	6.32	20.29	18
13	46.38	135.33	119.10	49.70	136.22	119.71	48.04	127.59	3.37	10.33	20.29	18
14	49.70	136.22	119.71	53.02	137.10	120.56	51.36	128.40	3.43	14.39	20.29	18
15	53.02	137.10	120.56	56.34	137.99	121.67	54.68	129.33	3.50	18.52	20.29	18
16	56.34	137.99	121.67	59.66	138.87	123.07	57.99	130.40	3.60	22.76	20.29	18
17	59.66	138.87	123.07	62.98	139.76	124.77	61.31	131.61	3.73	27.14	20.29	18
18	62.98	139.76	124.77	66.30	140.64	126.82	64.62	132.99	3.90	31.70	20.18	14
19	66.30	140.64	126.82	69.62	141.53	129.27	67.93	134.55	4.13	36.49	20.03	9
20	69.62	141.53	129.27	72.94	142.41	132.22	71.23	136.33	4.44	41.61	20.03	9
21	72.94	142.41	132.22	76.26	143.30	135.81	74.52	138.38	4.88	47.18	20.03	9
22	76.26	143.30	135.81	78.83	143.30	139.17	77.42	140.31	4.24	52.62	20.03	9
23	78.83	143.30	139.17	81.41	143.30	143.30	79.69	141.92	4.86	58.06	20.03	9

**Forze applicate sulle strisce [FELLENIOUS]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	$E_s$ [kg]	$E_d$ [kg]	$X_s$ [kg]	$X_d$ [kg]	ID
1	5671	0	2812	3980	1859	0	0	0	0	
2	16310	0	6945	4719	7069	0	0	0	0	
3	25472	0	11438	5564	11231	0	0	0	0	
4	36290	0	18312	7006	14949	0	0	0	0	
5	47447	0	26815	8740	17751	0	0	0	0	
6	57294	0	34921	10405	19972	0	0	0	0	
7	66097	0	42632	11999	21698	0	0	0	0	
8	90915	0	61797	16673	27845	0	0	0	0	
9	100550	0	71493	18703	28577	0	0	0	0	
10	108372	0	79665	20427	28663	0	0	0	0	
11	114404	0	86186	21816	28122	0	0	0	0	
12	118645	0	90980	22854	26944	0	0	0	0	
13	121066	0	94012	23535	25092	0	0	0	0	
14	121608	0	95301	23864	22493	0	0	0	0	
15	120182	0	94920	23861	19036	0	0	0	0	
16	116656	0	93022	23561	14547	0	0	0	0	
17	110843	0	89870	23027	8767	0	0	0	0	
18	102606	0	86006	21459	1295	0	0	0	0	
19	92644	0	74480	17917	0	0	0	0	0	

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
20	79735	0	59618	14970	0	0	0	0	0	
21	62826	0	42705	11667	0	0	0	0	0	
22	31990	10034	25511	7701	0	0	0	0	0	
23	11360	10034	11319	5069	0	0	0	0	0	

**Forze applicate sulle strisce [BISHOP]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	5671	0	8077	4434	1859	0	9286	0	0	
2	16310	0	15271	5643	7069	9286	25563	0	0	
3	25472	0	20752	6559	11231	25563	45986	0	0	
4	36290	0	28093	7899	14949	45986	70441	0	0	
5	47447	0	36173	9328	17751	70441	97710	0	0	
6	57294	0	42978	10535	19972	97710	125835	0	0	
7	66097	0	48953	11600	21698	125835	153354	0	0	
8	90915	0	66975	15452	27845	153354	184402	0	0	
9	100550	0	74096	16740	28577	184402	211080	0	0	
10	108372	0	80259	17867	28663	211080	232027	0	0	
11	114404	0	85606	18857	28122	232027	246222	0	0	
12	118645	0	90241	19730	26944	246222	252934	0	0	
13	121066	0	94232	20500	25092	252934	251710	0	0	
14	121608	0	97621	21175	22493	251710	242373	0	0	
15	120182	0	100423	21760	19036	242373	225052	0	0	
16	116656	0	102624	22257	14547	225052	200238	0	0	
17	110843	0	104173	22663	8767	200238	168884	0	0	
18	102606	0	105560	22249	1295	168884	131670	0	0	
19	92644	0	100240	20274	0	131670	88354	0	0	
20	79735	0	90140	18581	0	88354	42391	0	0	
21	62826	0	75105	16052	0	42391	-1784	0	0	
22	31990	10034	53725	11841	0	-1784	-37289	0	0	
23	11360	10034	28377	7518	0	-37289	-57391	0	0	

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

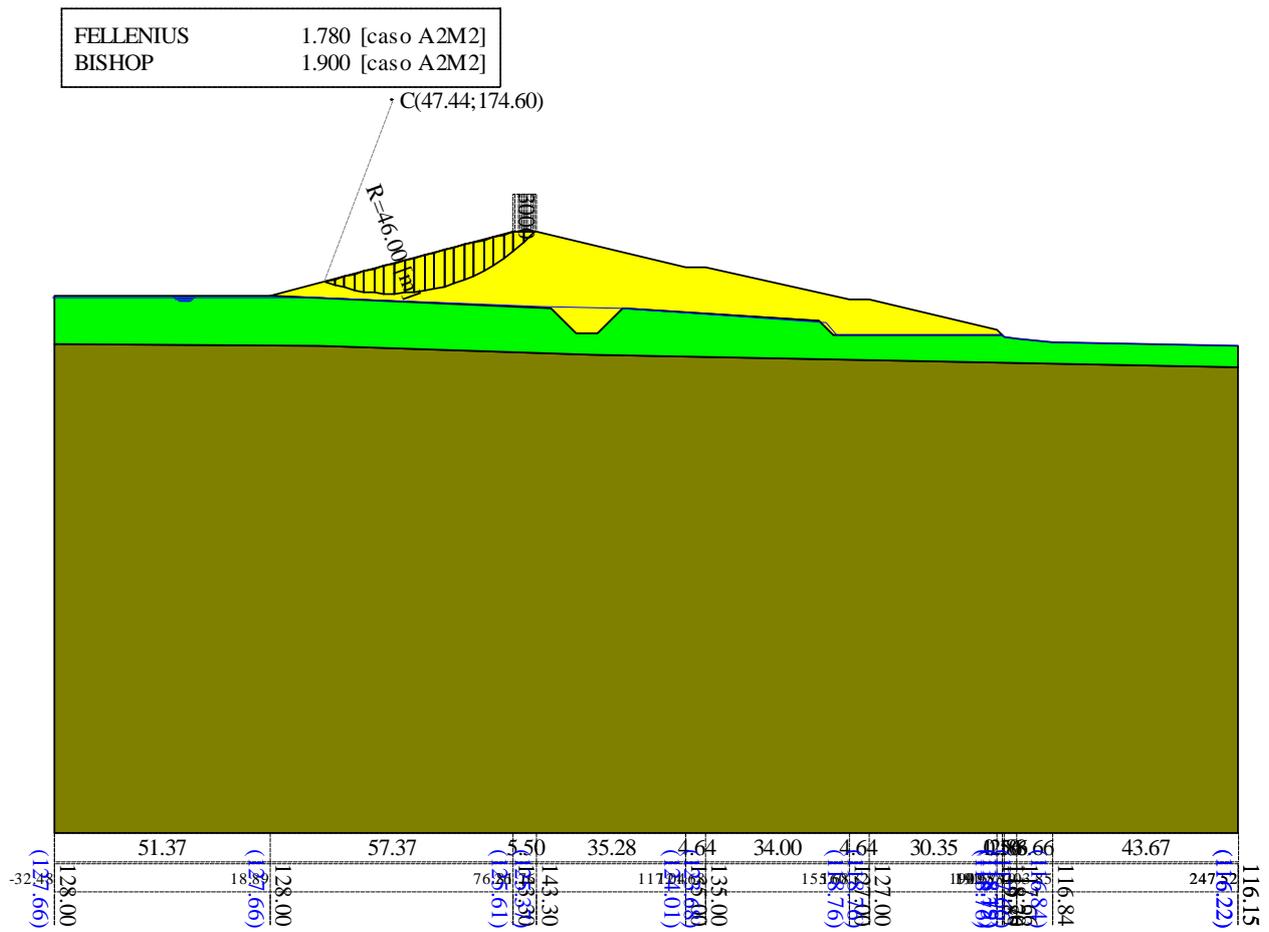


Figura 8 – Risultati verifica 01 secondo DM 26 Giugno 2014 – cerchio critico con metodi di Bishop

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

**8.1.5 VERIFICA 02 – Paramento di monte, fine costruzione, condizioni non drenate, senza sisma**

**Dati**

Descrizione terreno

*Simbologia adottata*

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi_u$ [°]	$c_u$ [kPa]
1	SUBSTRATO	2310	2337	0.00	77.0
2	CORPO DIGA	2140	2161	0.00	61.4
3	FONDAZIONE	2039	2131	0.00	150.0

Profilo del piano campagna

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

<i>Nr.</i>	Identificativo del punto
$X$	Ascissa del punto del profilo espressa in m
$Y$	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	-32.48	128.00
2	18.89	128.00
3	76.26	143.30
4	81.76	143.30
5	117.04	135.00
6	121.68	135.00
7	155.68	127.00
8	160.32	127.00
9	190.67	119.85
10	191.77	118.76
11	192.33	118.20
12	195.19	117.66
13	203.85	116.84
14	247.52	116.15

Descrizione stratigrafia

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (FONDAZIONE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	247.52	110.85
2	95.04	114.00
3	30.04	116.00
4	-32.47	116.72
5	-32.48	0.00

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

n°	X	Y
	[m]	[m]
6	247.52	0.00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (CORPO DIGA)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	191.77	118.76
2	190.67	119.85
3	160.32	127.00
4	155.68	127.00
5	121.68	135.00
6	117.04	135.00
7	81.76	143.30
8	76.26	143.30
9	18.89	128.00
10	85.20	125.04
11	91.20	119.04
12	96.20	119.04
13	102.20	125.04
14	148.61	121.91
15	151.76	118.76
16	172.20	118.76
17	180.86	118.76

Strato N° 3 costituito da terreno n° 1 (SUBSTRATO)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.47	116.72
2	30.04	116.00
3	95.04	114.00
4	247.52	110.85
5	247.52	116.15
6	203.85	116.84
7	195.19	117.66
8	192.33	118.20
9	191.77	118.76
10	180.86	118.76
11	172.20	118.76
12	151.76	118.76
13	148.61	121.91
14	102.20	125.04
15	96.20	119.04
16	91.20	119.04
17	85.20	125.04
18	18.89	128.00
19	-32.48	128.00

Descrizione falda

*Livello di falda*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.94	127.66
2	29.78	127.66
3	82.96	125.32
4	101.80	125.12
5	150.04	121.62
6	152.87	118.76
7	191.76	118.76
8	192.33	118.19
9	195.19	117.66
10	199.52	117.25

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

n°	X	Y
	[m]	[m]
11	203.85	116.84
12	247.52	116.22

### Carichi sul profilo

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Carichi distribuiti

$X_i, X_f$  Ascissa iniziale e finale del carico espressa in [m]

$V_{X_i}, V_{X_f}, V_{Y_i}, V_{Y_f}$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

### Carichi distribuiti

n°	Descrizione	$X_i$	$X_f$	$V_{Y_i}$	$V_{Y_f}$	$V_{X_i}$	$V_{X_f}$
		[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]
1	Stradale	76.26	81.76	3000	3000	0	0

### Dati normativa

#### Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

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

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gs fav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qs fav}$	1.30	1.00

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.25
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.25	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1.60	1.60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto 1.10

### Impostazioni delle superfici di rottura

#### Superfici di rottura circolari

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 15.44$	$Y_0 = 142.60$
Passo maglia	[m]	$dX = 2.00$	$dY = 2.00$
Numero passi		$N_x = 35$	$N_y = 17$
Raggio	[m]	$R = 10.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=2.00$  [m] ed un numero di incrementi pari a 40

### Opzioni di calcolo

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- FELLENIUS
- BISHOP

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri caratteristici [PC];
- Parametri di progetto [A2-M2]
- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni totali**

Presenza di carichi distribuiti

### Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

### Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	30094
Coefficiente di sicurezza minimo	1.134
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
FELLENIUS	30094	1.134	1	-26.636	30094
BISHOP	30094	1.134	1	-26.636	30094

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N°	numero d'ordine della superficie cerchio
C <sub>x</sub>	ascissa x del centro [m]
C <sub>y</sub>	ordinata y del centro [m]
R	raggio del cerchio espresso in m
x <sub>v</sub>	ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m
x <sub>m</sub>	ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m
V	volume interessato dalla superficie espresso [mc]
F <sub>s</sub>	coefficiente di sicurezza
caso	caso di calcolo

Metodo di FELLENIUS (F)

Metodo di BISHOP (B)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	45.44	162.60	46.00	15.13	86.64	999.65	1.134 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.134 (B)	--	--
2	C	45.44	164.60	48.00	14.38	87.73	1024.26	1.135 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.135 (B)	--	--
3	C	45.44	160.60	44.00	15.89	85.51	973.96	1.136 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.136 (B)	--	--
4	C	43.44	164.60	48.00	12.38	85.95	996.14	1.138 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.138 (B)	--	--
5	C	45.44	166.60	50.00	13.66	88.77	1048.10	1.139 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.139 (B)	--	--
6	C	43.44	166.60	50.00	11.66	87.01	1020.52	1.139 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.139 (B)	--	--

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
7	C	43.44	162.60	46.00	13.13	84.85	970.61	1.141 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.141 (B)	--	--
8	C	47.44	160.60	44.00	17.89	87.31	1002.21	1.141 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.141 (B)	--	--
9	C	47.44	162.60	46.00	17.13	88.43	1027.39	1.141 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.141 (B)	--	--
10	C	43.44	168.60	52.00	10.95	88.02	1044.20	1.142 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.142 (B)	--	--
11	C	47.44	164.60	48.00	16.38	89.50	1051.78	1.143 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.143 (B)	--	--
12	C	45.44	168.60	52.00	12.95	89.77	1071.57	1.143 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.143 (B)	--	--
13	C	45.44	158.60	42.00	16.67	84.31	946.76	1.144 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.144 (B)	--	--
14	C	47.44	158.60	42.00	18.67	86.14	975.93	1.144 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.144 (B)	--	--
15	C	43.44	160.60	44.00	13.89	83.70	944.58	1.146 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.146 (B)	--	--
16	C	43.44	170.60	54.00	10.26	88.99	1066.72	1.147 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.147 (B)	--	--
17	C	47.44	166.60	50.00	15.66	90.53	1075.18	1.148 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.148 (B)	--	--
18	C	45.44	170.60	54.00	12.26	90.73	1093.68	1.150 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.150 (B)	--	--
19	C	41.44	168.60	52.00	8.95	86.26	1016.01	1.151 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.151 (B)	--	--
20	C	41.44	166.60	50.00	9.66	85.24	991.80	1.151 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.151 (B)	--	--
21	C	41.44	164.60	48.00	10.38	84.17	967.00	1.153 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.153 (B)	--	--
22	C	41.44	170.60	54.00	8.26	87.25	1039.24	1.153 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.153 (B)	--	--
23	C	43.44	172.60	56.00	9.57	89.93	1089.12	1.153 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.153 (B)	--	--
24	C	47.44	168.60	52.00	14.95	91.51	1097.87	1.155 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.155 (B)	--	--
25	C	45.44	156.60	40.00	17.48	83.06	918.88	1.155 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.155 (B)	--	--
26	C	47.44	156.60	40.00	19.35	84.90	948.00	1.157 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.157 (B)	--	--
27	C	43.44	158.60	42.00	14.67	82.49	916.98	1.157 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.157 (B)	--	--
28	C	41.44	172.60	56.00	7.57	88.20	1061.70	1.158 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.158 (B)	--	--
29	C	45.44	172.60	56.00	11.57	91.65	1115.26	1.159 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.159 (B)	--	--
30	C	41.44	162.60	46.00	11.13	83.05	941.24	1.159 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.159 (B)	--	--

**Analisi della superficie critica**

*Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

- N° numero d'ordine della striscia
- X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
- X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m
- Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m
- α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
- φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
- c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa
- L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa
- W peso della striscia espressa in kg
- Q carico applicato sulla striscia espressa in kg
- N sforzo normale alla base della striscia espressa in kg
- T sforzo tangenziale alla base della striscia espressa in kg
- U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
- E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- ID Indice della superficie interessata dall'intervento

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2**

Numero di strisce	23	
Coordinate del centro	X[m]= 45.44	Y[m]= 162.60
Raggio del cerchio	R[m]= 46.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 15.13	Y <sub>v</sub> [m]= 128.00
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 86.64	Y <sub>m</sub> [m]= 142.15
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub> = 1.134	

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>q</sub> [m]	Y <sub>q</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	15.13	128.00	128.00	17.01	128.00	126.44	16.38	127.48	2.44	-39.70	0.00	55
2	17.01	128.00	126.44	18.89	128.00	125.04	18.05	126.83	2.35	-36.71	0.00	55
3	18.89	128.00	125.04	21.61	128.73	123.25	20.39	126.23	3.25	-33.22	0.00	55
4	21.61	128.73	123.25	24.34	129.45	121.73	23.05	125.78	3.12	-29.25	0.00	55
5	24.34	129.45	121.73	27.06	130.18	120.43	25.75	125.44	3.01	-25.43	0.00	55
6	27.06	130.18	120.43	29.78	130.90	119.35	28.46	125.21	2.93	-21.73	0.00	55
7	29.78	130.90	119.35	33.36	131.86	118.22	31.62	125.08	3.75	-17.57	0.00	55
8	33.36	131.86	118.22	36.93	132.81	117.39	35.18	125.07	3.67	-12.95	0.00	55
9	36.93	132.81	117.39	40.51	133.76	116.87	38.75	125.21	3.61	-8.41	0.00	55
10	40.51	133.76	116.87	44.08	134.72	116.62	42.31	125.49	3.58	-3.92	0.00	55
11	44.08	134.72	116.62	47.66	135.67	116.65	45.88	125.92	3.58	0.54	0.00	55
12	47.66	135.67	116.65	51.23	136.63	116.97	49.45	126.48	3.59	5.00	0.00	55
13	51.23	136.63	116.97	54.81	137.58	117.56	53.03	127.18	3.63	9.49	0.00	55
14	54.81	137.58	117.56	58.38	138.53	118.46	56.60	128.03	3.69	14.05	0.00	55
15	58.38	138.53	118.46	61.96	139.49	119.67	60.17	129.04	3.77	18.69	0.00	55
16	61.96	139.49	119.67	65.53	140.44	121.22	63.74	130.20	3.90	23.47	0.00	55
17	65.53	140.44	121.22	69.11	141.39	123.16	67.31	131.55	4.07	28.43	0.00	55
18	69.11	141.39	123.16	72.68	142.35	125.54	70.87	133.10	4.29	33.64	0.00	55
19	72.68	142.35	125.54	76.26	143.30	128.45	74.44	134.89	4.61	39.19	0.00	44
20	76.26	143.30	128.45	79.01	143.30	131.15	77.59	136.53	3.85	44.47	0.00	44
21	79.01	143.30	131.15	81.76	143.30	134.37	80.31	137.99	4.23	49.51	0.00	44
22	81.76	143.30	134.37	84.20	142.73	137.83	82.86	139.49	4.24	54.78	0.00	44
23	84.20	142.73	137.83	86.64	142.15	142.15	85.02	140.90	4.96	60.51	0.00	44

**Forze applicate sulle strisce [FELLENIOUS]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	3417	0	2629	12090	0	0	0	0	0	
2	9949	0	7976	11604	0	0	0	0	0	
3	26642	0	22287	16093	0	0	0	0	0	
4	41379	0	36102	15430	0	0	0	0	0	
5	54441	0	49165	14907	0	0	0	0	0	
6	66181	0	61479	14492	0	0	0	0	0	
7	102507	0	97726	18545	0	0	0	0	0	
8	117853	0	114857	18141	0	0	0	0	0	
9	130678	0	129273	17872	0	0	0	0	0	
10	141094	0	140763	17721	0	0	0	0	0	
11	149163	0	149156	17681	0	0	0	0	0	
12	154901	0	154312	17747	0	0	0	0	0	
13	158280	0	156113	17925	0	0	0	0	0	
14	159229	0	154468	18225	0	0	0	0	0	
15	157621	0	149306	18664	0	0	0	0	0	
16	153264	0	140581	19275	0	0	0	0	0	
17	145873	0	128275	20105	0	0	0	0	0	
18	135027	0	112411	21237	0	0	0	0	0	
19	121118	0	93869	18284	0	0	0	0	0	
20	79441	10725	64347	15194	0	0	0	0	0	
21	62022	10725	47239	16698	0	0	0	0	0	
22	36123	0	20831	16700	0	0	0	0	0	

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
23	12789	0	6295	19565	0	0	0	0	0	

**Forze applicate sulle strisce [BISHOP]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	3417	0	14478	12090	0	0	18550	0	0	
2	9949	0	21065	11604	0	18550	40445	0	0	
3	26642	0	42389	16093	0	40445	77134	0	0	
4	41379	0	56071	15430	0	77134	117996	0	0	
5	54441	0	67371	14907	0	117996	160391	0	0	
6	66181	0	77019	14492	0	160391	202367	0	0	
7	102507	0	113392	18545	0	202367	254271	0	0	
8	117853	0	125096	18141	0	254271	299975	0	0	
9	130678	0	134740	17872	0	299975	337358	0	0	
10	141094	0	142642	17721	0	337358	364801	0	0	
11	149163	0	149004	17681	0	364801	381090	0	0	
12	154901	0	153940	17747	0	381090	385358	0	0	
13	158280	0	157480	17925	0	385358	377067	0	0	
14	159229	0	159577	18225	0	377067	356017	0	0	
15	157621	0	160084	18664	0	356017	322389	0	0	
16	153264	0	158721	19275	0	322389	276848	0	0	
17	145873	0	154998	20105	0	276848	220725	0	0	
18	135027	0	148061	21237	0	220725	156377	0	0	
19	121118	0	141368	18284	0	156377	81213	0	0	
20	79441	10725	111431	15194	0	81213	13998	0	0	
21	62022	10725	92472	16698	0	13998	-45482	0	0	
22	36123	0	38982	16700	0	-45482	-67699	0	0	
23	12789	0	-8618	19565	0	-67699	-50567	0	0	

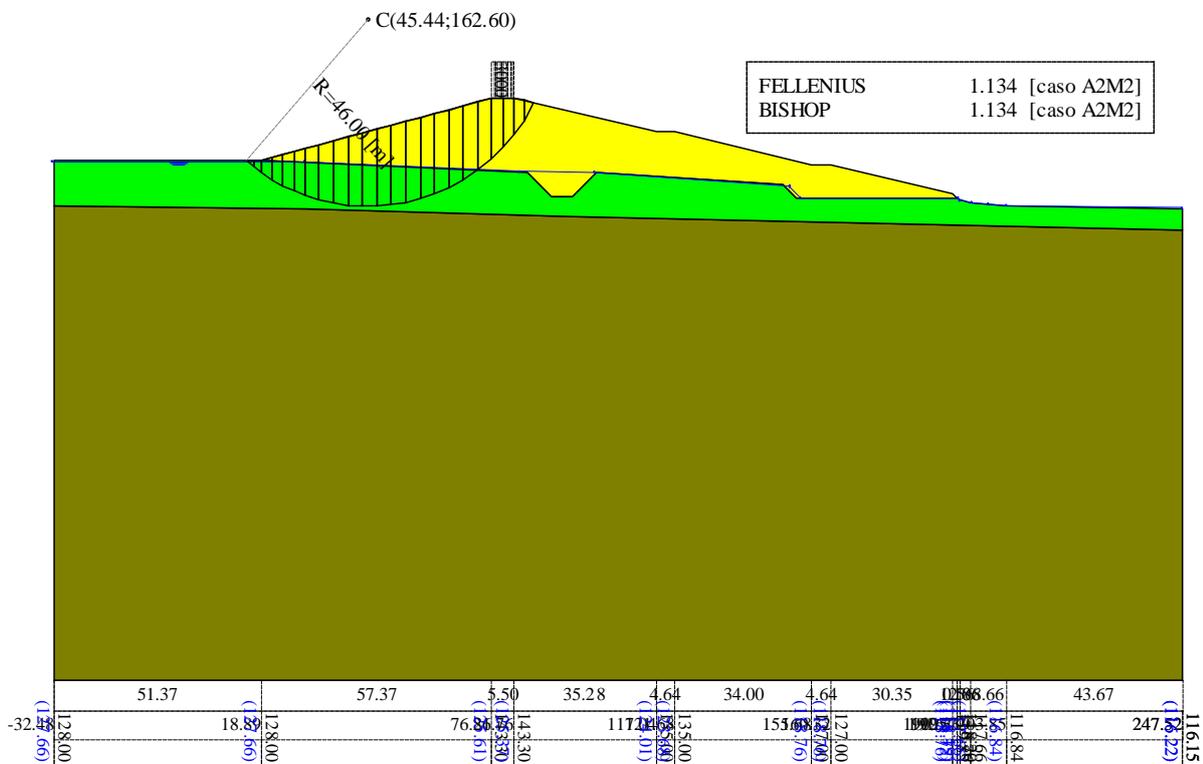


Figura 9 – Risultati verifica 02 secondo DM 26 Giugno 2014 – cerchio critico con i metodi di Bishop e Fellenius

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

**8.1.6 VERIFICA 03 – Paramento di monte, fine costruzione, condizioni non drenate, con sisma**

**Dati**

Descrizione terreno

*Simbologia adottata*

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi_u$ [°]	$c_u$ [kPa]
1	SUBSTRATO	2310	2337	0.00	77.0
2	CORPO DIGA	2140	2161	0.00	61.4
3	FONDAZIONE	2039	2131	0.00	150.0

Profilo del piano campagna

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

<i>Nr.</i>	Identificativo del punto
$X$	Ascissa del punto del profilo espressa in m
$Y$	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	-32.48	128.00
2	18.89	128.00
3	76.26	143.30
4	81.76	143.30
5	117.04	135.00
6	121.68	135.00
7	155.68	127.00
8	160.32	127.00
9	190.67	119.85
10	191.77	118.76
11	192.33	118.20
12	195.19	117.66
13	203.85	116.84
14	247.52	116.15

Descrizione stratigrafia

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (FONDAZIONE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	247.52	110.85
2	95.04	114.00
3	30.04	116.00
4	-32.47	116.72

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

n°	X	Y
	[m]	[m]
5	-32.48	0.00
6	247.52	0.00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (CORPO DIGA)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	191.77	118.76
2	190.67	119.85
3	160.32	127.00
4	155.68	127.00
5	121.68	135.00
6	117.04	135.00
7	81.76	143.30
8	76.26	143.30
9	18.89	128.00
10	85.20	125.04
11	91.20	119.04
12	96.20	119.04
13	102.20	125.04
14	148.61	121.91
15	151.76	118.76
16	172.20	118.76
17	180.86	118.76

Strato N° 3 costituito da terreno n° 1 (SUBSTRATO)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.47	116.72
2	30.04	116.00
3	95.04	114.00
4	247.52	110.85
5	247.52	116.15
6	203.85	116.84
7	195.19	117.66
8	192.33	118.20
9	191.77	118.76
10	180.86	118.76
11	172.20	118.76
12	151.76	118.76
13	148.61	121.91
14	102.20	125.04
15	96.20	119.04
16	91.20	119.04
17	85.20	125.04
18	18.89	128.00
19	-32.48	128.00

Descrizione falda

*Livello di falda*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.94	127.66
2	29.78	127.66
3	82.96	125.32
4	101.80	125.12
5	150.04	121.62
6	152.87	118.76
7	191.76	118.76
8	192.33	118.19
9	195.19	117.66

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

n°	X	Y
	[m]	[m]
10	199.52	117.25
11	203.85	116.84
12	247.52	116.22

### Carichi sul profilo

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Carichi distribuiti

$X_i, X_f$  Ascissa iniziale e finale del carico espressa in [m]

$V_{X_i}, V_{X_f}, V_{Y_i}, V_{Y_f}$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

### Carichi distribuiti

n°	Descrizione	$X_i$	$X_f$	$V_{Y_i}$	$V_{Y_f}$	$V_{X_i}$	$V_{X_f}$
		[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]
1	Stradale	76.26	81.76	3000	3000	0	0

### Dati zona sismica

Accelerazione al suolo $a_g =$	2.167 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo ( $S_s$ )	1.19
Coefficiente di amplificazione topografica ( $S_t$ )	1.00
Coefficiente riduzione ( $\beta_s$ )	1.00
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * S_t * S) = 26.24$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h = 13.12$

### Dati normativa

#### Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

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

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1.25	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.25	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1.60	1.60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto 1.10

### Impostazioni delle superfici di rottura

#### Superfici di rottura circolari

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 15.44$	$Y_0 = 142.60$
Passo maglia	[m]	$dX = 2.00$	$dY = 2.00$
Numero passi		$N_x = 35$	$N_y = 17$
Raggio	[m]	$R = 10.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=2.00$  [m] ed un numero di incrementi pari a 40

### Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- FELLENIUS
- BISHOP

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri caratteristici [PC];
- Parametri di progetto [A2-M2]
- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni totali**

Presenza di carichi distribuiti

### Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

### Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	60188
Coefficiente di sicurezza minimo	0.489
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
FELLENIUS	60188	0.489	1	18.700	60188
BISHOP	60188	0.489	1	18.700	60188

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

F<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

caso caso di calcolo

Metodo di FELLENIUS (F)

Metodo di BISHOP (B)

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	49.44	174.60	58.00	14.91	95.96	1185.71	0.489 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.489 (B)	--	--
2	C	47.44	174.60	58.00	12.91	94.26	1161.60	0.490 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.490 (B)	--	--
3	C	51.44	174.60	58.00	16.91	97.66	1209.31	0.490 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.490 (B)	--	--
4	C	49.44	172.60	56.00	15.57	95.09	1165.61	0.490 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.490 (B)	--	--
5	C	51.44	172.60	56.00	17.57	96.80	1189.57	0.491 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.491 (B)	--	--
6	C	47.44	172.60	56.00	13.57	93.37	1140.70	0.491 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.491 (B)	--	--
7	C	49.44	170.60	54.00	16.26	94.19	1144.87	0.492 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.492 (B)	--	--
8	C	53.44	174.60	58.00	18.90	99.35	1232.10	0.493 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.493 (B)	--	--
9	C	51.44	170.60	54.00	18.26	95.91	1169.04	0.493 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.493 (B)	--	--
10	C	45.44	174.60	58.00	10.91	92.55	1136.17	0.493 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.493 (B)	--	--
11	C	47.44	170.60	54.00	14.26	92.46	1119.55	0.493 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.493 (B)	--	--
12	C	49.44	168.60	52.00	16.95	93.26	1123.61	0.494 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.494 (B)	--	--
13	C	45.44	172.60	56.00	11.57	91.65	1115.26	0.494 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.494 (B)	--	--
14	C	53.44	172.60	56.00	19.40	98.51	1212.74	0.495 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.495 (B)	--	--
15	C	51.44	168.60	52.00	18.93	94.99	1148.20	0.495 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.495 (B)	--	--
16	C	47.44	168.60	52.00	14.95	91.51	1097.87	0.496 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.496 (B)	--	--
17	C	45.44	170.60	54.00	12.26	90.73	1093.68	0.497 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.497 (B)	--	--
18	C	49.44	166.60	50.00	17.66	92.28	1101.06	0.497 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.497 (B)	--	--
19	C	53.44	170.60	54.00	19.91	97.63	1192.69	0.497 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.497 (B)	--	--
20	C	43.44	174.60	58.00	8.91	90.83	1110.49	0.497 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.497 (B)	--	--
21	C	51.44	166.60	50.00	19.47	94.03	1126.45	0.499 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.499 (B)	--	--
22	C	47.44	166.60	50.00	15.66	90.53	1075.18	0.499 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.499 (B)	--	--
23	C	45.44	168.60	52.00	12.95	89.77	1071.57	0.499 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.499 (B)	--	--
24	C	43.44	172.60	56.00	9.57	89.93	1089.12	0.500 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.500 (B)	--	--
25	C	55.44	174.60	58.00	20.38	101.04	1253.51	0.500 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.500 (B)	--	--
26	C	53.44	168.60	52.00	20.44	96.72	1171.81	0.500 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.500 (B)	--	--
27	C	49.44	164.60	48.00	18.38	91.27	1078.10	0.501 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.501 (B)	--	--
28	C	55.44	172.60	56.00	20.89	100.21	1234.29	0.502 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.502 (B)	--	--
29	C	43.44	170.60	54.00	10.26	88.99	1066.72	0.502 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.502 (B)	--	--
30	C	47.44	164.60	48.00	16.38	89.50	1051.78	0.503 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.503 (B)	--	--

**Analisi della superficie critica**

**Simbologia adottata**

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

- N° numero d'ordine della striscia
- X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
- X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

Y <sub>g</sub>	ordinata del baricentro della striscia espressa in m
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
φ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa
L	sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa
W	peso della striscia espresso in kg
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kg
N	sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E <sub>s</sub> , E <sub>d</sub>	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X <sub>s</sub> , X <sub>d</sub>	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso**

Numero di strisce	22	
Coordinate del centro	X[m]= 49.44	Y[m]= 174.60
Raggio del cerchio	R[m]= 58.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 14.91	Y <sub>v</sub> [m]= 128.00
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 95.96	Y <sub>m</sub> [m]= 139.96
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub> = 0.489	

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>q</sub> [m]	Y <sub>q</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	14.91	128.00	128.00	18.89	128.00	125.30	17.56	127.10	4.81	-34.16	0.00	55
2	18.89	128.00	125.30	22.52	128.97	123.23	20.92	126.34	4.18	-29.72	0.00	55
3	22.52	128.97	123.23	26.15	129.94	121.48	24.45	125.89	4.03	-25.66	0.00	55
4	26.15	129.94	121.48	29.78	130.90	120.03	28.04	125.58	3.91	-21.74	0.00	55
5	29.78	130.90	120.03	33.65	131.94	118.79	31.78	125.41	4.07	-17.80	0.00	55
6	33.65	131.94	118.79	37.53	132.97	117.84	35.64	125.38	3.99	-13.82	0.00	55
7	37.53	132.97	117.84	41.40	134.00	117.16	39.50	125.49	3.93	-9.91	0.00	55
8	41.40	134.00	117.16	45.27	135.04	116.75	43.36	125.74	3.89	-6.04	0.00	55
9	45.27	135.04	116.75	49.15	136.07	116.60	47.23	126.12	3.88	-2.20	0.00	55
10	49.15	136.07	116.60	53.02	137.10	116.71	51.10	126.62	3.87	1.62	0.00	55
11	53.02	137.10	116.71	56.89	138.14	117.08	54.97	127.26	3.89	5.46	0.00	55
12	56.89	138.14	117.08	60.77	139.17	117.72	58.84	128.03	3.93	9.32	0.00	55
13	60.77	139.17	117.72	64.64	140.20	118.63	62.71	128.93	3.98	13.23	0.00	55
14	64.64	140.20	118.63	68.51	141.23	119.83	66.57	129.97	4.05	17.20	0.00	55
15	68.51	141.23	119.83	72.39	142.27	121.33	70.44	131.16	4.16	21.25	0.00	55
16	72.39	142.27	121.33	76.26	143.30	123.17	74.31	132.51	4.29	25.42	0.00	55
17	76.26	143.30	123.17	79.01	143.30	124.70	77.62	133.61	3.15	29.10	0.00	55
18	79.01	143.30	124.70	81.76	143.30	126.44	80.36	134.43	3.25	32.26	0.00	48
19	81.76	143.30	126.44	85.31	142.46	129.02	83.47	135.29	4.39	36.03	0.00	44
20	85.31	142.46	129.02	88.86	141.63	132.05	86.99	136.26	4.67	40.51	0.00	44
21	88.86	141.63	132.05	92.41	140.79	135.64	90.46	137.46	5.05	45.31	0.00	44
22	92.41	140.79	135.64	95.96	139.96	139.96	93.59	138.80	5.59	50.57	0.00	44

**Forze applicate sulle strisce [FELLENIOUS]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	12538	0	13583	55211	0	0	0	0	0	
2	35457	0	39446	47957	0	0	0	0	0	
3	59136	0	67016	46208	0	0	0	0	0	
4	79956	0	91784	44840	0	0	0	0	0	
5	105670	0	122289	46676	0	0	0	0	0	
6	124044	0	144033	45767	0	0	0	0	0	
7	139851	0	162156	45114	0	0	0	0	0	
8	153201	0	176571	44689	0	0	0	0	0	
9	164163	0	187221	44474	0	0	0	0	0	
10	172771	0	194076	44459	0	0	0	0	0	
11	179028	0	197128	44644	0	0	0	0	0	
12	182905	0	196396	45036	0	0	0	0	0	

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
13	184337	0	191923	45652	0	0	0	0	0	
14	183222	0	183783	46520	0	0	0	0	0	
15	179409	0	172082	47684	0	0	0	0	0	
16	172688	0	156973	49206	0	0	0	0	0	
17	114731	8250	105865	36110	0	0	0	0	0	
18	104389	8250	91974	32243	0	0	0	0	0	
19	115100	0	87523	40161	0	0	0	0	0	
20	87428	0	60291	42716	0	0	0	0	0	
21	55935	0	34064	46180	0	0	0	0	0	
22	19566	0	10094	51129	0	0	0	0	0	

**Forze applicate sulle strisce [BISHOP]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	12538	0	54608	55211	0	0	73059	0	0	
2	35457	0	73560	47957	0	73059	141871	0	0	
3	59136	0	96420	46208	0	141871	209762	0	0	
4	79956	0	115259	44840	0	209762	273130	0	0	
5	105670	0	140537	46676	0	273130	332813	0	0	
6	124044	0	155767	45767	0	332813	381921	0	0	
7	139851	0	168480	45114	0	381921	418661	0	0	
8	153201	0	179002	44689	0	418661	441747	0	0	
9	164163	0	187551	44474	0	441747	450325	0	0	
10	172771	0	194257	44459	0	450325	443921	0	0	
11	179028	0	199173	44644	0	443921	422428	0	0	
12	182905	0	202280	45036	0	422428	386105	0	0	
13	184337	0	203476	45652	0	386105	335616	0	0	
14	183222	0	202563	46520	0	335616	272092	0	0	
15	179409	0	199212	47684	0	272092	197244	0	0	
16	172688	0	192903	49206	0	197244	113553	0	0	
17	114731	8250	139114	36110	0	113553	45183	0	0	
18	104389	8250	130324	32243	0	45183	-26669	0	0	
19	115100	0	131793	40161	0	-26669	-101924	0	0	
20	87428	0	93584	42716	0	-101924	-153179	0	0	
21	55935	0	43288	46180	0	-153179	-166154	0	0	
22	19566	0	-27324	51129	0	-166154	-117708	0	0	

**Analisi degli spostamenti**

*Simbologia adottata*

n° Indice dell'accelerogramma  
u Spostamento

Superficie n° 1

n°	u [m]
1	0.297204
2	0.187957
3	0.254631
4	0.240941
5	0.216694
6	0.203782
7	0.268331
8	0.256521
9	0.191917
10	0.285191

Accelerazione sismica critica  
Spostamento massimo  
Velocità massima

$K_c = 0.042$   
 $U_{max} = 0.297204$  [m]  
 $V_{max} = 0.192314$  [m/s]

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

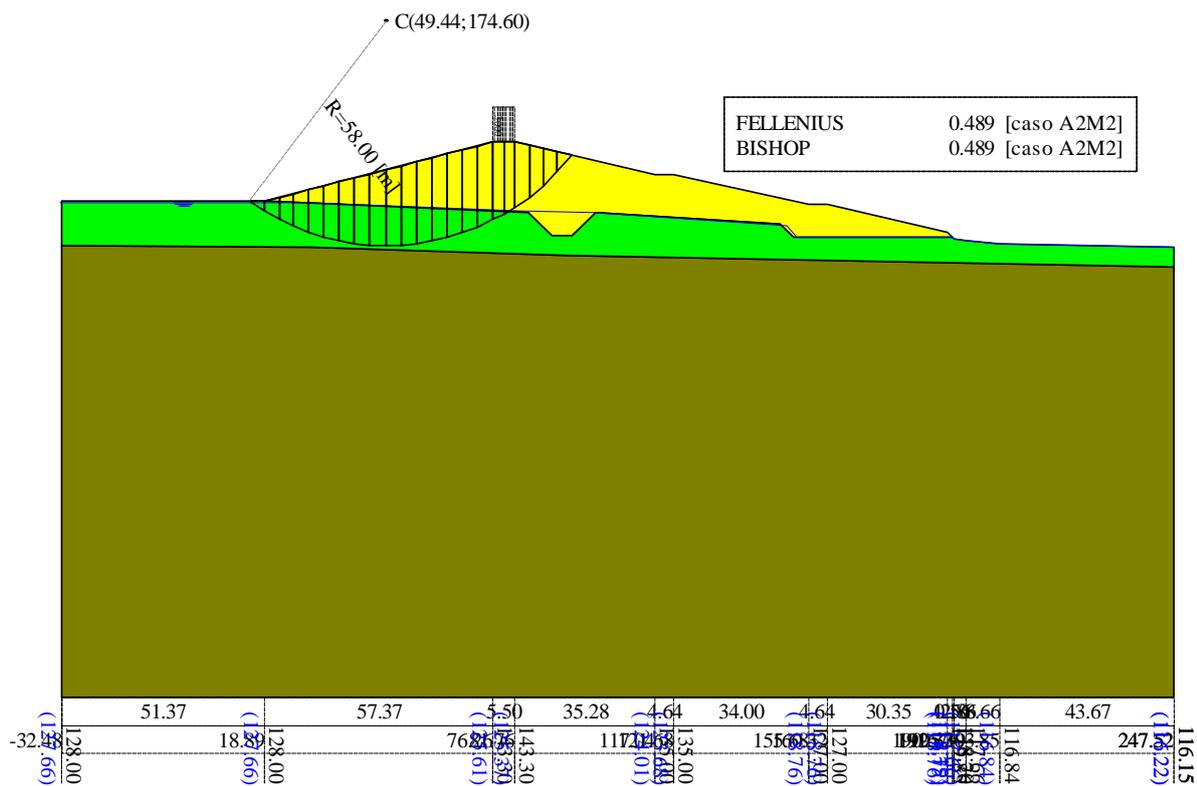


Figura 10 – Risultati verifica 03 secondo DM 26 Giugno 2014 – cerchio critico con metodi di Bishop e Fellenius

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

**8.1.7 VERIFICA 04 – Paramento di monte, massimo invaso, condizioni drenate, senza sisma**

**Dati**

Descrizione terreno

*Simbologia adottata*

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]
1	SUBSTRATO	2310	2337	24.80	22.3
2	CORPO DIGA	2140	2161	24.50	11.8
3	FONDAZIONE	2039	2131	25.00	50.0

Profilo del piano campagna

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

<i>Nr.</i>	Identificativo del punto
$X$	Ascissa del punto del profilo espressa in m
$Y$	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	-32.48	128.00
2	18.89	128.00
3	76.26	143.30
4	81.76	143.30
5	117.04	135.00
6	121.68	135.00
7	155.68	127.00
8	160.32	127.00
9	190.67	119.85
10	191.77	118.76
11	192.33	118.20
12	195.19	117.66
13	203.85	116.84
14	247.52	116.15

Descrizione stratigrafia

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (FONDAZIONE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	247.52	110.85
2	95.04	114.00
3	30.04	116.00
4	-32.47	116.72
5	-32.48	0.00

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

n°	X	Y
	[m]	[m]
6	247.52	0.00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (CORPO DIGA)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	191.77	118.76
2	190.67	119.85
3	160.32	127.00
4	155.68	127.00
5	121.68	135.00
6	117.04	135.00
7	81.76	143.30
8	76.26	143.30
9	18.89	128.00
10	85.20	125.04
11	91.20	119.04
12	96.20	119.04
13	102.20	125.04
14	148.61	121.91
15	151.76	118.76
16	172.20	118.76
17	180.86	118.76

Strato N° 3 costituito da terreno n° 1 (SUBSTRATO)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.47	116.72
2	30.04	116.00
3	95.04	114.00
4	247.52	110.85
5	247.52	116.15
6	203.85	116.84
7	195.19	117.66
8	192.33	118.20
9	191.77	118.76
10	180.86	118.76
11	172.20	118.76
12	151.76	118.76
13	148.61	121.91
14	102.20	125.04
15	96.20	119.04
16	91.20	119.04
17	85.20	125.04
18	18.89	128.00
19	-32.48	128.00

Descrizione falda

*Livello di falda*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.48	140.31
2	65.38	140.31
3	66.20	139.91
4	66.70	139.27
5	68.29	138.63
6	69.01	138.20
7	69.67	137.93
8	71.20	137.76
9	79.57	136.76
10	87.49	135.76

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

n°	X	Y
	[m]	[m]
11	94.95	134.76
12	101.97	133.76
13	108.53	132.76
14	114.63	131.76
15	120.29	130.76
16	125.49	129.76
17	130.24	128.76
18	134.54	127.76
19	138.39	126.76
20	141.78	125.76
21	144.72	124.76
22	147.21	123.76
23	149.25	122.76
24	150.83	121.76
25	151.96	120.76
26	152.64	119.76
27	152.87	118.76
28	191.76	118.76
29	192.33	118.19
30	195.19	117.66
31	199.52	117.25
32	203.85	116.84
33	247.52	116.22

### Carichi sul profilo

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente  
 Descrizione Descrizione carico

Carichi distribuiti

$X_i, X_f$  Ascissa iniziale e finale del carico espressa in [m]

$V_{X_i}, V_{X_f}, V_{Y_i}, V_{Y_f}$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

### Carichi distribuiti

n°	Descrizione	$X_i$	$X_f$	$V_{Y_i}$	$V_{Y_f}$	$V_{X_i}$	$V_{X_f}$
		[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]
1	Stradale	76.26	81.76	3000	3000	0	0

### Dati normativa

#### Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

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

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.25	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.40
Resistenza a compressione uniaassiale	$\gamma_{qu}$	1.60	1.60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto 1.10

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

### Impostazioni delle superfici di rottura

#### Superfici di rottura circolari

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 20.44$	$Y_0 = 144.88$
Passo maglia	[m]	$dX = 2.00$	$dY = 2.00$
Numero passi		$N_x = 33$	$N_y = 16$
Raggio	[m]	$R = 10.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=2.00$  [m] ed un numero di incrementi pari a 40

### Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- FELLENIUS
- BISHOP

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri caratteristici [PC];
- Parametri di progetto [A2-M2]
- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

### Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

### Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	27050
Coefficiente di sicurezza minimo	1.658
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	93

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	$FS_{min}$	$S_{min}$	$FS_{max}$	$S_{max}$
FELLENIUS	27050	1.658	93	-11.816	27037
BISHOP	27050	1.972	1	-14.223	27050

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

$N^{\circ}$	numero d'ordine della superficie cerchio
$C_x$	ascissa x del centro [m]
$C_y$	ordinata y del centro [m]
R	raggio del cerchio espresso in m
$x_v$	ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m
$x_m$	ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m
V	volume interessato dalla superficie espresso [mc]
$F_s$	coefficiente di sicurezza

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

caso

caso di calcolo

Metodo di FELLENIUS (F)

Metodo di BISHOP (B)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	48.44	174.88	46.00	32.66	81.86	292.26	1.738 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.972 (B)	--	--
2	C	46.44	172.88	46.00	28.44	81.67	370.15	1.686 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.975 (B)	--	--
3	C	46.44	174.88	48.00	28.20	82.45	380.77	1.708 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.983 (B)	--	--
4	C	48.44	172.88	44.00	32.87	81.01	283.42	1.739 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.986 (B)	--	--
5	C	50.44	170.88	42.00	34.29	82.06	297.16	1.729 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.989 (B)	--	--
6	C	52.44	170.88	40.00	38.75	81.41	219.61	1.774 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.989 (B)	--	--
7	C	54.44	166.88	36.00	40.39	81.64	223.73	1.750 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.994 (B)	--	--
8	C	48.44	168.88	42.00	30.24	81.75	372.84	1.672 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.995 (B)	--	--
9	C	50.44	168.88	40.00	34.54	81.19	287.76	1.719 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.996 (B)	--	--
10	C	50.44	174.88	44.00	37.26	81.08	213.54	1.803 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.996 (B)	--	--
11	C	52.44	172.88	42.00	38.55	82.16	226.91	1.794 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.997 (B)	--	--
12	C	56.44	168.88	36.00	44.64	81.77	163.37	1.820 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.000 (B)	--	--
13	C	46.44	170.88	44.00	28.70	80.72	359.21	1.695 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.002 (B)	--	--
14	C	44.44	174.88	48.00	27.00	80.59	354.86	1.725 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.003 (B)	--	--
15	C	48.44	170.88	44.00	29.96	82.57	384.19	1.701 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.006 (B)	--	--
16	C	50.44	172.88	44.00	34.06	82.79	306.14	1.762 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.008 (B)	--	--
17	C	52.44	166.88	38.00	36.08	82.16	299.75	1.718 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.011 (B)	--	--
18	C	56.44	162.88	32.00	42.21	81.75	225.51	1.732 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.012 (B)	--	--
19	C	54.44	172.88	40.00	43.22	81.37	157.63	1.852 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.012 (B)	--	--
20	C	46.44	174.88	46.00	31.52	79.89	268.73	1.776 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.013 (B)	--	--
21	C	52.44	168.88	38.00	38.96	80.54	212.08	1.783 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.013 (B)	--	--
22	C	58.44	162.88	30.00	46.49	81.17	160.61	1.789 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.014 (B)	--	--
23	C	56.44	166.88	34.00	44.84	80.93	157.30	1.820 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.015 (B)	--	--
24	C	48.44	170.88	42.00	33.09	80.12	274.43	1.752 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.016 (B)	--	--
25	C	58.44	164.88	32.00	46.24	82.01	167.32	1.808 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.016 (B)	--	--
26	C	54.44	168.88	38.00	40.15	82.40	231.56	1.787 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.016 (B)	--	--
27	C	50.44	172.88	42.00	37.43	80.26	206.52	1.813 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.018 (B)	--	--
28	C	52.44	164.88	36.00	36.38	81.25	289.58	1.704 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.019 (B)	--	--
29	C	54.44	164.88	34.00	40.65	80.71	215.57	1.756 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.019 (B)	--	--
30	C	62.44	160.88	26.00	52.34	81.60	113.35	1.838 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.022 (B)	--	--

Analisi della superficie critica

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

*Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N°	numero d'ordine della striscia
X <sub>s</sub>	ascissa sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>ss</sub>	ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>si</sub>	ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
X <sub>g</sub>	ascissa del baricentro della striscia espressa in m
Y <sub>g</sub>	ordinata del baricentro della striscia espressa in m
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
φ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa
L	sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa
W	peso della striscia espresso in kg
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kg
N	sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E <sub>s</sub> , E <sub>d</sub>	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X <sub>s</sub> , X <sub>d</sub>	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 93

**Analisi della superficie 93 - coefficienti parziali caso A2M2**

Numero di strisce	26	
Coordinate del centro	X[m]= 52.44	Y[m]= 160.88
Raggio del cerchio	R[m]= 34.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 34.32	Y <sub>v</sub> [m]= 132.11
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 81.54	Y <sub>m</sub> [m]= 143.30
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub> = 1.658	

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	34.32	132.11	132.11	36.53	132.71	130.83	35.79	131.88	2.56	-30.05	20.03	9
2	36.53	132.71	130.83	38.75	133.30	129.76	37.76	131.63	2.46	-25.82	20.03	9
3	38.75	133.30	129.76	40.97	133.89	128.87	39.93	131.45	2.39	-21.73	20.03	9
4	40.97	133.89	128.87	43.19	134.48	128.16	42.12	131.35	2.33	-17.75	20.03	9
5	43.19	134.48	128.16	45.41	135.07	127.61	44.33	131.33	2.29	-13.86	20.03	9
6	45.41	135.07	127.61	47.63	135.66	127.22	46.54	131.39	2.25	-10.03	20.03	9
7	47.63	135.66	127.22	49.85	136.26	126.98	48.76	131.53	2.23	-6.25	20.03	9
8	49.85	136.26	126.98	52.07	136.85	126.88	50.97	131.74	2.22	-2.50	20.03	9
9	52.07	136.85	126.88	54.29	137.44	126.93	53.19	132.03	2.22	1.24	20.03	9
10	54.29	137.44	126.93	56.50	138.03	127.12	55.40	132.38	2.23	4.99	20.03	9
11	56.50	138.03	127.12	58.72	138.62	127.47	57.62	132.81	2.25	8.76	20.03	9
12	58.72	138.62	127.47	60.94	139.21	127.96	59.83	133.32	2.27	12.57	20.03	9
13	60.94	139.21	127.96	63.16	139.81	128.61	62.05	133.90	2.31	16.43	20.03	9
14	63.16	139.81	128.61	65.38	140.40	129.44	64.27	134.56	2.37	20.38	20.03	9
15	65.38	140.40	129.44	66.20	140.62	129.79	65.79	135.06	0.89	23.12	20.03	9
16	66.20	140.62	129.79	66.70	140.75	130.01	66.45	135.29	0.55	24.34	20.03	9
17	66.70	140.75	130.01	68.29	141.17	130.80	67.49	135.68	1.77	26.29	20.03	9
18	68.29	141.17	130.80	69.01	141.37	131.19	68.65	136.13	0.82	28.48	20.03	9
19	69.01	141.37	131.19	69.67	141.54	131.57	69.34	136.42	0.76	29.81	20.03	9
20	69.67	141.54	131.57	71.20	141.95	132.52	70.43	136.89	1.80	31.97	20.03	9
21	71.20	141.95	132.52	72.89	142.40	133.72	72.03	137.64	2.06	35.23	20.03	9
22	72.89	142.40	133.72	74.57	142.85	135.07	73.71	138.50	2.16	38.79	20.03	9
23	74.57	142.85	135.07	76.26	143.30	136.62	75.40	139.45	2.29	42.54	20.03	9
24	76.26	143.30	136.62	78.02	143.30	138.48	77.09	140.40	2.56	46.64	20.03	9
25	78.02	143.30	138.48	79.78	143.30	140.67	78.81	141.38	2.81	51.16	20.03	9
26	79.78	143.30	140.67	81.54	143.30	143.30	80.37	142.42	3.16	56.20	20.03	9

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

**Forze applicate sulle strisce [FELLENIOUS]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	4497	17530	-5933	184	22657	0	0	0	0	
2	12986	16217	-285	1369	24690	0	0	0	0	
3	20517	14904	5170	2524	26264	0	0	0	0	
4	27177	13591	10248	3606	27475	0	0	0	0	
5	33029	12278	14815	4585	28389	0	0	0	0	
6	38121	10965	18776	5438	29049	0	0	0	0	
7	42483	9652	22058	6147	29486	0	0	0	0	
8	46135	8339	24609	6702	29716	0	0	0	0	
9	49090	7026	26394	7093	29749	0	0	0	0	
10	51348	5713	27391	7317	29586	0	0	0	0	
11	52902	4400	27591	7371	29220	0	0	0	0	
12	53734	3086	27001	7258	28638	0	0	0	0	
13	53817	1773	25641	6982	27813	0	0	0	0	
14	53109	475	23568	6557	26708	0	0	0	0	
15	19298	0	10188	2758	7560	0	0	0	0	
16	11638	0	8589	2208	2015	0	0	0	0	
17	36199	0	19417	5300	13037	0	0	0	0	
18	15943	0	9535	2573	4479	0	0	0	0	
19	14322	0	8071	2217	4356	0	0	0	0	
20	31946	0	16771	4735	10330	0	0	0	0	
21	32848	0	17590	5067	9242	0	0	0	0	
22	29823	0	16706	4930	6539	0	0	0	0	
23	26148	0	16078	4865	3186	0	0	0	0	
24	21665	6867	19591	5798	0	0	0	0	0	
25	14030	6867	13105	4512	0	0	0	0	0	
26	4955	6867	6577	3284	0	0	0	0	0	

**Forze applicate sulle strisce [BISHOP]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	4497	17530	3872	1868	22657	0	19577	0	0	
2	12986	16217	9073	2735	24690	19577	41067	0	0	
3	20517	14904	13232	3429	26264	41067	62847	0	0	
4	27177	13591	16609	3995	27475	62847	83714	0	0	
5	33029	12278	19378	4460	28389	83714	102761	0	0	
6	38121	10965	21656	4845	29049	102761	119291	0	0	
7	42483	9652	23526	5164	29486	119291	132773	0	0	
8	46135	8339	25047	5425	29716	132773	142806	0	0	
9	49090	7026	26258	5637	29749	142806	149103	0	0	
10	51348	5713	27185	5804	29586	149103	151471	0	0	
11	52902	4400	27844	5927	29220	151471	149815	0	0	
12	53734	3086	28238	6010	28638	149815	144130	0	0	
13	53817	1773	28360	6050	27813	144130	134517	0	0	
14	53109	475	28207	6048	26708	134517	121193	0	0	
15	19298	0	12323	2576	7560	121193	115755	0	0	
16	11638	0	9861	1985	2015	115755	112670	0	0	
17	36199	0	24783	5172	13037	112670	100554	0	0	
18	15943	0	12283	2535	4479	100554	94790	0	0	
19	14322	0	10856	2258	4356	94790	89188	0	0	
20	31946	0	24159	5076	10330	89188	75234	0	0	
21	32848	0	26954	5688	9242	75234	59001	0	0	
22	29823	0	27095	5758	6539	59001	42417	0	0	
23	26148	0	26984	5797	3186	42417	26288	0	0	
24	21665	6867	33981	7153	0	26288	6496	0	0	
25	14030	6867	26032	5870	0	6496	-10100	0	0	
26	4955	6867	15100	4117	0	-10100	-20357	0	0	

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

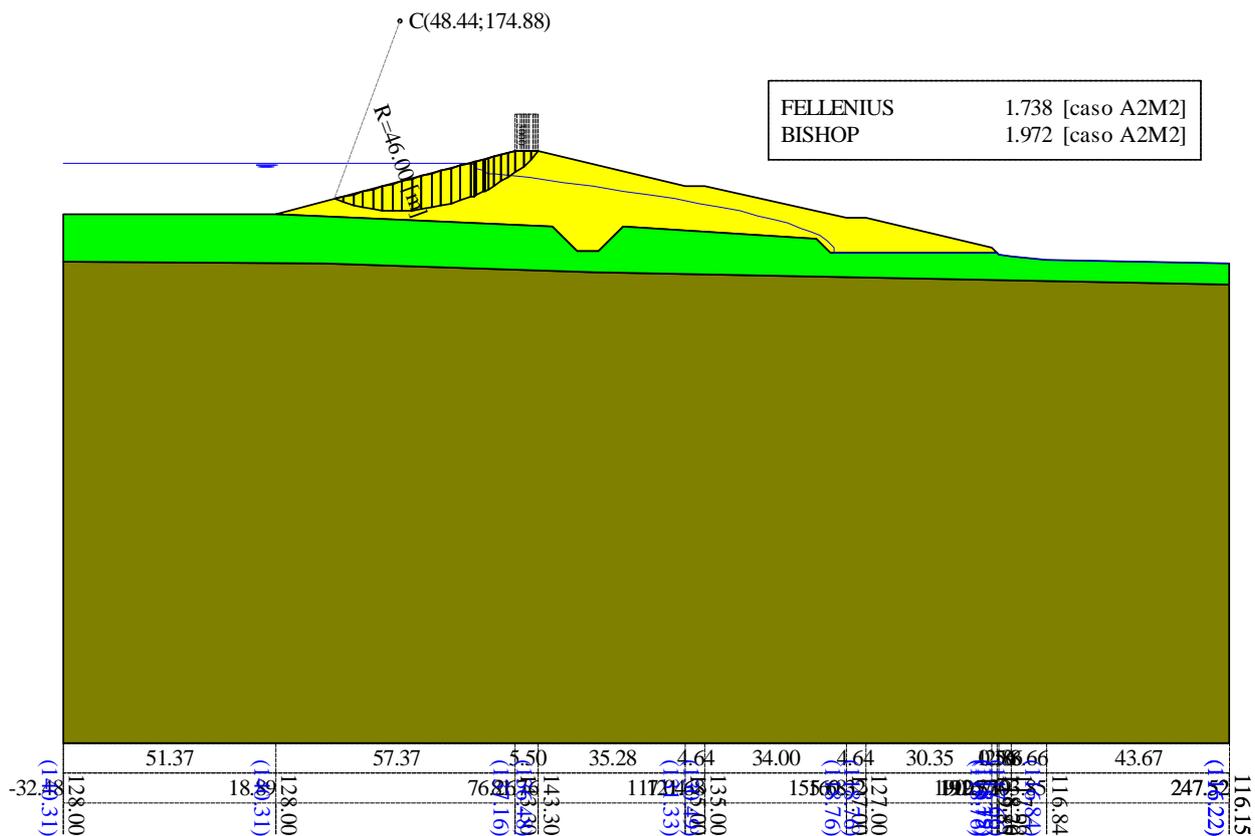


Figura 11 – Risultati verifica 04 secondo DM 26 Giugno 2014 – cerchio critico con il metodo di Bishop

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

**8.1.8 VERIFICA 05 – Paramento di monte, massimo vaso, condizioni non drenate, con sisma**

**Dati**

Descrizione terreno

*Simbologia adottata*

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi_u$ [°]	$c_u$ [kPa]
1	SUBSTRATO	2310	2337	0.00	77.0
2	CORPO DIGA	2140	2161	0.00	61.4
3	FONDAZIONE	2039	2131	0.00	150.0

Profilo del piano campagna

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

<i>Nr.</i>	Identificativo del punto
$X$	Ascissa del punto del profilo espressa in m
$Y$	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	-32.48	128.00
2	18.89	128.00
3	76.26	143.30
4	81.76	143.30
5	117.04	135.00
6	121.68	135.00
7	155.68	127.00
8	160.32	127.00
9	190.67	119.85
10	191.77	118.76
11	192.33	118.20
12	195.19	117.66
13	203.85	116.84
14	247.52	116.15

Descrizione stratigrafia

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (FONDAZIONE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	247.52	110.85
2	95.04	114.00
3	30.04	116.00
4	-32.47	116.72
5	-32.48	0.00

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

n°	X	Y
	[m]	[m]
6	247.52	0.00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (CORPO DIGA)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	191.77	118.76
2	190.67	119.85
3	160.32	127.00
4	155.68	127.00
5	121.68	135.00
6	117.04	135.00
7	81.76	143.30
8	76.26	143.30
9	18.89	128.00
10	85.20	125.04
11	91.20	119.04
12	96.20	119.04
13	102.20	125.04
14	148.61	121.91
15	151.76	118.76
16	172.20	118.76
17	180.86	118.76

Strato N° 3 costituito da terreno n° 1 (SUBSTRATO)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.47	116.72
2	30.04	116.00
3	95.04	114.00
4	247.52	110.85
5	247.52	116.15
6	203.85	116.84
7	195.19	117.66
8	192.33	118.20
9	191.77	118.76
10	180.86	118.76
11	172.20	118.76
12	151.76	118.76
13	148.61	121.91
14	102.20	125.04
15	96.20	119.04
16	91.20	119.04
17	85.20	125.04
18	18.89	128.00
19	-32.48	128.00

Descrizione falda

*Livello di falda*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.48	140.31
2	65.38	140.31
3	66.20	139.91
4	66.70	139.27
5	68.29	138.63
6	69.01	138.20
7	69.67	137.93
8	71.20	137.76
9	79.57	136.76
10	87.49	135.76

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

n°	X	Y
	[m]	[m]
11	94.95	134.76
12	101.97	133.76
13	108.53	132.76
14	114.63	131.76
15	120.29	130.76
16	125.49	129.76
17	130.24	128.76
18	134.54	127.76
19	138.39	126.76
20	141.78	125.76
21	144.72	124.76
22	147.21	123.76
23	149.25	122.76
24	150.83	121.76
25	151.96	120.76
26	152.64	119.76
27	152.87	118.76
28	191.76	118.76
29	192.33	118.19
30	195.19	117.66
31	199.52	117.25
32	203.85	116.84
33	247.52	116.22

### Carichi sul profilo

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente  
 Descrizione Descrizione carico

Carichi distribuiti

$X_i, X_f$  Ascissa iniziale e finale del carico espressa in [m]

$V_{X_i}, V_{X_f}, V_{Y_i}, V_{Y_f}$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

### Carichi distribuiti

n°	Descrizione	$X_i$	$X_f$	$V_{Y_i}$	$V_{Y_f}$	$V_{X_i}$	$V_{X_f}$
		[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]
1	Stradale	76.26	81.76	3000	3000	0	0
2	Acqua_liv01	49.66	65.05	513	0	137	0
3	Acqua_liv02	34.27	49.66	722	513	193	137
4	Carico 4	18.89	34.27	788	722	210	193

### Dati zona sismica

Accelerazione al suolo $a_g =$	2.167 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo ( $S_s$ )	1.19
Coefficiente di amplificazione topografica ( $St$ )	1.00
Coefficiente riduzione ( $\beta_s$ )	1.00
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * St * S) = 26.24$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h = 13.12$

### Dati normativa

#### Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

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

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.25	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1.60	1.60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto 1.10

### Impostazioni delle superfici di rottura

#### Superfici di rottura circolari

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 20.44$	$Y_0 = 144.88$
Passo maglia	[m]	$dX = 2.00$	$dY = 2.00$
Numero passi		$N_x = 33$	$N_y = 16$
Raggio	[m]	$R = 10.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=2.00$  [m] ed un numero di incrementi pari a 40

### Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- FELLENIUS
- BISHOP

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri caratteristici [PC];
- Parametri di progetto [A2-M2]
- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni totali**

Presenza di carichi distribuiti

### Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

### Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	54100
Coefficiente di sicurezza minimo	0.578
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
FELLENIUS	54100	0.578	1	15.064	54100

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
BISHOP	54100	0.578	1	15.064	54100

**Caratteristiche delle superfici analizzate**

*Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

X<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

X<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

F<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

caso caso di calcolo

Metodo di FELLENIUS (F)

Metodo di BISHOP (B)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	X <sub>v</sub> [m]	X <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	50.44	174.88	58.00	16.29	96.63	1175.47	0.578 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.578 (B)	--	--
2	C	52.44	174.88	58.00	18.29	98.32	1198.50	0.578 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.578 (B)	--	--
3	C	50.44	172.88	56.00	16.95	95.77	1155.96	0.579 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.579 (B)	--	--
4	C	48.44	174.88	58.00	14.29	94.93	1151.33	0.579 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.579 (B)	--	--
5	C	52.44	172.88	56.00	18.93	97.48	1179.39	0.580 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.580 (B)	--	--
6	C	48.44	172.88	56.00	14.95	94.06	1131.34	0.581 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.581 (B)	--	--
7	C	50.44	170.88	54.00	17.62	94.89	1135.70	0.582 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.582 (B)	--	--
8	C	54.44	174.88	58.00	19.92	100.01	1220.88	0.583 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.583 (B)	--	--
9	C	52.44	170.88	54.00	19.43	96.60	1159.67	0.583 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.583 (B)	--	--
10	C	46.44	174.88	58.00	12.29	93.23	1126.64	0.583 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.583 (B)	--	--
11	C	48.44	170.88	54.00	15.62	93.16	1110.87	0.584 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.584 (B)	--	--
12	C	50.44	168.88	52.00	18.30	93.97	1114.96	0.585 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.585 (B)	--	--
13	C	54.44	172.88	56.00	20.41	99.18	1201.92	0.585 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.585 (B)	--	--
14	C	46.44	172.88	56.00	12.95	92.35	1106.34	0.585 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.585 (B)	--	--
15	C	52.44	168.88	52.00	19.95	95.70	1139.21	0.587 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.587 (B)	--	--
16	C	48.44	168.88	52.00	16.30	92.23	1089.88	0.587 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.587 (B)	--	--
17	C	54.44	170.88	54.00	20.92	98.32	1182.08	0.588 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.588 (B)	--	--
18	C	50.44	166.88	50.00	18.97	93.01	1093.50	0.588 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.588 (B)	--	--
19	C	46.44	170.88	54.00	13.62	91.44	1085.38	0.588 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.588 (B)	--	--
20	C	44.44	174.88	58.00	10.29	91.52	1100.89	0.589 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.589 (B)	--	--
21	C	56.44	174.88	58.00	21.39	101.70	1241.32	0.590 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.590 (B)	--	--
22	C	48.44	166.88	50.00	17.00	91.26	1067.94	0.591 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.591 (B)	--	--
23	C	52.44	166.88	50.00	20.48	94.75	1117.77	0.591 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.591 (B)	--	--
24	C	54.44	168.88	52.00	21.45	97.42	1161.78	0.592 (F)	[A2M2]	H-V

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
--	--	--	--	--	--	--	--	0.592 (B)	--	--
25	C	44.44	172.88	56.00	10.95	90.63	1080.07	0.592 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.592 (B)	--	--
26	C	46.44	168.88	52.00	14.30	90.49	1063.70	0.592 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.592 (B)	--	--
27	C	56.44	172.88	56.00	21.90	100.88	1222.72	0.592 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.592 (B)	--	--
28	C	50.44	164.88	48.00	19.52	92.01	1071.23	0.594 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.594 (B)	--	--
29	C	56.44	170.88	54.00	22.42	100.03	1203.23	0.596 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.596 (B)	--	--
30	C	44.44	170.88	54.00	11.62	89.70	1058.74	0.596 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.596 (B)	--	--

**Analisi della superficie critica**

*Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

- N° numero d'ordine della striscia
- X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
- X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m
- Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m
- α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
- φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
- c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa
- L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa
- W peso della striscia espresso in kg
- Q carico applicato sulla striscia espresso in kg
- N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
- T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
- U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
- E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso**

Numero di strisce	28	
Coordinate del centro	X[m]= 50.44	Y[m]= 174.88
Raggio del cerchio	R[m]= 58.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 16.29	Y <sub>v</sub> [m]= 128.00
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 96.63	Y <sub>m</sub> [m]= 139.80
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub> = 0.578	

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	16.29	128.00	128.00	18.89	128.00	126.21	18.02	127.40	3.16	-34.51	0.00	55
2	18.89	128.00	126.21	22.76	129.03	123.91	21.14	126.74	4.51	-30.73	0.00	55
3	22.76	129.03	123.91	26.64	130.07	121.99	24.85	126.23	4.32	-26.36	0.00	55
4	26.64	130.07	121.99	30.51	131.10	120.41	28.67	125.89	4.18	-22.16	0.00	55
5	30.51	131.10	120.41	34.39	132.13	119.15	32.51	125.70	4.08	-18.08	0.00	55
6	34.39	132.13	119.15	38.26	133.17	118.17	36.37	125.65	3.99	-14.09	0.00	55
7	38.26	133.17	118.17	42.13	134.20	117.48	40.23	125.76	3.94	-10.18	0.00	55
8	42.13	134.20	117.48	46.01	135.23	117.05	44.10	125.99	3.90	-6.31	0.00	55
9	46.01	135.23	117.05	49.88	136.27	116.88	47.97	126.36	3.88	-2.47	0.00	55
10	49.88	136.27	116.88	53.76	137.30	116.97	51.84	126.86	3.88	1.36	0.00	55
11	53.76	137.30	116.97	57.63	138.33	117.33	55.71	127.49	3.89	5.20	0.00	55
12	57.63	138.33	117.33	61.51	139.37	117.95	59.58	128.24	3.92	9.06	0.00	55
13	61.51	139.37	117.95	65.38	140.40	118.84	63.45	129.14	3.98	12.96	0.00	55
14	65.38	140.40	118.84	66.20	140.62	119.06	65.79	129.73	0.85	15.35	0.00	55

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>q</sub> [m]	Y <sub>q</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
15	66.20	140.62	119.06	66.70	140.75	119.21	66.45	129.91	0.52	16.02	0.00	55
16	66.70	140.75	119.21	68.29	141.17	119.70	67.49	130.21	1.66	17.10	0.00	55
17	68.29	141.17	119.70	69.01	141.37	119.93	68.65	130.54	0.76	18.30	0.00	55
18	69.01	141.37	119.93	69.67	141.54	120.16	69.34	130.75	0.70	19.02	0.00	55
19	69.67	141.54	120.16	71.20	141.95	120.72	70.43	131.09	1.63	20.17	0.00	55
20	71.20	141.95	120.72	73.73	142.63	121.76	72.46	131.76	2.73	22.32	0.00	55
21	73.73	142.63	121.76	76.26	143.30	122.94	74.99	132.66	2.79	25.05	0.00	55
22	76.26	143.30	122.94	79.57	143.30	124.73	77.89	133.56	3.76	28.29	0.00	55
23	79.57	143.30	124.73	81.76	143.30	126.06	80.65	134.34	2.57	31.42	0.00	48
24	81.76	143.30	126.06	84.63	142.63	128.03	83.15	134.99	3.47	34.40	0.00	44
25	84.63	142.63	128.03	87.49	141.95	130.26	86.00	135.70	3.63	37.91	0.00	44
26	87.49	141.95	130.26	90.54	141.24	132.97	88.93	136.58	4.08	41.72	0.00	44
27	90.54	141.24	132.97	93.58	140.52	136.12	91.91	137.65	4.38	45.90	0.00	44
28	93.58	140.52	136.12	96.63	139.80	139.80	94.60	138.81	4.78	50.42	0.00	44

**Forze applicate sulle strisce [FELLENUS]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	5434	32014	32252	30637	0	0	0	0	0	
2	30881	46469	68036	43750	0	0	0	0	0	
3	58531	42450	99382	41973	0	0	0	0	0	
4	82899	38430	126986	40608	0	0	0	0	0	
5	104301	35132	151587	39561	0	0	0	0	0	
6	122963	30373	170470	38775	0	0	0	0	0	
7	139047	26317	186098	38209	0	0	0	0	0	
8	152666	22262	197657	37837	0	0	0	0	0	
9	163891	18717	205754	37643	0	0	0	0	0	
10	172761	14108	208524	37618	0	0	0	0	0	
11	179279	9976	207845	37763	0	0	0	0	0	
12	183418	5844	203236	38083	0	0	0	0	0	
13	185116	1733	194814	38591	0	0	0	0	0	
14	39198	0	40038	8254	0	0	0	0	0	
15	23866	0	24220	5050	0	0	0	0	0	
16	75633	0	75937	16149	0	0	0	0	0	
17	34097	0	33811	7362	0	0	0	0	0	
18	31148	0	30648	6777	0	0	0	0	0	
19	71731	0	69678	15822	0	0	0	0	0	
20	116760	0	110542	26549	0	0	0	0	0	
21	113779	0	103953	27110	0	0	0	0	0	
22	139682	9930	130418	36490	0	0	0	0	0	
23	84475	6570	75439	21852	0	0	0	0	0	
24	98156	0	77066	26877	0	0	0	0	0	
25	81023	0	59252	28108	0	0	0	0	0	
26	65316	0	43745	31595	0	0	0	0	0	
27	41339	0	24755	33886	0	0	0	0	0	
28	14352	0	7441	37015	0	0	0	0	0	

**Forze applicate sulle strisce [BISHOP]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	5434	32014	67379	30637	0	0	61996	0	0	
2	30881	46469	120821	43750	0	61996	165303	0	0	
3	58531	42450	142189	41973	0	165303	261700	0	0	
4	82899	38430	159398	40608	0	261700	347623	0	0	
5	104301	35132	174189	39561	0	347623	420448	0	0	
6	122963	30373	184559	38775	0	420448	478302	0	0	
7	139047	26317	193487	38209	0	478302	520119	0	0	
8	152666	22262	200405	37837	0	520119	545134	0	0	
9	163891	18717	206059	37643	0	545134	552227	0	0	
10	172761	14108	208757	37618	0	552227	542420	0	0	
11	179279	9976	210261	37763	0	542420	515771	0	0	
12	183418	5844	209974	38083	0	515771	472985	0	0	
13	185116	1733	207783	38591	0	472985	415172	0	0	
14	39198	0	43716	8254	0	415172	401275	0	0	
15	23866	0	26639	5050	0	401275	392513	0	0	
16	75633	0	84546	16149	0	392513	363237	0	0	
17	34097	0	38191	7362	0	363237	349288	0	0	
18	31148	0	34933	6777	0	349288	336137	0	0	
19	71731	0	80632	15822	0	336137	304367	0	0	
20	116760	0	131880	26549	0	304367	248193	0	0	

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
21	113779	0	129404	27110	0	248193	188095	0	0	
22	139682	9930	172560	36490	0	188095	99180	0	0	
23	84475	6570	107334	21852	0	99180	37990	0	0	
24	98156	0	116165	26877	0	37990	-31219	0	0	
25	81023	0	94278	28108	0	-31219	-88227	0	0	
26	65316	0	70819	31595	0	-88227	-128912	0	0	
27	41339	0	32229	33886	0	-128912	-139321	0	0	
28	14352	0	-19298	37015	0	-139321	-104629	0	0	

**Analisi degli spostamenti**

*Simbologia adottata*

n°      Indice dell'accelerogramma  
u      Spostamento

Superficie n° 1

n°	u [m]
1	0.015029
2	0.010846
3	0.013956
4	0.019323
5	0.008173
6	0.016432
7	0.014982
8	0.019162
9	0.005884
10	0.026947

Accelerazione sismica critica  
Spostamento massimo  
Velocità massima

$K_c = 0.117$   
 $U_{max} = 0.026947$  [m]  
 $V_{max} = 0.093422$  [m/s]

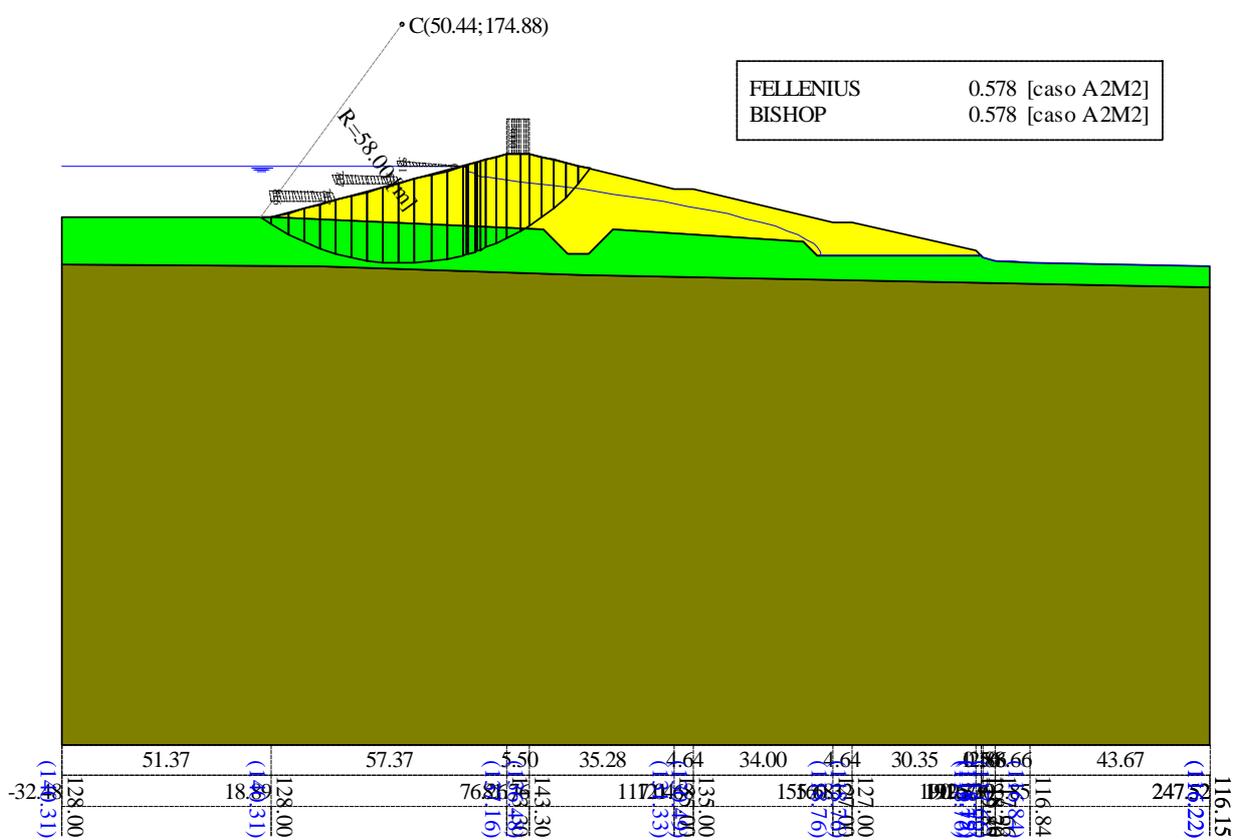


Figura 12 – Risultati verifica 05 secondo DM 26 Giugno 2014 – cerchio critico con i metodi di Bishop e Fellenius

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

**8.1.9 VERIFICA 06 – Paramento di monte, fine svaso, condizioni non drenate, senza sisma**

**Dati**

Descrizione terreno

*Simbologia adottata*

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi_u$ [°]	$c_u$ [kPa]
1	SUBSTRATO	2310	2337	0.00	77.0
2	CORPO DIGA	2140	2161	0.00	61.4
3	FONDAZIONE	2039	2131	0.00	150.0

Profilo del piano campagna

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

<i>Nr.</i>	Identificativo del punto
$X$	Ascissa del punto del profilo espressa in m
$Y$	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	-32.48	128.00
2	18.89	128.00
3	76.26	143.30
4	81.76	143.30
5	117.04	135.00
6	121.68	135.00
7	155.68	127.00
8	160.32	127.00
9	190.67	119.85
10	191.77	118.76
11	192.33	118.20
12	195.19	117.66
13	203.85	116.84
14	247.52	116.15

Descrizione stratigrafia

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (FONDAZIONE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	247.52	110.85
2	95.04	114.00
3	30.04	116.00
4	-32.47	116.72
5	-32.48	0.00

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

n°	X	Y
	[m]	[m]
6	247.52	0.00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (CORPO DIGA)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	191.77	118.76
2	190.67	119.85
3	160.32	127.00
4	155.68	127.00
5	121.68	135.00
6	117.04	135.00
7	81.76	143.30
8	76.26	143.30
9	18.89	128.00
10	85.20	125.04
11	91.20	119.04
12	96.20	119.04
13	102.20	125.04
14	148.61	121.91
15	151.76	118.76
16	172.20	118.76
17	180.86	118.76

Strato N° 3 costituito da terreno n° 1 (SUBSTRATO)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.47	116.72
2	30.04	116.00
3	95.04	114.00
4	247.52	110.85
5	247.52	116.15
6	203.85	116.84
7	195.19	117.66
8	192.33	118.20
9	191.77	118.76
10	180.86	118.76
11	172.20	118.76
12	151.76	118.76
13	148.61	121.91
14	102.20	125.04
15	96.20	119.04
16	91.20	119.04
17	85.20	125.04
18	18.89	128.00
19	-32.48	128.00

Descrizione falda

*Livello di falda*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.96	128.00
2	18.89	128.00
3	65.38	140.31
4	66.20	139.91
5	66.70	139.27
6	68.29	138.63
7	69.01	138.20
8	69.67	137.93
9	71.20	137.76
10	79.57	136.76

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

n°	X [m]	Y [m]
11	87.49	135.76
12	94.95	134.76
13	101.97	133.76
14	108.53	132.76
15	114.63	131.76
16	120.29	130.76
17	125.49	129.76
18	130.24	128.76
19	134.54	127.76
20	138.39	126.76
21	141.78	125.76
22	144.72	124.76
23	147.21	123.76
24	149.25	122.76
25	150.83	121.76
26	151.96	120.76
27	152.64	119.76
28	152.87	118.76
29	191.76	118.76
30	192.33	118.19
31	195.19	117.66
32	199.52	117.25
33	203.85	116.84
34	247.52	116.22

### Carichi sul profilo

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Carichi distribuiti

X<sub>i</sub> X<sub>f</sub> Ascissa iniziale e finale del carico espressa in [m]

V<sub>X<sub>i</sub></sub> V<sub>X<sub>f</sub></sub> V<sub>Y<sub>i</sub></sub> V<sub>Y<sub>f</sub></sub> Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

### Carichi distribuiti

n°	Descrizione	X <sub>i</sub> [m]	X <sub>f</sub> [m]	V <sub>Y<sub>i</sub></sub> [kg/m]	V <sub>Y<sub>f</sub></sub> [kg/m]	V <sub>X<sub>i</sub></sub> [kg/m]	V <sub>X<sub>f</sub></sub> [kg/m]
1	Stradale	76.26	81.76	3000	3000	0	0

### Dati normativa

#### Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

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

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	γ <sub>Gfav</sub>	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ <sub>Gsfav</sub>	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ <sub>Qfav</sub>	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ <sub>Qsfav</sub>	1.30	1.00

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	γ <sub>tane'</sub>	1.25	1.25
Coesione efficace	γ <sub>c'</sub>	1.25	1.25
Resistenza non drenata	γ <sub>cu</sub>	1.40	1.40
Resistenza a compressione uniaassiale	γ <sub>qu</sub>	1.60	1.60
Peso dell'unità di volume	γ <sub>r</sub>	1.00	1.00

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

Coefficiente di sicurezza richiesto 1.10

### Impostazioni delle superfici di rottura

#### Superfici di rottura circolari

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 20.44$	$Y_0 = 144.88$
Passo maglia	[m]	$dX = 2.00$	$dY = 2.00$
Numero passi		$N_x = 33$	$N_y = 16$
Raggio	[m]	$R = 10.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=2.00$  [m] ed un numero di incrementi pari a 40

### Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- FELLENIUS
- BISHOP

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri caratteristici [PC];
- Parametri di progetto [A2-M2]
- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni totali**

Presenza di carichi distribuiti

### Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

### Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	27050
Coefficiente di sicurezza minimo	1.131
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
FELLENIUS	27050	1.131	1	-84.073	27050
BISHOP	27050	1.131	1	-84.073	27050

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N°	numero d'ordine della superficie cerchio
C <sub>x</sub>	ascissa x del centro [m]
C <sub>y</sub>	ordinata y del centro [m]
R	raggio del cerchio espresso in m
x <sub>v</sub>	ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m
x <sub>m</sub>	ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m
V	volume interessato dalla superficie espresso [mc]
F <sub>s</sub>	coefficiente di sicurezza

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

caso caso di calcolo

Metodo di FELLENIUS (F)

Metodo di BISHOP (B)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	44.44	164.88	48.00	13.72	86.71	990.18	1.131 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.131 (B)	--	--
2	C	44.44	162.88	46.00	14.45	85.62	965.81	1.131 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.131 (B)	--	--
3	C	46.44	162.88	46.00	16.45	87.41	993.94	1.132 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.132 (B)	--	--
4	C	46.44	160.88	44.00	17.20	86.29	969.01	1.133 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.133 (B)	--	--
5	C	44.44	166.88	50.00	13.00	87.75	1013.78	1.133 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.133 (B)	--	--
6	C	46.44	164.88	48.00	15.72	88.48	1017.70	1.134 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.134 (B)	--	--
7	C	44.44	160.88	44.00	15.20	84.49	939.98	1.136 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.136 (B)	--	--
8	C	46.44	158.88	42.00	17.97	85.12	942.95	1.138 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.138 (B)	--	--
9	C	46.44	166.88	50.00	15.00	89.51	1041.35	1.138 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.138 (B)	--	--
10	C	44.44	168.88	52.00	12.30	88.74	1036.53	1.138 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.138 (B)	--	--
11	C	42.44	166.88	50.00	11.00	85.98	985.80	1.139 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.139 (B)	--	--
12	C	42.44	164.88	48.00	11.72	84.93	961.17	1.141 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.141 (B)	--	--
13	C	42.44	168.88	52.00	10.30	86.99	1009.09	1.141 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.141 (B)	--	--
14	C	44.44	170.88	54.00	11.62	89.70	1058.74	1.143 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.143 (B)	--	--
15	C	42.44	162.88	46.00	12.45	83.83	936.41	1.144 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.144 (B)	--	--
16	C	44.44	158.88	42.00	15.97	83.30	913.35	1.144 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.144 (B)	--	--
17	C	46.44	168.88	52.00	14.30	90.49	1063.70	1.144 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.144 (B)	--	--
18	C	48.44	162.88	46.00	18.45	89.20	1021.60	1.144 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.144 (B)	--	--
19	C	48.44	160.88	44.00	19.13	88.09	996.69	1.145 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.145 (B)	--	--
20	C	42.44	170.88	54.00	9.62	87.97	1031.40	1.145 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.145 (B)	--	--
21	C	48.44	164.88	48.00	17.72	90.25	1044.98	1.148 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.148 (B)	--	--
22	C	46.44	156.88	40.00	18.76	83.88	915.84	1.148 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.148 (B)	--	--
23	C	48.44	158.88	42.00	19.73	86.93	971.22	1.150 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.150 (B)	--	--
24	C	44.44	172.88	56.00	10.95	90.63	1080.07	1.151 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.151 (B)	--	--
25	C	42.44	172.88	56.00	8.95	88.90	1053.16	1.151 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.151 (B)	--	--
26	C	46.44	170.88	54.00	13.62	91.44	1085.38	1.152 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.152 (B)	--	--
27	C	42.44	160.88	44.00	13.20	82.68	910.29	1.152 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.152 (B)	--	--
28	C	48.44	166.88	50.00	17.00	91.26	1067.94	1.153 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.153 (B)	--	--
29	C	40.44	168.88	52.00	8.30	85.24	980.23	1.156 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.156 (B)	--	--
30	C	40.44	170.88	54.00	7.62	86.23	1003.34	1.157 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.157 (B)	--	--

Analisi della superficie critica

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

*Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N°	numero d'ordine della striscia
X <sub>s</sub>	ascissa sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>ss</sub>	ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>si</sub>	ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
X <sub>g</sub>	ascissa del baricentro della striscia espressa in m
Y <sub>g</sub>	ordinata del baricentro della striscia espressa in m
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
φ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa
L	sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa
W	peso della striscia espresso in kg
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kg
N	sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E <sub>s</sub> , E <sub>d</sub>	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X <sub>s</sub> , X <sub>d</sub>	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2**

Numero di strisce	27	
Coordinate del centro	X[m]= 44.44	Y[m]= 164.88
Raggio del cerchio	R[m]= 48.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 13.72	Y <sub>v</sub> [m]= 128.00
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 86.71	Y <sub>m</sub> [m]= 142.14
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub> = 1.131	

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	13.72	128.00	128.00	16.30	128.00	125.99	15.44	127.33	3.27	-37.84	0.00	55
2	16.30	128.00	125.99	18.89	128.00	124.25	17.73	126.51	3.12	-34.02	0.00	55
3	18.89	128.00	124.25	22.47	128.95	122.21	20.85	125.83	4.12	-29.70	0.00	55
4	22.47	128.95	122.21	26.04	129.91	120.55	24.35	125.39	3.94	-24.89	0.00	55
5	26.04	129.91	120.55	29.62	130.86	119.23	27.89	125.13	3.81	-20.26	0.00	55
6	29.62	130.86	119.23	33.19	131.81	118.22	31.45	125.03	3.72	-15.77	0.00	55
7	33.19	131.81	118.22	36.77	132.77	117.50	35.02	125.08	3.65	-11.37	0.00	55
8	36.77	132.77	117.50	40.35	133.72	117.05	38.58	125.26	3.60	-7.04	0.00	55
9	40.35	133.72	117.05	43.92	134.68	116.88	42.15	125.59	3.58	-2.75	0.00	55
10	43.92	134.68	116.88	47.50	135.63	116.98	45.73	126.04	3.58	1.52	0.00	55
11	47.50	135.63	116.98	51.08	136.58	117.34	49.30	126.63	3.59	5.80	0.00	55
12	51.08	136.58	117.34	54.65	137.54	117.98	52.87	127.36	3.63	10.11	0.00	55
13	54.65	137.54	117.98	58.23	138.49	118.90	56.44	128.23	3.69	14.49	0.00	55
14	58.23	138.49	118.90	61.80	139.44	120.13	60.01	129.24	3.78	18.95	0.00	55
15	61.80	139.44	120.13	65.38	140.40	121.69	63.58	130.41	3.90	23.54	0.00	55
16	65.38	140.40	121.69	66.20	140.62	122.10	65.79	131.20	0.92	26.41	0.00	55
17	66.20	140.62	122.10	66.70	140.75	122.35	66.45	131.45	0.56	27.29	0.00	55
18	66.70	140.75	122.35	68.29	141.17	123.22	67.49	131.87	1.81	28.71	0.00	55
19	68.29	141.17	123.22	69.01	141.37	123.65	68.65	132.35	0.83	30.29	0.00	55
20	69.01	141.37	123.65	69.67	141.54	124.05	69.34	132.65	0.77	31.25	0.00	55
21	69.67	141.54	124.05	71.20	141.95	125.03	70.43	133.14	1.82	32.80	0.00	55
22	71.20	141.95	125.03	73.73	142.63	126.85	72.45	134.11	3.12	35.74	0.00	48
23	73.73	142.63	126.85	76.26	143.30	128.94	74.98	135.42	3.28	39.56	0.00	44
24	76.26	143.30	128.94	79.57	143.30	132.17	77.85	136.89	4.62	44.28	0.00	44
25	79.57	143.30	132.17	81.76	143.30	134.69	80.62	138.34	3.34	49.04	0.00	44
26	81.76	143.30	134.69	84.23	142.72	138.04	82.88	139.62	4.16	53.52	0.00	44
27	84.23	142.72	138.04	86.71	142.14	142.14	85.06	140.96	4.79	58.86	0.00	44

**Forze applicate sulle strisce [FELLENIOUS]**

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	6071	0	4795	16238	0	0	0	0	0	
2	17418	0	14437	15472	0	0	0	0	0	
3	43541	0	37820	20415	0	0	0	0	0	
4	66269	0	60113	19548	0	0	0	0	0	
5	85989	0	80668	18902	0	0	0	0	0	
6	102994	0	99119	18426	0	0	0	0	0	
7	117489	0	115182	18088	0	0	0	0	0	
8	129610	0	128632	17867	0	0	0	0	0	
9	139444	0	139283	17753	0	0	0	0	0	
10	147037	0	146985	17739	0	0	0	0	0	
11	152392	0	151612	17824	0	0	0	0	0	
12	155478	0	153061	18012	0	0	0	0	0	
13	156220	0	151252	18315	0	0	0	0	0	
14	154497	0	146123	18749	0	0	0	0	0	
15	150126	0	137637	19341	0	0	0	0	0	
16	33560	0	30057	4540	0	0	0	0	0	
17	20255	0	18000	2790	0	0	0	0	0	
18	63227	0	55454	8989	0	0	0	0	0	
19	28005	0	24181	4135	0	0	0	0	0	
20	25289	0	21620	3828	0	0	0	0	0	
21	57082	0	47983	9025	0	0	0	0	0	
22	89166	0	72371	13351	0	0	0	0	0	
23	82065	0	63265	12976	0	0	0	0	0	
24	90710	12909	74180	18281	0	0	0	0	0	
25	46393	8541	36012	13209	0	0	0	0	0	
26	35198	0	20928	16456	0	0	0	0	0	
27	12386	0	6406	18920	0	0	0	0	0	

**Forze applicate sulle strisce [BISHOP]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	6071	0	20302	16238	0	0	25278	0	0	
2	17418	0	31461	15472	0	25278	55706	0	0	
3	43541	0	61773	20415	0	55706	104046	0	0	
4	66269	0	82125	19548	0	104046	156344	0	0	
5	85989	0	98638	18902	0	156344	208236	0	0	
6	102994	0	112224	18426	0	208236	256463	0	0	
7	117489	0	123479	18088	0	256463	298542	0	0	
8	129610	0	132802	17867	0	298542	332558	0	0	
9	139444	0	140460	17753	0	332558	357040	0	0	
10	147037	0	146618	17739	0	357040	370887	0	0	
11	152392	0	151366	17824	0	370887	373323	0	0	
12	155478	0	154719	18012	0	373323	363884	0	0	
13	156220	0	156619	18315	0	363884	342434	0	0	
14	154497	0	156913	18749	0	342434	309210	0	0	
15	150126	0	155325	19341	0	309210	264917	0	0	
16	33560	0	35216	4540	0	264917	253318	0	0	
17	20255	0	21353	2790	0	253318	246006	0	0	
18	63227	0	67167	8989	0	246006	221623	0	0	
19	28005	0	30017	4135	0	221623	210052	0	0	
20	25289	0	27258	3828	0	210052	199184	0	0	
21	57082	0	62091	9025	0	199184	173138	0	0	
22	89166	0	100251	13351	0	173138	125412	0	0	
23	82065	0	95730	12976	0	125412	74441	0	0	
24	90710	12909	126910	18281	0	74441	-1081	0	0	
25	46393	8541	68582	13209	0	-1081	-44211	0	0	
26	35198	0	36944	16456	0	-44211	-64130	0	0	
27	12386	0	-7363	18920	0	-64130	-48044	0	0	

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

FELLENIOUS	1.131 [caso A2M2]
BISHOP	1.131 [caso A2M2]

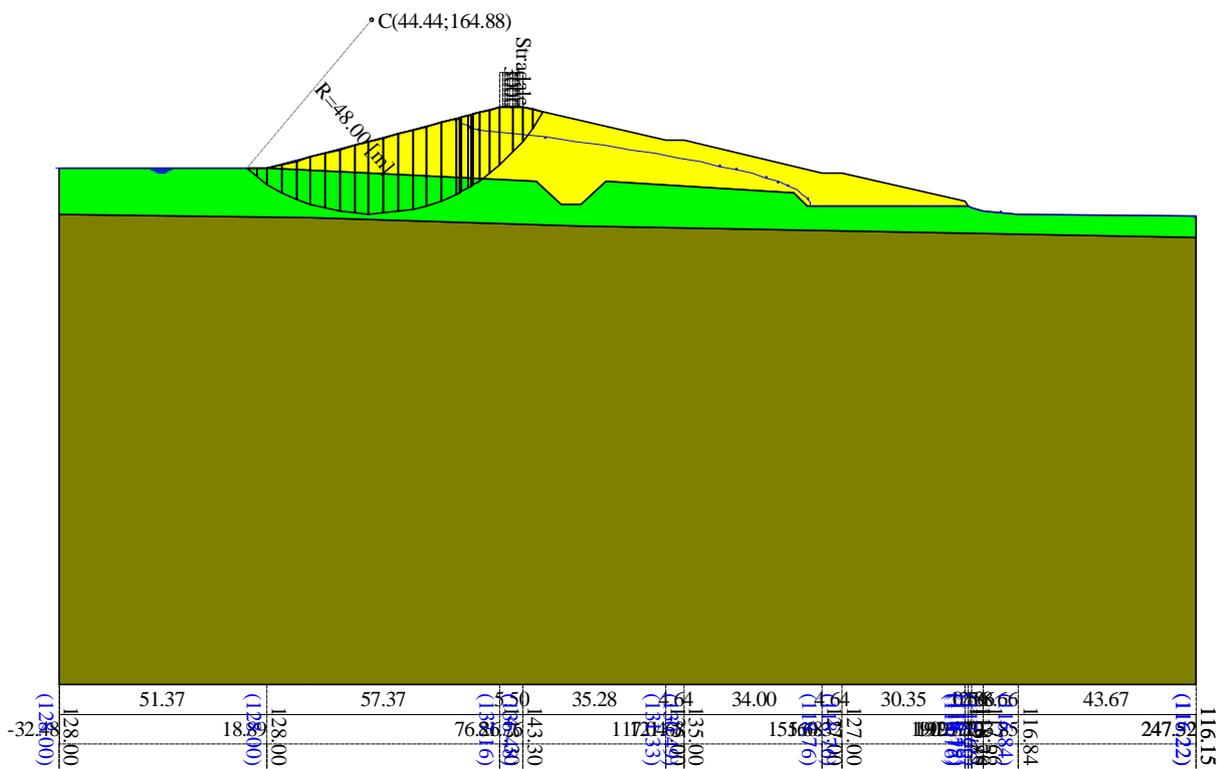


Figura 13 – Risultati verifica 06 secondo DM 26 Giugno 2014 – cerchio critico con i metodi di Bishop e Fellenius

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

**8.1.10 VERIFICA 07 – Paramento di valle, fine costruzione, condizioni drenate, senza sisma**

**Dati**

Descrizione terreno

*Simbologia adottata*

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
<i>c</i>	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	<i>c'</i> [kPa]
1	SUBSTRATO	2310	2337	24.80	22.3
2	CORPO DIGA	2140	2161	24.50	11.8
3	FONDAZIONE	2039	2131	25.00	50.0

Profilo del piano campagna

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

<i>Nr.</i>	Identificativo del punto
<i>X</i>	Ascissa del punto del profilo espressa in m
<i>Y</i>	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	-32.48	116.15
2	11.19	116.84
3	19.85	117.66
4	22.71	118.20
5	23.27	118.76
6	24.37	119.85
7	54.72	127.00
8	59.36	127.00
9	93.36	135.00
10	98.00	135.00
11	133.28	143.30
12	138.78	143.30
13	196.15	128.00
14	247.52	128.00

Descrizione stratigrafia

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (FONDAZIONE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	-32.48	110.85
2	-32.48	0.00
3	247.52	0.00
4	247.51	116.72

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

n°	X	Y
	[m]	[m]
5	185.00	116.00
6	120.00	114.00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (CORPO DIGA)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	23.27	118.76
2	34.18	118.76
3	42.84	118.76
4	63.28	118.76
5	66.43	121.91
6	112.84	125.04
7	118.84	119.04
8	123.84	119.04
9	129.84	125.04
10	196.15	128.00
11	138.78	143.30
12	133.28	143.30
13	98.00	135.00
14	93.36	135.00
15	59.36	127.00
16	54.72	127.00
17	24.37	119.85

Strato N° 3 costituito da terreno n° 1 (SUBSTRATO)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	247.51	116.72
2	247.52	128.00
3	196.15	128.00
4	129.84	125.04
5	123.84	119.04
6	118.84	119.04
7	112.84	125.04
8	66.43	121.91
9	63.28	118.76
10	42.84	118.76
11	34.18	118.76
12	23.27	118.76
13	22.71	118.20
14	19.85	117.66
15	11.19	116.84
16	-32.48	116.15
17	-32.48	110.85
18	120.00	114.00
19	185.00	116.00

Descrizione falda

*Livello di falda*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.48	116.22
2	11.19	116.84
3	15.52	117.25
4	19.85	117.66
5	22.71	118.19
6	23.28	118.76
7	62.98	118.66
8	66.28	122.12
9	111.62	124.64

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

n°	X	Y
	[m]	[m]
10	130.18	124.94
11	196.15	128.00
12	247.52	128.00

### Carichi sul profilo

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Carichi distribuiti

$X_i, X_f$  Ascissa iniziale e finale del carico espressa in [m]

$V_{X_i}, V_{X_f}, V_{Y_i}, V_{Y_f}$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

### Carichi distribuiti

n°	Descrizione	$X_i$	$X_f$	$V_{Y_i}$	$V_{Y_f}$	$V_{X_i}$	$V_{X_f}$
		[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]
1	Stradale	138.78	133.28	3000	3000	0	0

### Dati normativa

#### Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

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

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.25
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.25	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1.60	1.60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto 1.10

### Impostazioni delle superfici di rottura

#### Superfici di rottura circolari

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia [m]  $X_0 = 12.78$   $Y_0 = 143.30$   
 Passo maglia [m]  $dX = 2.00$   $dY = 2.00$   
 Numero passi  $N_x = 64$   $N_y = 16$   
 Raggio [m]  $R = 10.00$

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=2.00$  [m] ed un numero di incrementi pari a 40

### Opzioni di calcolo

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- FELLENIUS
- BISHOP

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri caratteristici [PC];
- Parametri di progetto [A2-M2]
- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

### Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

### Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	53558
Coefficiente di sicurezza minimo	2.108
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	2177

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
FELLENIUS	53558	1.832	1	-47.651	53558
BISHOP	53558	2.108	2177	-74.747	53558

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

F<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

caso caso di calcolo

Metodo di FELLENIUS (F)

Metodo di BISHOP (B)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	56.78	173.30	88.00	-10.43	139.44	4545.58	1.832 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.357 (B)	--	--
2	C	56.78	173.30	86.00	-7.83	137.38	4185.26	1.833 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.332 (B)	--	--
3	C	58.78	173.30	88.00	-8.46	141.27	4598.79	1.833 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.358 (B)	--	--
4	C	58.78	171.30	88.00	-10.08	141.92	4898.81	1.833 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.397 (B)	--	--

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
5	C	54.78	173.30	88.00	-12.41	137.51	4493.17	1.834 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.359 (B)	--	--
6	C	58.78	171.30	86.00	-7.54	139.98	4530.98	1.834 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.373 (B)	--	--
7	C	54.78	173.30	86.00	-9.80	135.38	4131.08	1.835 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.334 (B)	--	--
8	C	56.78	171.30	86.00	-9.51	138.09	4476.81	1.835 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.374 (B)	--	--
9	C	58.78	169.30	86.00	-9.12	140.60	4826.53	1.835 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.415 (B)	--	--
10	C	56.78	171.30	84.00	-6.93	135.98	4120.48	1.835 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.348 (B)	--	--
11	C	56.78	171.30	88.00	-12.05	140.09	4846.94	1.835 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.400 (B)	--	--
12	C	54.78	171.30	86.00	-11.49	136.09	4424.78	1.835 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.375 (B)	--	--
13	C	58.78	167.30	86.00	-10.61	141.17	5126.46	1.836 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.458 (B)	--	--
14	C	56.78	169.30	84.00	-8.58	136.65	4407.53	1.836 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.390 (B)	--	--
15	C	60.78	171.30	86.00	-5.56	141.81	4583.16	1.837 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.377 (B)	--	--
16	C	58.78	173.30	86.00	-5.86	139.32	4238.60	1.837 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.338 (B)	--	--
17	C	56.78	169.30	86.00	-11.10	138.76	4772.49	1.837 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.417 (B)	--	--
18	C	56.78	169.30	88.00	-13.58	140.69	5152.61	1.837 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.443 (B)	--	--
19	C	56.78	173.30	84.00	-5.18	135.24	3837.71	1.837 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.312 (B)	--	--
20	C	58.78	169.30	88.00	-11.61	142.54	5203.75	1.837 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.442 (B)	--	--
21	C	58.78	171.30	84.00	-4.96	137.98	4173.45	1.837 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.352 (B)	--	--
22	C	58.78	173.30	84.00	-3.21	137.24	3891.14	1.838 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.315 (B)	--	--
23	C	60.78	167.30	84.00	-6.17	141.09	4805.54	1.839 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.436 (B)	--	--
24	C	60.78	173.30	88.00	-6.49	143.08	4650.57	1.839 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.364 (B)	--	--
25	C	60.78	173.30	86.00	-3.88	141.14	4292.32	1.839 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.341 (B)	--	--
26	C	60.78	169.30	86.00	-7.14	142.44	4879.20	1.839 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.419 (B)	--	--
27	C	54.78	169.30	86.00	-13.07	136.76	4721.16	1.839 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.420 (B)	--	--
28	C	54.78	171.30	88.00	-14.03	138.21	4793.48	1.839 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.405 (B)	--	--
29	C	56.78	167.30	84.00	-10.12	137.28	4698.95	1.839 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.436 (B)	--	--
30	C	60.78	171.30	84.00	-2.98	139.87	4226.05	1.839 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.356 (B)	--	--

**Analisi della superficie critica**

**Simbologia adottata**

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

- N° numero d'ordine della striscia
- X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
- X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m
- Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m
- α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
- φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
- c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa
- L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa
- W peso della striscia espressa in kg
- Q carico applicato sulla striscia espressa in kg
- N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
- T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg  
 E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg  
 X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg  
 ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 2177

**Analisi della superficie 2177 - coefficienti parziali caso A2M2**

Numero di strisce 25  
 Coordinate del centro X[m]= 26.78 Y[m]= 151.30  
 Raggio del cerchio R[m]= 38.00  
 Intersezione a valle con il profilo topografico X<sub>v</sub>[m]= 10.78 Y<sub>v</sub>[m]= 116.83  
 Intersezione a monte con il profilo topografico X<sub>m</sub>[m]= 55.99 Y<sub>m</sub>[m]= 127.00  
 Coefficiente di sicurezza F<sub>s</sub>= 2.108

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>q</sub> [m]	Y <sub>q</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	10.78	116.83	116.83	11.19	116.84	116.65	11.05	116.77	0.45	-24.56	20.29	18
2	11.19	116.84	116.65	13.35	117.05	115.75	12.54	116.53	2.34	-22.46	20.29	18
3	13.35	117.05	115.75	15.52	117.25	115.01	14.53	116.25	2.29	-18.96	20.29	18
4	15.52	117.25	115.01	17.68	117.45	114.40	16.66	116.02	2.25	-15.54	20.29	18
5	17.68	117.45	114.40	19.85	117.66	113.94	18.80	115.86	2.21	-12.18	20.29	18
6	19.85	117.66	113.94	21.28	117.93	113.70	20.58	115.81	1.45	-9.42	20.29	18
7	21.28	117.93	113.70	22.71	118.20	113.52	22.01	115.84	1.44	-7.24	20.29	18
8	22.71	118.20	113.52	23.27	118.76	113.46	23.00	115.99	0.57	-5.72	20.29	18
9	23.27	118.76	113.46	23.28	118.77	113.46	23.28	116.11	0.01	-5.29	20.29	18
10	23.28	118.77	113.46	24.37	119.85	113.38	23.84	116.37	1.09	-4.46	20.29	18
11	24.37	119.85	113.38	26.54	120.36	113.30	25.47	116.72	2.17	-2.00	20.29	18
12	26.54	120.36	113.30	28.71	120.87	113.35	27.63	116.97	2.17	1.27	20.29	18
13	28.71	120.87	113.35	30.87	121.38	113.52	29.80	117.28	2.17	4.54	20.29	18
14	30.87	121.38	113.52	33.04	121.89	113.82	31.96	117.65	2.19	7.83	20.29	18
15	33.04	121.89	113.82	35.21	122.40	114.25	34.13	118.09	2.21	11.15	20.29	18
16	35.21	122.40	114.25	37.38	122.91	114.81	36.29	118.59	2.24	14.50	20.29	18
17	37.38	122.91	114.81	39.54	123.42	115.51	38.46	119.16	2.28	17.91	20.29	18
18	39.54	123.42	115.51	41.71	123.94	116.36	40.62	119.80	2.33	21.38	20.29	18
19	41.71	123.94	116.36	43.88	124.45	117.37	42.78	120.52	2.39	24.94	20.29	18
20	43.88	124.45	117.37	46.05	124.96	118.55	44.95	121.32	2.47	28.61	20.29	18
21	46.05	124.96	118.55	48.22	125.47	119.92	47.11	122.21	2.57	32.40	20.07	11
22	48.22	125.47	119.92	50.38	125.98	121.52	49.26	123.20	2.69	36.37	20.03	9
23	50.38	125.98	121.52	52.55	126.49	123.38	51.40	124.31	2.85	40.55	20.03	9
24	52.55	126.49	123.38	54.72	127.00	125.54	53.50	125.52	3.07	45.02	20.03	9
25	54.72	127.00	125.54	55.99	127.00	127.00	55.14	126.51	1.94	48.79	20.03	9

**Forze applicate sulle strisce [FELLENIOUS]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	94	0	41	426	44	0	0	0	0	
2	3767	0	1753	2496	1729	0	0	0	0	
3	8950	0	4451	2953	4014	0	0	0	0	
4	13393	0	7007	3395	5895	0	0	0	0	
5	17135	0	9315	3798	7434	0	0	0	0	
6	13288	0	7540	2757	5569	0	0	0	0	
7	14890	0	8572	2944	6199	0	0	0	0	
8	6569	0	5126	1487	1410	0	0	0	0	
9	81	0	63	18	18	0	0	0	0	
10	14884	0	9001	2702	5838	0	0	0	0	
11	33768	0	22000	6140	11748	0	0	0	0	
12	36231	0	24460	6601	11762	0	0	0	0	
13	38065	0	26401	6972	11545	0	0	0	0	
14	39265	0	27809	7249	11090	0	0	0	0	
15	39819	0	28684	7433	10384	0	0	0	0	
16	39709	0	29038	7527	9405	0	0	0	0	
17	38905	0	28900	7537	8120	0	0	0	0	

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
18	37373	0	28319	7474	6481	0	0	0	0	
19	35061	0	27368	7353	4422	0	0	0	0	
20	31904	0	26160	7199	1850	0	0	0	0	
21	28007	0	23645	5821	0	0	0	0	0	
22	23203	0	18683	4780	0	0	0	0	0	
23	17566	0	13347	3870	0	0	0	0	0	
24	10601	0	7494	2889	0	0	0	0	0	
25	1986	0	1309	1189	0	0	0	0	0	

**Forze applicate sulle strisce [BISHOP]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	94	0	258	436	44	0	522	0	0	
2	3767	0	3432	2623	1729	522	4917	0	0	
3	8950	0	6522	3119	4014	4917	11290	0	0	
4	13393	0	8983	3514	5895	11290	18662	0	0	
5	17135	0	10921	3826	7434	18662	26274	0	0	
6	13288	0	8351	2715	5569	26274	31229	0	0	
7	14890	0	9173	2852	6199	31229	35994	0	0	
8	6569	0	5335	1424	1410	35994	38083	0	0	
9	81	0	66	17	18	38083	38108	0	0	
10	14884	0	9292	2572	5838	38108	41850	0	0	
11	33768	0	22243	5771	11748	41850	48804	0	0	
12	36231	0	24342	6139	11762	48804	54141	0	0	
13	38065	0	26127	6457	11545	54141	57593	0	0	
14	39265	0	27619	6730	11090	57593	58984	0	0	
15	39819	0	28829	6961	10384	58984	58231	0	0	
16	39709	0	29761	7150	9405	58231	55344	0	0	
17	38905	0	30409	7297	8120	55344	50438	0	0	
18	37373	0	30757	7401	6481	50438	43753	0	0	
19	35061	0	30776	7459	4422	43753	35673	0	0	
20	31904	0	30420	7464	1850	35673	26775	0	0	
21	28007	0	29122	6380	0	26775	16555	0	0	
22	23203	0	24758	5510	0	16555	6310	0	0	
23	17566	0	19168	4617	0	6310	-2644	0	0	
24	10601	0	11590	3404	0	-2644	-8435	0	0	
25	1986	0	1675	1173	0	-8435	-8922	0	0	

Figura 14 – Risultati verifica 07 secondo DM 26 Giugno 2014 – cerchio critico con il metodo di Bishop

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

**8.1.11 VERIFICA 08 – Paramento di valle, fine costruzione, condizioni non drenate, senza sisma**

**Dati**

Descrizione terreno

*Simbologia adottata*

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi_u$ [°]	$c_u$ [kPa]
1	SUBSTRATO	2310	2337	0.00	77.0
2	CORPO DIGA	2140	2161	0.00	61.4
3	FONDAZIONE	2039	2131	0.00	150.0

Profilo del piano campagna

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

<i>Nr.</i>	Identificativo del punto
$X$	Ascissa del punto del profilo espressa in m
$Y$	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	-32.48	116.15
2	11.19	116.84
3	19.85	117.66
4	22.71	118.20
5	23.27	118.76
6	24.37	119.85
7	54.72	127.00
8	59.36	127.00
9	93.36	135.00
10	98.00	135.00
11	133.28	143.30
12	138.78	143.30
13	196.15	128.00
14	247.52	128.00

Descrizione stratigrafia

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (FONDAZIONE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	-32.48	110.85
2	-32.48	0.00
3	247.52	0.00
4	247.51	116.72
5	185.00	116.00

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

n°	X	Y
	[m]	[m]
6	120.00	114.00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (CORPO DIGA)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	23.27	118.76
2	34.18	118.76
3	42.84	118.76
4	63.28	118.76
5	66.43	121.91
6	112.84	125.04
7	118.84	119.04
8	123.84	119.04
9	129.84	125.04
10	196.15	128.00
11	138.78	143.30
12	133.28	143.30
13	98.00	135.00
14	93.36	135.00
15	59.36	127.00
16	54.72	127.00
17	24.37	119.85

Strato N° 3 costituito da terreno n° 1 (SUBSTRATO)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	247.51	116.72
2	247.52	128.00
3	196.15	128.00
4	129.84	125.04
5	123.84	119.04
6	118.84	119.04
7	112.84	125.04
8	66.43	121.91
9	63.28	118.76
10	42.84	118.76
11	34.18	118.76
12	23.27	118.76
13	22.71	118.20
14	19.85	117.66
15	11.19	116.84
16	-32.48	116.15
17	-32.48	110.85
18	120.00	114.00
19	185.00	116.00

Descrizione falda

*Livello di falda*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.48	116.22
2	11.19	116.84
3	15.52	117.25
4	19.85	117.66
5	22.71	118.19
6	23.28	118.76
7	62.98	118.66
8	66.28	122.12
9	111.62	124.64
10	130.18	124.94

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

n°	X	Y
	[m]	[m]
11	196.15	128.00
12	247.52	128.00

### Carichi sul profilo

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Carichi distribuiti

$X_i, X_f$  Ascissa iniziale e finale del carico espressa in [m]

$V_{X_i}, V_{X_f}, V_{Y_i}, V_{Y_f}$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

### Carichi distribuiti

n°	Descrizione	$X_i$	$X_f$	$V_{Y_i}$	$V_{Y_f}$	$V_{X_i}$	$V_{X_f}$
		[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]
1	Stradale	138.78	133.28	3000	3000	0	0

### Dati normativa

#### Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

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

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gs fav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qs fav}$	1.30	1.00

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.25
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.25	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1.60	1.60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto 1.10

### Impostazioni delle superfici di rottura

#### Superfici di rottura circolari

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 12.78$	$Y_0 = 143.30$
Passo maglia	[m]	$dX = 2.00$	$dY = 2.00$
Numero passi		$N_x = 64$	$N_y = 16$
Raggio	[m]	$R = 10.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=2.00$  [m] ed un numero di incrementi pari a 40

### Opzioni di calcolo

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- FELLENIUS
- BISHOP

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri caratteristici [PC];
- Parametri di progetto [A2-M2]
- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni totali**

Presenza di carichi distribuiti

### Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

### Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	53558
Coefficiente di sicurezza minimo	1.156
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
FELLENIUS	53558	1.156	1	-27.119	53558
BISHOP	53558	1.156	1	-27.119	53558

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N°	numero d'ordine della superficie cerchio
C <sub>x</sub>	ascissa x del centro [m]
C <sub>y</sub>	ordinata y del centro [m]
R	raggio del cerchio espresso in m
x <sub>v</sub>	ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m
x <sub>m</sub>	ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m
V	volume interessato dalla superficie espresso [mc]
F <sub>s</sub>	coefficiente di sicurezza
caso	caso di calcolo

Metodo di FELLENIUS (F)

Metodo di BISHOP (B)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	86.78	173.30	60.00	50.01	138.74	1300.68	1.156 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.156 (B)	--	--
2	C	84.78	173.30	60.00	48.48	136.74	1265.22	1.161 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.161 (B)	--	--
3	C	86.78	171.30	58.00	50.54	137.57	1272.27	1.169 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.169 (B)	--	--
4	C	94.78	173.30	58.00	59.73	143.62	1230.07	1.171 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.171 (B)	--	--
5	C	92.78	173.30	58.00	57.85	141.91	1199.48	1.176 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.176 (B)	--	--
6	C	88.78	173.30	60.00	51.54	140.48	1334.79	1.176 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.176 (B)	--	--

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
7	C	84.78	171.30	58.00	49.00	135.57	1238.28	1.177 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.177 (B)	--	--
8	C	96.78	173.30	58.00	61.26	145.32	1259.03	1.181 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.181 (B)	--	--
9	C	94.78	171.30	56.00	60.25	142.66	1205.66	1.181 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.181 (B)	--	--
10	C	86.78	169.30	56.00	51.09	136.38	1244.61	1.182 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.182 (B)	--	--
11	C	82.78	173.30	60.00	46.95	134.74	1229.29	1.185 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.185 (B)	--	--
12	C	92.78	171.30	56.00	58.52	140.94	1175.02	1.185 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.185 (B)	--	--
13	C	96.78	171.30	56.00	61.80	144.38	1235.08	1.187 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.187 (B)	--	--
14	C	90.78	173.30	58.00	55.85	140.19	1168.11	1.188 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.188 (B)	--	--
15	C	88.78	171.30	58.00	52.09	139.47	1307.09	1.189 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.189 (B)	--	--
16	C	94.78	169.30	54.00	60.79	141.68	1180.85	1.192 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.192 (B)	--	--
17	C	96.78	169.30	54.00	62.35	143.41	1210.44	1.194 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.194 (B)	--	--
18	C	90.78	173.30	60.00	53.09	142.20	1367.36	1.195 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.195 (B)	--	--
19	C	86.78	167.30	54.00	51.66	135.15	1215.62	1.196 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.196 (B)	--	--
20	C	62.78	163.30	88.00	-11.73	147.87	6243.58	1.197 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.197 (B)	--	--
21	C	84.78	169.30	56.00	49.54	134.38	1210.09	1.197 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.197 (B)	--	--
22	C	62.78	165.30	88.00	-10.45	147.36	5927.80	1.198 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.198 (B)	--	--
23	C	64.78	163.30	88.00	-9.75	149.74	6291.32	1.198 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.198 (B)	--	--
24	C	64.78	165.30	88.00	-8.47	149.22	5975.91	1.198 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.198 (B)	--	--
25	C	62.78	161.30	88.00	-12.94	148.35	6562.56	1.198 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.198 (B)	--	--
26	C	92.78	169.30	54.00	59.21	139.94	1149.64	1.199 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.199 (B)	--	--
27	C	64.78	167.30	88.00	-7.11	148.65	5663.94	1.199 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.199 (B)	--	--
28	C	64.78	161.30	88.00	-10.96	150.22	6609.91	1.199 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.199 (B)	--	--
29	C	62.78	167.30	88.00	-9.09	146.81	5615.45	1.200 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.200 (B)	--	--
30	C	66.78	165.30	88.00	-6.49	151.07	6022.49	1.201 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.201 (B)	--	--

**Analisi della superficie critica**

*Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

- N° numero d'ordine della striscia
- X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
- X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m
- Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m
- α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
- φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
- c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa
- L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa
- W peso della striscia espressa in kg
- Q carico applicato sulla striscia espressa in kg
- N sforzo normale alla base della striscia espressa in kg
- T sforzo tangenziale alla base della striscia espressa in kg
- U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
- E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra esprese in kg
- X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra esprese in kg
- ID Indice della superficie interessata dall'intervento

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2**

Numero di strisce	27	
Coordinate del centro	X[m]= 86.78	Y[m]= 173.30
Raggio del cerchio	R[m]= 60.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 50.01	Y <sub>v</sub> [m]= 125.89
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 138.74	Y <sub>m</sub> [m]= 143.30
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub> = 1.156	

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>q</sub> [m]	Y <sub>q</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	50.01	125.89	125.89	52.36	126.44	124.15	51.58	125.50	2.93	-36.40	0.00	44
2	52.36	126.44	124.15	54.72	127.00	122.58	53.67	125.02	2.83	-33.65	0.00	44
3	54.72	127.00	122.58	57.04	127.00	121.19	55.93	124.43	2.71	-31.01	0.00	44
4	57.04	127.00	121.19	59.36	127.00	119.93	58.24	123.77	2.64	-28.45	0.00	44
5	59.36	127.00	119.93	62.98	127.85	118.22	61.26	123.24	4.00	-25.28	0.00	47
6	62.98	127.85	118.22	63.28	127.92	118.09	63.13	123.02	0.33	-23.21	0.00	55
7	63.28	127.92	118.09	66.28	128.63	116.91	64.82	122.89	3.22	-21.52	0.00	55
8	66.28	128.63	116.91	70.15	129.54	115.65	68.27	122.68	4.07	-18.04	0.00	55
9	70.15	129.54	115.65	74.02	130.45	114.67	72.12	122.58	3.99	-14.19	0.00	55
10	74.02	130.45	114.67	77.89	131.36	113.96	75.98	122.61	3.93	-10.40	0.00	55
11	77.89	131.36	113.96	81.75	132.27	113.51	79.84	122.78	3.89	-6.66	0.00	55
12	81.75	132.27	113.51	85.62	133.18	113.31	83.71	123.07	3.87	-2.96	0.00	55
13	85.62	133.18	113.31	89.49	134.09	113.36	87.57	123.49	3.87	0.74	0.00	70
14	89.49	134.09	113.36	93.36	135.00	113.66	91.43	124.03	3.88	4.44	0.00	57
15	93.36	135.00	113.66	95.68	135.00	113.96	94.52	124.41	2.34	7.41	0.00	55
16	95.68	135.00	113.96	98.00	135.00	114.36	96.84	124.58	2.35	9.65	0.00	55
17	98.00	135.00	114.36	101.40	135.80	115.11	99.70	125.07	3.49	12.44	0.00	55
18	101.40	135.80	115.11	104.81	136.60	116.07	103.11	125.90	3.54	15.80	0.00	55
19	104.81	136.60	116.07	108.21	137.40	117.26	106.51	126.83	3.61	19.21	0.00	55
20	108.21	137.40	117.26	111.62	138.20	118.68	109.91	127.88	3.69	22.69	0.00	55
21	111.62	138.20	118.68	115.95	139.22	120.87	113.76	129.24	4.85	26.77	0.00	55
22	115.95	139.22	120.87	120.28	140.24	123.53	118.08	130.95	5.08	31.52	0.00	46
23	120.28	140.24	123.53	124.62	141.26	126.73	122.40	132.92	5.39	36.52	0.00	44
24	124.62	141.26	126.73	128.95	142.28	130.62	126.70	135.18	5.82	41.87	0.00	44
25	128.95	142.28	130.62	133.28	143.30	135.38	130.98	137.80	6.44	47.73	0.00	44
26	133.28	143.30	135.38	136.01	143.30	139.00	134.51	140.16	4.53	52.97	0.00	44
27	136.01	143.30	139.00	138.74	143.30	143.30	136.92	141.87	5.09	57.57	0.00	44

**Forze applicate sulle strisce [FELLIUS]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	5781	0	4653	11325	0	0	0	0	0	
2	16916	0	14082	10950	0	0	0	0	0	
3	25388	0	21760	10470	0	0	0	0	0	
4	31970	0	28108	10207	0	0	0	0	0	
5	65364	0	59103	16724	0	0	0	0	0	
6	6277	0	5769	1583	0	0	0	0	0	
7	70814	0	65879	15643	0	0	0	0	0	
8	110384	0	104960	19735	0	0	0	0	0	
9	128231	0	124320	19356	0	0	0	0	0	
10	143593	0	141233	19079	0	0	0	0	0	
11	156578	0	155520	18893	0	0	0	0	0	
12	167255	0	167033	18791	0	0	0	0	0	
13	176497	0	176482	23813	0	0	0	0	0	
14	182695	0	182146	19505	0	0	0	0	0	
15	110295	0	109373	11349	0	0	0	0	0	
16	108469	0	106933	11416	0	0	0	0	0	
17	157699	0	153995	16915	0	0	0	0	0	
18	156905	0	150978	17166	0	0	0	0	0	

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
19	154380	0	145784	17491	0	0	0	0	0	
20	150022	0	138407	17903	0	0	0	0	0	
21	179168	0	159960	23537	0	0	0	0	0	
22	162855	0	138830	20413	0	0	0	0	0	
23	144851	0	116410	20850	0	0	0	0	0	
24	121408	0	90403	22503	0	0	0	0	0	
25	90767	0	61054	24911	0	0	0	0	0	
26	35694	0	21496	17540	0	0	0	0	0	
27	12558	0	6735	19696	0	0	0	0	0	

**Forze applicate sulle strisce [BISHOP]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	5781	0	15531	11325	0	0	18332	0	0	
2	16916	0	27610	10950	0	18332	42747	0	0	
3	25388	0	35913	10470	0	42747	70220	0	0	
4	31970	0	41894	10207	0	70220	99155	0	0	
5	65364	0	80187	16724	0	99155	148522	0	0	
6	6277	0	7509	1583	0	148522	152937	0	0	
7	70814	0	82288	15643	0	152937	197673	0	0	
8	110384	0	122514	19735	0	197673	254370	0	0	
9	128231	0	137158	19356	0	254370	306751	0	0	
10	143593	0	149496	19079	0	306751	352512	0	0	
11	156578	0	159851	18893	0	352512	389831	0	0	
12	167255	0	168448	18791	0	389831	417280	0	0	
13	176497	0	176203	23813	0	417280	438808	0	0	
14	182695	0	181730	19505	0	438808	444176	0	0	
15	110295	0	109748	11349	0	444176	441270	0	0	
16	108469	0	108085	11416	0	441270	434399	0	0	
17	157699	0	157760	16915	0	434399	416924	0	0	
18	156905	0	158207	17166	0	416924	390371	0	0	
19	154380	0	157388	17491	0	390371	355104	0	0	
20	150022	0	155125	17903	0	355104	311773	0	0	
21	179168	0	188807	23537	0	311773	247736	0	0	
22	162855	0	178521	20413	0	247736	171812	0	0	
23	144851	0	164801	20850	0	171812	90495	0	0	
24	121408	0	142873	22503	0	90495	11886	0	0	
25	90767	0	107536	24911	0	11886	-50930	0	0	
26	35694	0	36018	17540	0	-50930	-69121	0	0	
27	12558	0	-7582	19696	0	-69121	-52159	0	0	

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

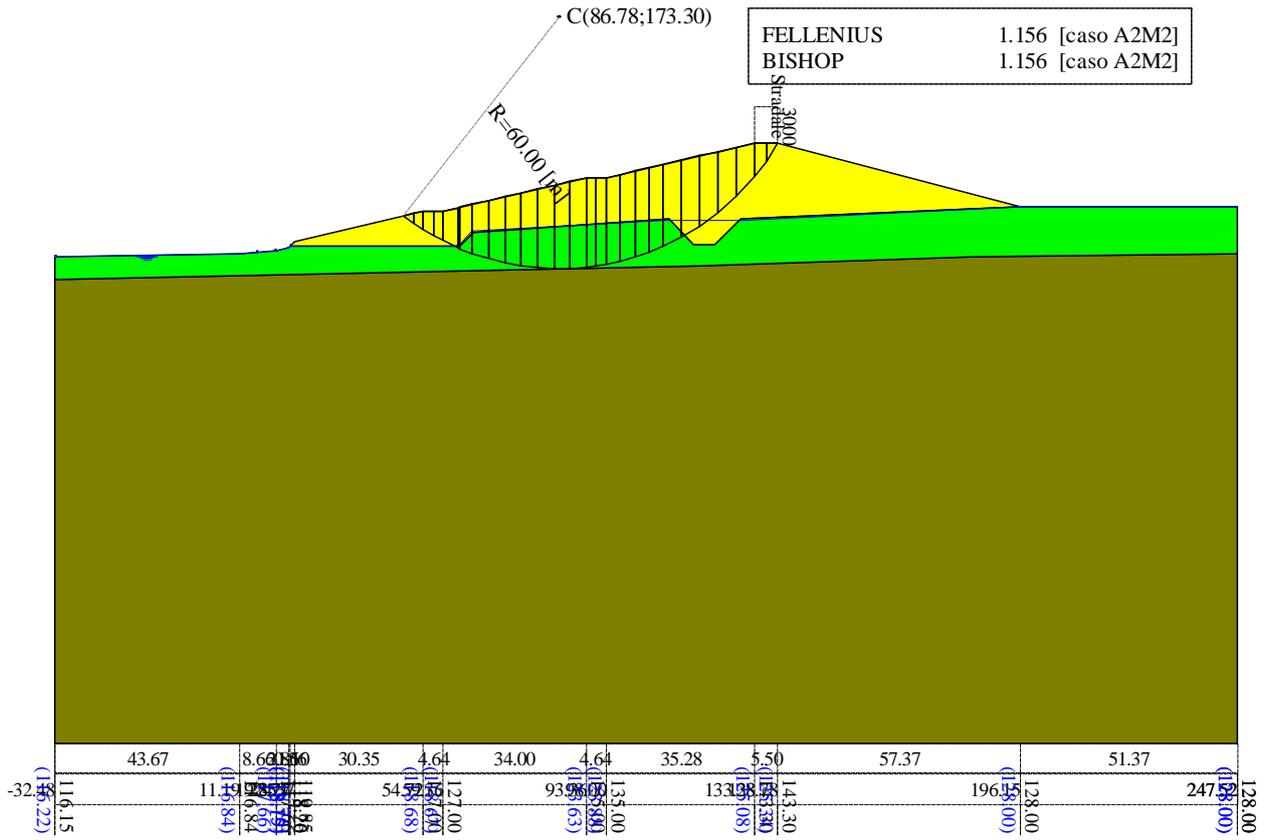


Figura 15 – Risultati verifica 08 secondo DM 26 Giugno 2014 – cerchio critico con i metodi di Bishop e Fellenius

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

**8.1.12 VERIFICA 09 – Paramento di valle, fine costruzione, condizioni non drenate, con sisma**

**Dati**

Descrizione terreno

*Simbologia adottata*

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi_u$ [°]	$c_u$ [kPa]
1	SUBSTRATO	2310	2337	0.00	77.0
2	CORPO DIGA	2140	2161	0.00	61.4
3	FONDAZIONE	2039	2131	0.00	150.0

Profilo del piano campagna

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	-32.48	116.15
2	11.19	116.84
3	19.85	117.66
4	22.71	118.20
5	23.27	118.76
6	24.37	119.85
7	54.72	127.00
8	59.36	127.00
9	93.36	135.00
10	98.00	135.00
11	133.28	143.30
12	138.78	143.30
13	196.15	128.00
14	247.52	128.00

Descrizione stratigrafia

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (FONDAZIONE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	-32.48	110.85
2	-32.48	0.00
3	247.52	0.00

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

n°	X	Y
	[m]	[m]
4	247.51	116.72
5	185.00	116.00
6	120.00	114.00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (CORPO DIGA)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	23.27	118.76
2	34.18	118.76
3	42.84	118.76
4	63.28	118.76
5	66.43	121.91
6	112.84	125.04
7	118.84	119.04
8	123.84	119.04
9	129.84	125.04
10	196.15	128.00
11	138.78	143.30
12	133.28	143.30
13	98.00	135.00
14	93.36	135.00
15	59.36	127.00
16	54.72	127.00
17	24.37	119.85

Strato N° 3 costituito da terreno n° 1 (SUBSTRATO)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	247.51	116.72
2	247.52	128.00
3	196.15	128.00
4	129.84	125.04
5	123.84	119.04
6	118.84	119.04
7	112.84	125.04
8	66.43	121.91
9	63.28	118.76
10	42.84	118.76
11	34.18	118.76
12	23.27	118.76
13	22.71	118.20
14	19.85	117.66
15	11.19	116.84
16	-32.48	116.15
17	-32.48	110.85
18	120.00	114.00
19	185.00	116.00

Descrizione falda

*Livello di falda*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.48	116.22
2	11.19	116.84
3	15.52	117.25
4	19.85	117.66
5	22.71	118.19
6	23.28	118.76
7	62.98	118.66
8	66.28	122.12

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

n°	X	Y
	[m]	[m]
9	111.62	124.64
10	130.18	124.94
11	196.15	128.00
12	247.52	128.00

### Carichi sul profilo

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Carichi distribuiti

X<sub>i</sub>, X<sub>f</sub> Ascissa iniziale e finale del carico espressa in [m]

V<sub>Xi</sub>, V<sub>Xf</sub>, V<sub>Yi</sub>, V<sub>Yf</sub> Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

### Carichi distribuiti

n°	Descrizione	X <sub>i</sub>	X <sub>f</sub>	V <sub>Yi</sub>	V <sub>Yf</sub>	V <sub>Xi</sub>	V <sub>Xf</sub>
		[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]
1	Stradale	138.78	133.28	3000	3000	0	0

### Dati zona sismica

Accelerazione al suolo a <sub>g</sub> =	2.167 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S <sub>s</sub> )	1.19
Coefficiente di amplificazione topografica (S <sub>t</sub> )	1.00
Coefficiente riduzione (β <sub>s</sub> )	1.00
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (per cento)	k <sub>h</sub> =(a <sub>g</sub> /g*β <sub>s</sub> *S <sub>t</sub> *S) = 26.24
Coefficiente di intensità sismica verticale (per cento)	k <sub>v</sub> =0.50 * k <sub>h</sub> = 13.12

### Dati normativa

#### Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

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

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	γ <sub>Gfav</sub>	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ <sub>Gsfav</sub>	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ <sub>Qfav</sub>	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ <sub>Qsfav</sub>	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	γ <sub>tanφ'</sub>	1.25	1.25
Coesione efficace	γ <sub>c'</sub>	1.25	1.25
Resistenza non drenata	γ <sub>qu</sub>	1.40	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	γ <sub>qu</sub>	1.60	1.60
Peso dell'unità di volume	γ <sub>r</sub>	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto 1.10

### Impostazioni delle superfici di rottura

#### Superfici di rottura circolari

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 12.78$	$Y_0 = 143.30$
Passo maglia	[m]	$dX = 2.00$	$dY = 2.00$
Numero passi		$N_x = 64$	$N_y = 16$
Raggio	[m]	$R = 10.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=2.00$  [m] ed un numero di incrementi pari a 40

### Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- FELLENIUS
- BISHOP

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **sisimiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri caratteristici [PC];
- Parametri di progetto [A2-M2]
- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni totali**

Presenza di carichi distribuiti

### Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

### Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	107116
Coefficiente di sicurezza minimo	0.472
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	$FS_{min}$	$S_{min}$	$FS_{max}$	$S_{max}$
FELLENIUS	107116	0.472	1	19.600	107116
BISHOP	107116	0.472	1	19.600	107116

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

$N^{\circ}$  numero d'ordine della superficie cerchio

$C_x$  ascissa x del centro [m]

$C_y$  ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

$x_v$  ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

$x_m$  ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

$F_s$  coefficiente di sicurezza

caso caso di calcolo

Metodo di FELLENIUS (F)

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

Metodo di BISHOP (B)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	96.78	173.30	58.00	61.26	145.32	1259.03	0.472 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.472 (B)	--	--
2	C	98.78	173.30	58.00	62.80	147.02	1286.19	0.474 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.474 (B)	--	--
3	C	94.78	173.30	58.00	59.73	143.62	1230.07	0.476 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.476 (B)	--	--
4	C	98.78	171.30	56.00	63.34	146.10	1262.62	0.477 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.477 (B)	--	--
5	C	96.78	171.30	56.00	61.80	144.38	1235.08	0.478 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.478 (B)	--	--
6	C	86.78	173.30	60.00	50.01	138.74	1300.68	0.479 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.479 (B)	--	--
7	C	100.78	173.30	58.00	64.34	148.72	1312.09	0.481 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.481 (B)	--	--
8	C	98.78	169.30	54.00	63.91	145.14	1238.30	0.481 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.481 (B)	--	--
9	C	84.78	173.30	60.00	48.48	136.74	1265.22	0.482 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.482 (B)	--	--
10	C	94.78	171.30	56.00	60.25	142.66	1205.66	0.483 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.483 (B)	--	--
11	C	92.78	173.30	58.00	57.85	141.91	1199.48	0.484 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.484 (B)	--	--
12	C	100.78	171.30	56.00	64.90	147.81	1288.83	0.484 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.484 (B)	--	--
13	C	70.78	161.30	88.00	-5.01	155.84	6750.27	0.484 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.484 (B)	--	--
14	C	70.78	159.30	88.00	-6.15	156.32	7071.81	0.484 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.484 (B)	--	--
15	C	70.78	163.30	88.00	-3.81	155.33	6430.07	0.484 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.484 (B)	--	--
16	C	66.78	159.30	88.00	-10.11	152.55	6976.79	0.484 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.484 (B)	--	--
17	C	96.78	169.30	54.00	62.35	143.41	1210.44	0.484 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.484 (B)	--	--
18	C	66.78	161.30	88.00	-8.98	152.10	6655.68	0.484 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.484 (B)	--	--
19	C	68.78	161.30	88.00	-6.99	153.97	6699.92	0.485 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.485 (B)	--	--
20	C	64.78	159.30	88.00	-12.10	150.67	6931.43	0.485 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.485 (B)	--	--
21	C	88.78	173.30	60.00	51.54	140.48	1334.79	0.485 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.485 (B)	--	--
22	C	68.78	159.30	88.00	-8.13	154.44	7020.60	0.485 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.485 (B)	--	--
23	C	70.78	157.30	88.00	-7.22	156.75	7396.16	0.485 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.485 (B)	--	--
24	C	72.78	161.30	88.00	-3.03	157.71	6791.55	0.485 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.485 (B)	--	--
25	C	64.78	157.30	88.00	-13.17	151.07	7255.60	0.485 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.485 (B)	--	--
26	C	66.78	157.30	88.00	-11.18	152.96	7300.56	0.485 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.485 (B)	--	--
27	C	64.78	161.30	88.00	-10.96	150.22	6609.91	0.485 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.485 (B)	--	--
28	C	68.78	163.30	88.00	-5.79	153.47	6382.17	0.485 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.485 (B)	--	--
29	C	86.78	171.30	58.00	50.54	137.57	1272.27	0.485 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.485 (B)	--	--
30	C	72.78	159.30	88.00	-4.17	158.19	7112.24	0.485 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.485 (B)	--	--

**Analisi della superficie critica**

*Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N° numero d'ordine della striscia

X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

Y <sub>ss</sub>	ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>si</sub>	ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
X <sub>g</sub>	ascissa del baricentro della striscia espressa in m
Y <sub>g</sub>	ordinata del baricentro della striscia espressa in m
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
φ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa
L	sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa
W	peso della striscia espresso in kg
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kg
N	sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E <sub>sr</sub> E <sub>sd</sub>	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X <sub>sr</sub> X <sub>sd</sub>	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso**

Numero di strisce	26	
Coordinate del centro	X[m]= 96.78	Y[m]= 173.30
Raggio del cerchio	R[m]= 58.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 61.26	Y <sub>v</sub> [m]= 127.45
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 145.32	Y <sub>m</sub> [m]= 141.56
Coefficiente di sicurezza	F <sub>S</sub> = 0.472	

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	61.26	127.45	127.45	63.85	128.06	125.56	62.98	127.02	3.20	-36.18	0.00	44
2	63.85	128.06	125.56	66.43	128.66	123.87	65.27	126.51	3.08	-33.08	0.00	44
3	66.43	128.66	123.87	70.28	129.57	121.71	68.51	125.93	4.41	-29.37	0.00	46
4	70.28	129.57	121.71	74.12	130.47	119.91	72.29	125.40	4.25	-25.09	0.00	55
5	74.12	130.47	119.91	77.97	131.38	118.43	76.11	125.04	4.12	-20.96	0.00	55
6	77.97	131.38	118.43	81.82	132.28	117.26	79.94	124.84	4.02	-16.94	0.00	55
7	81.82	132.28	117.26	85.67	133.19	116.37	83.78	124.78	3.95	-13.00	0.00	55
8	85.67	133.19	116.37	89.51	134.09	115.76	87.62	124.86	3.90	-9.12	0.00	55
9	89.51	134.09	115.76	93.36	135.00	115.40	91.46	125.06	3.86	-5.29	0.00	55
10	93.36	135.00	115.40	95.68	135.00	115.31	94.52	125.18	2.32	-2.23	0.00	55
11	95.68	135.00	115.31	98.00	135.00	115.31	96.84	125.16	2.32	0.06	0.00	55
12	98.00	135.00	115.31	101.40	135.80	115.48	99.71	125.40	3.41	2.89	0.00	55
13	101.40	135.80	115.48	104.81	136.60	115.86	103.11	125.94	3.43	6.27	0.00	55
14	104.81	136.60	115.86	108.21	137.40	116.44	106.52	126.58	3.45	9.66	0.00	55
15	108.21	137.40	116.44	111.62	138.20	117.23	109.92	127.32	3.50	13.10	0.00	55
16	111.62	138.20	117.23	115.23	139.05	118.31	113.42	128.20	3.77	16.69	0.00	55
17	115.23	139.05	118.31	118.84	139.90	119.66	117.03	129.23	3.85	20.45	0.00	54
18	118.84	139.90	119.66	122.51	140.77	121.32	120.66	130.41	4.02	24.34	0.00	44
19	122.51	140.77	121.32	126.17	141.63	123.30	124.32	131.75	4.17	28.39	0.00	44
20	126.17	141.63	123.30	129.84	142.49	125.64	127.98	133.25	4.35	32.60	0.00	44
21	129.84	142.49	125.64	130.18	142.57	125.88	130.01	134.15	0.41	34.96	0.00	44
22	130.18	142.57	125.88	133.28	143.30	128.22	131.70	134.98	3.89	37.08	0.00	44
23	133.28	143.30	128.22	136.03	143.30	130.60	134.62	136.34	3.63	40.79	0.00	44
24	136.03	143.30	130.60	138.78	143.30	133.30	137.35	137.60	3.86	44.49	0.00	44
25	138.78	143.30	133.30	142.05	142.43	137.04	140.25	138.95	4.97	48.85	0.00	44
26	142.05	142.43	137.04	145.32	141.56	141.56	143.14	140.34	5.57	54.06	0.00	44

**Forze applicate sulle strisce [FELLENIIUS]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	6907	0	7376	30308	0	0	0	0	0	
2	20148	0	21983	29195	0	0	0	0	0	
3	52102	0	58068	43809	0	0	0	0	0	
4	76989	0	87439	50435	0	0	0	0	0	
5	99356	0	114283	48911	0	0	0	0	0	

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
6	118892	0	137747	47746	0	0	0	0	0	
7	135796	0	157692	46876	0	0	0	0	0	
8	151043	0	174983	46260	0	0	0	0	0	
9	163118	0	187680	45870	0	0	0	0	0	
10	101930	0	116258	27565	0	0	0	0	0	
11	102231	0	115616	27544	0	0	0	0	0	
12	152409	0	170171	40478	0	0	0	0	0	
13	156266	0	171238	40669	0	0	0	0	0	
14	158500	0	169769	41008	0	0	0	0	0	
15	159069	0	165800	41506	0	0	0	0	0	
16	165767	0	167131	44743	0	0	0	0	0	
17	159950	0	154866	44585	0	0	0	0	0	
18	157251	0	145059	38100	0	0	0	0	0	
19	149663	0	130264	39459	0	0	0	0	0	
20	138044	0	112038	41204	0	0	0	0	0	
21	12204	0	9480	3929	0	0	0	0	0	
22	105355	0	78412	36785	0	0	0	0	0	
23	81733	0	55984	34389	0	0	0	0	0	
24	66801	0	41619	36497	0	0	0	0	0	
25	53843	0	29437	47060	0	0	0	0	0	
26	18845	0	8507	52761	0	0	0	0	0	

**Forze applicate sulle strisce [BISHOP]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	6907	0	31846	30308	0	0	41451	0	0	
2	20148	0	46213	29195	0	41451	85849	0	0	
3	52102	0	92288	43809	0	85849	155618	0	0	
4	76989	0	119782	50435	0	155618	231886	0	0	
5	99356	0	139088	48911	0	231886	301238	0	0	
6	118892	0	155127	47746	0	301238	360902	0	0	
7	135796	0	168474	46876	0	360902	408836	0	0	
8	151043	0	180478	46260	0	408836	443491	0	0	
9	163118	0	189555	45870	0	443491	463836	0	0	
10	101930	0	116466	27565	0	463836	469172	0	0	
11	102231	0	115616	27544	0	469172	469770	0	0	
12	152409	0	170583	40478	0	469770	461604	0	0	
13	156266	0	173366	40669	0	461604	442102	0	0	
14	158500	0	174894	41008	0	442102	411576	0	0	
15	159069	0	175089	41506	0	411576	370583	0	0	
16	165767	0	182349	44743	0	370583	317584	0	0	
17	159950	0	176482	44585	0	317584	255720	0	0	
18	157251	0	178004	38100	0	255720	175795	0	0	
19	149663	0	171118	39459	0	175795	89872	0	0	
20	138044	0	159007	41204	0	89872	2692	0	0	
21	12204	0	14098	3929	0	2692	-5367	0	0	
22	105355	0	121585	36785	0	-5367	-76973	0	0	
23	81733	0	92449	34389	0	-76973	-132786	0	0	
24	66801	0	70075	36497	0	-132786	-173391	0	0	
25	53843	0	38709	47060	0	-173391	-185704	0	0	
26	18845	0	-36465	52761	0	-185704	-130159	0	0	

**Analisi degli spostamenti**

*Simbologia adottata*

n° Indice dell'accelerogramma  
u Spostamento

Superficie n° 1

n°	u [m]
1	0.396235
2	0.269007
3	0.338503
4	0.324665
5	0.315680
6	0.274187
7	0.371830
8	0.336884

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

n°	u
	[m]
9	0.258087
10	0.371290

Accelerazione sismica critica  $K_c = 0.035$   
 Spostamento massimo  $U_{max} = 0.396235$  [m]  
 Velocità massima  $V_{max} = 0.207152$  [m/s]

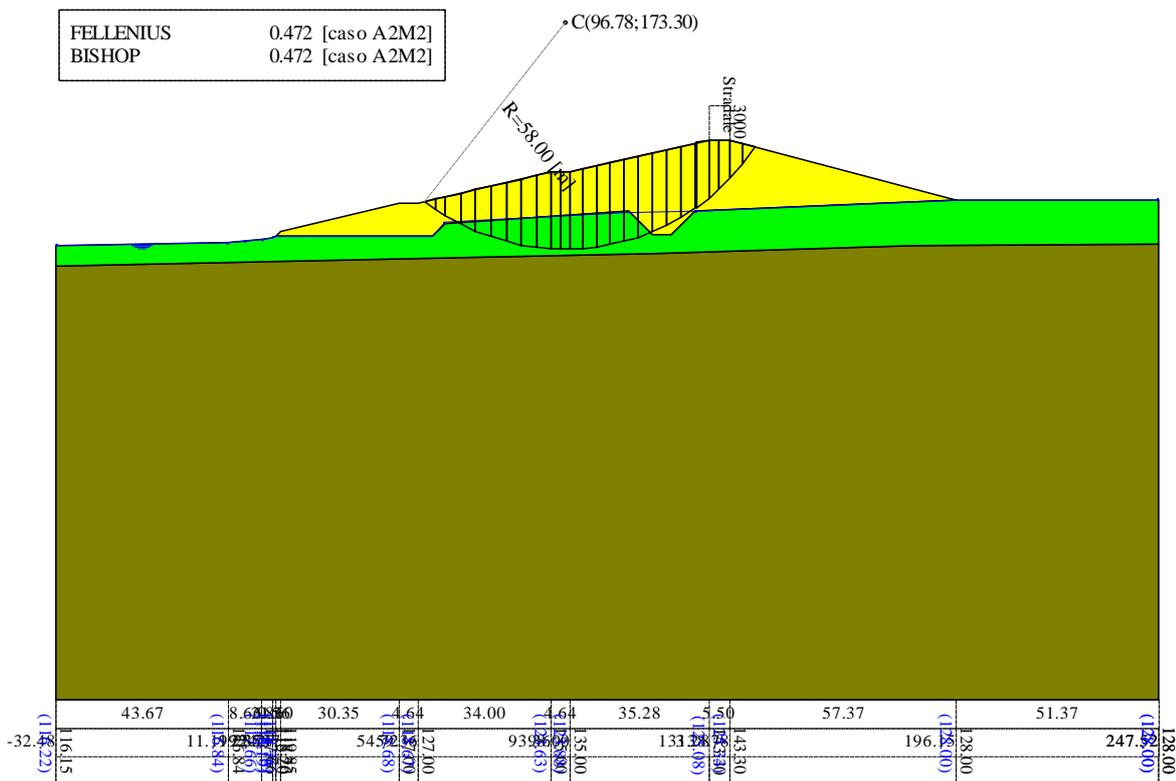


Figura 16 – Risultati verifica 09 secondo DM 26 Giugno 2014 – cerchio critico con i metodi di Bishop e Fellenius

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

**8.1.13 VERIFICA 10 – Paramento di valle, massimo vaso, condizioni drenate, senza sisma**

**Dati**

Descrizione terreno

*Simbologia adottata*

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_{sat}$	$\phi'$	$c'$
		[kg/mc]	[kg/mc]	[°]	[kPa]
1	SUBSTRATO	2310	2337	24.80	22.3
2	CORPO DIGA	2140	2161	24.50	11.8
3	FONDAZIONE	2039	2131	25.00	50.0

Profilo del piano campagna

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

<i>Nr.</i>	Identificativo del punto
$X$	Ascissa del punto del profilo espressa in m
$Y$	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.48	116.15
2	11.19	116.84
3	19.85	117.66
4	22.71	118.20
5	23.27	118.76
6	24.37	119.85
7	54.72	127.00
8	59.36	127.00
9	93.36	135.00
10	98.00	135.00
11	133.28	143.30
12	138.78	143.30
13	196.15	128.00
14	247.52	128.00

Descrizione stratigrafia

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (FONDAZIONE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.48	110.85
2	-32.48	0.00
3	247.52	0.00
4	247.51	116.72
5	185.00	116.00
6	120.00	114.00

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

---

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (CORPO DIGA)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	23.27	118.76
2	34.18	118.76
3	42.84	118.76
4	63.28	118.76
5	66.43	121.91
6	112.84	125.04
7	118.84	119.04
8	123.84	119.04
9	129.84	125.04
10	196.15	128.00
11	138.78	143.30
12	133.28	143.30
13	98.00	135.00
14	93.36	135.00
15	59.36	127.00
16	54.72	127.00
17	24.37	119.85

Strato N° 3 costituito da terreno n° 1 (SUBSTRATO)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	247.51	116.72
2	247.52	128.00
3	196.15	128.00
4	129.84	125.04
5	123.84	119.04
6	118.84	119.04
7	112.84	125.04
8	66.43	121.91
9	63.28	118.76
10	42.84	118.76
11	34.18	118.76
12	23.27	118.76
13	22.71	118.20
14	19.85	117.66
15	11.19	116.84
16	-32.48	116.15
17	-32.48	110.85
18	120.00	114.00
19	185.00	116.00

### Descrizione falda

*Livello di falda*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.48	116.22
2	11.19	116.84
3	15.52	117.25
4	19.85	117.66
5	22.71	118.19
6	23.28	118.76
7	62.17	118.76
8	62.40	119.76
9	63.08	120.76
10	64.21	121.76
11	65.79	122.76
12	67.83	123.76
13	70.32	124.76
14	73.26	125.76

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

n°	X [m]	Y [m]
15	76.65	126.76
16	80.50	127.76
17	84.80	128.76
18	89.55	129.76
19	94.75	130.76
20	100.41	131.76
21	106.51	132.76
22	113.07	133.76
23	120.09	134.76
24	127.55	135.76
25	135.47	136.76
26	143.84	137.76
27	145.37	137.93
28	146.03	138.20
29	147.20	138.63
30	148.50	139.27
31	149.50	139.91
32	150.00	140.31
33	247.52	140.31

### Carichi sul profilo

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Carichi distribuiti

$X_i, X_f$  Ascissa iniziale e finale del carico espressa in [m]

$V_{X_i}, V_{X_f}, V_{Y_i}, V_{Y_f}$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

### Carichi distribuiti

n°	Descrizione	$X_i$ [m]	$X_f$ [m]	$V_{Y_i}$ [kg/m]	$V_{Y_f}$ [kg/m]	$V_{X_i}$ [kg/m]	$V_{X_f}$ [kg/m]
1	Stradale	138.78	133.28	3000	3000	0	0

### Dati normativa

#### Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

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

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.25
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.25	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1.60	1.60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto 1.20

### Impostazioni delle superfici di rottura

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

### Superfici di rottura circolari

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 14.82$	$Y_0 = 143.58$
Passo maglia	[m]	$dX = 2.00$	$dY = 2.00$
Numero passi		$N_x = 64$	$N_y = 16$
Raggio	[m]	$R = 10.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=2.00$  [m] ed un numero di incrementi pari a 40

### Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- FELLENIUS
- BISHOP

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri caratteristici [PC];
- Parametri di progetto [A2-M2]
- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

### Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

### Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	53000
Coefficiente di sicurezza minimo	2.024
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1153

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
FELLENIUS	53000	1.675	1	47.332	53000
BISHOP	53000	2.024	1153	47.994	53000

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N°	numero d'ordine della superficie cerchio
C <sub>x</sub>	ascissa x del centro [m]
C <sub>y</sub>	ordinata y del centro [m]
R	raggio del cerchio espresso in m
x <sub>v</sub>	ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m
x <sub>m</sub>	ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m
V	volume interessato dalla superficie espresso [mc]
F <sub>s</sub>	coefficiente di sicurezza
caso	caso di calcolo

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

Metodo di FELLENIUS (F)

Metodo di BISHOP (B)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	60.82	173.58	86.00	-3.60	141.08	4255.01	1.675 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.186 (B)	--	--
2	C	58.82	173.58	88.00	-8.19	141.21	4560.00	1.675 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.210 (B)	--	--
3	C	60.82	171.58	86.00	-5.29	141.76	4545.44	1.675 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.226 (B)	--	--
4	C	60.82	169.58	84.00	-4.36	140.45	4477.81	1.676 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.242 (B)	--	--
5	C	60.82	171.58	84.00	-2.71	139.82	4189.98	1.677 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.203 (B)	--	--
6	C	60.82	171.58	82.00	-0.07	137.79	3847.79	1.677 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.179 (B)	--	--
7	C	58.82	171.58	86.00	-7.27	139.93	4493.39	1.677 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.226 (B)	--	--
8	C	58.82	171.58	84.00	-4.68	137.92	4137.35	1.677 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.201 (B)	--	--
9	C	58.82	173.58	86.00	-5.57	139.26	4201.84	1.677 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.187 (B)	--	--
10	C	60.82	173.58	84.00	-0.94	139.14	3907.99	1.677 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.166 (B)	--	--
11	C	62.82	171.58	84.00	-0.73	141.64	4242.14	1.677 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.206 (B)	--	--
12	C	58.82	171.58	88.00	-9.82	141.87	4859.52	1.677 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.252 (B)	--	--
13	C	56.82	173.58	86.00	-7.55	137.31	4148.10	1.677 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.186 (B)	--	--
14	C	58.82	169.58	86.00	-8.86	140.55	4787.46	1.678 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.268 (B)	--	--
15	C	60.82	167.58	84.00	-5.92	141.05	4768.22	1.678 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.286 (B)	--	--
16	C	62.82	167.58	82.00	-1.44	140.96	4459.23	1.678 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.264 (B)	--	--
17	C	58.82	173.58	84.00	-2.92	137.17	3853.63	1.679 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.166 (B)	--	--
18	C	62.82	173.58	84.00	1.03	140.95	3961.18	1.679 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.170 (B)	--	--
19	C	60.82	173.58	88.00	-6.21	143.02	4611.14	1.679 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.215 (B)	--	--
20	C	62.82	169.58	84.00	-2.39	142.29	4528.19	1.679 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.247 (B)	--	--
21	C	60.82	169.58	86.00	-6.89	142.39	4839.92	1.679 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.270 (B)	--	--
22	C	62.82	169.58	82.00	0.18	140.35	4178.14	1.680 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.224 (B)	--	--
23	C	60.82	169.58	82.00	-1.80	138.49	4124.44	1.680 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.221 (B)	--	--
24	C	62.82	173.58	86.00	-1.63	142.89	4305.14	1.680 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.194 (B)	--	--
25	C	58.82	167.58	86.00	-10.37	141.13	5087.50	1.680 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.313 (B)	--	--
26	C	56.82	173.58	88.00	-10.16	139.39	4507.55	1.680 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.214 (B)	--	--
27	C	58.82	169.58	84.00	-6.34	138.60	4424.09	1.680 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.245 (B)	--	--
28	C	62.82	165.58	82.00	-2.96	141.52	4745.09	1.681 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.308 (B)	--	--
29	C	56.82	171.58	86.00	-9.24	138.04	4439.46	1.681 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.229 (B)	--	--
30	C	62.82	171.58	86.00	-3.32	143.58	4595.24	1.681 (F)	[A2M2]	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.234 (B)	--	--

**Analisi della superficie critica**

*Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso destra  
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

Le strisce sono numerate da valle verso monte

- N° numero d'ordine della striscia
- X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
- X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m
- Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m
- α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
- φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
- c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa
- L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa
- W peso della striscia espresso in kg
- Q carico applicato sulla striscia espresso in kg
- N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
- T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
- U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
- E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1153

**Analisi della superficie 1153 - coefficienti parziali caso A2M2**

Numero di strisce	28	
Coordinate del centro	X[m]= 88.82	Y[m]= 173.58
Raggio del cerchio	R[m]= 56.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 57.73	Y <sub>v</sub> [m]= 127.00
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 135.93	Y <sub>m</sub> [m]= 143.30
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub> = 2.024	

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	57.73	127.00	127.00	59.36	127.00	125.96	58.82	126.65	1.93	-32.73	20.03	9
2	59.36	127.00	125.96	62.57	127.76	124.11	61.26	126.16	3.71	-29.84	20.03	9
3	62.57	127.76	124.11	65.79	128.51	122.53	64.31	125.71	3.58	-26.12	20.03	9
4	65.79	128.51	122.53	66.43	128.66	122.25	66.11	125.49	0.70	-23.93	20.03	9
5	66.43	128.66	122.25	67.83	128.99	121.66	67.15	125.39	1.52	-22.79	20.16	14
6	67.83	128.99	121.66	70.32	129.58	120.72	69.11	125.24	2.66	-20.65	20.29	18
7	70.32	129.58	120.72	73.26	130.27	119.79	71.83	125.09	3.09	-17.71	20.29	18
8	73.26	130.27	119.79	76.65	131.07	118.92	75.00	125.01	3.50	-14.34	20.29	18
9	76.65	131.07	118.92	80.50	131.97	118.20	78.62	125.04	3.92	-10.55	20.29	18
10	80.50	131.97	118.20	82.65	132.48	117.92	81.58	125.14	2.17	-7.44	20.29	18
11	82.65	132.48	117.92	84.80	132.99	117.72	83.73	125.28	2.16	-5.22	20.29	18
12	84.80	132.99	117.72	87.17	133.54	117.60	86.00	125.47	2.38	-2.90	20.29	18
13	87.17	133.54	117.60	89.55	134.10	117.58	88.37	125.71	2.38	-0.47	20.29	18
14	89.55	134.10	117.58	93.36	135.00	117.76	91.47	126.12	3.81	2.70	20.29	18
15	93.36	135.00	117.76	94.75	135.00	117.89	94.05	126.41	1.40	5.36	20.29	18
16	94.75	135.00	117.89	98.00	135.00	118.34	96.37	126.56	3.28	7.76	20.29	18
17	98.00	135.00	118.34	100.41	135.57	118.79	99.21	126.92	2.45	10.69	20.29	18
18	100.41	135.57	118.79	103.46	136.28	119.53	101.93	127.54	3.14	13.55	20.29	18
19	103.46	136.28	119.53	106.51	137.00	120.45	104.98	128.31	3.19	16.78	20.29	18
20	106.51	137.00	120.45	109.79	137.77	121.65	108.14	129.22	3.50	20.20	20.29	18
21	109.79	137.77	121.65	113.07	138.55	123.10	111.42	130.27	3.59	23.83	20.29	18
22	113.07	138.55	123.10	116.58	139.37	124.94	114.80	131.48	3.96	27.69	20.11	12
23	116.58	139.37	124.94	120.09	140.20	127.12	118.31	132.90	4.13	31.83	20.03	9
24	120.09	140.20	127.12	123.82	141.07	129.86	121.91	134.54	4.63	36.31	20.03	9
25	123.82	141.07	129.86	127.55	141.95	133.13	125.61	136.46	4.96	41.22	20.03	9
26	127.55	141.95	133.13	130.41	142.63	136.09	128.91	138.40	4.11	45.86	20.03	9
27	130.41	142.63	136.09	133.28	143.30	139.53	131.72	140.29	4.48	50.26	20.03	9
28	133.28	143.30	139.53	135.93	143.30	143.30	134.16	142.04	4.61	54.91	20.03	9

**Forze applicate sulle strisce [FELLENIOUS]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	1817	0	1528	1377	0	0	0	0	0	

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
2	16134	0	13995	4939	0	0	0	0	0	
3	33107	0	29727	8138	0	0	0	0	0	
4	8569	0	7536	1949	296	0	0	0	0	
5	20810	0	17398	4842	1788	0	0	0	0	
6	43674	0	33841	9884	7027	0	0	0	0	
7	62193	0	45399	12759	13846	0	0	0	0	
8	84466	0	59596	16177	22237	0	0	0	0	
9	110316	0	76534	20176	31918	0	0	0	0	
10	67469	0	46437	12026	20464	0	0	0	0	
11	71072	0	48888	12533	21890	0	0	0	0	
12	82184	0	56243	14309	25835	0	0	0	0	
13	85504	0	58402	14760	27099	0	0	0	0	
14	142575	0	96617	24299	45800	0	0	0	0	
15	52903	0	35442	8911	17229	0	0	0	0	
16	121635	0	79392	20118	41130	0	0	0	0	
17	89237	0	56813	14506	30876	0	0	0	0	
18	113015	0	70610	18121	39260	0	0	0	0	
19	111942	0	68324	17690	38849	0	0	0	0	
20	117616	0	69532	18265	40848	0	0	0	0	
21	113013	0	64376	17273	39006	0	0	0	0	
22	113083	0	61336	15587	38797	0	0	0	0	
23	104294	0	54290	13541	34320	0	0	0	0	
24	97866	0	49231	12764	29629	0	0	0	0	
25	80722	0	41178	11272	19540	0	0	0	0	
26	47088	0	27397	7946	5394	0	0	0	0	
27	31605	0	20205	6654	0	0	0	0	0	
28	10677	0	6138	3801	0	0	0	0	0	

**Forze applicate sulle strisce [BISHOP]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	1817	0	3110	1479	0	0	2926	0	0	
2	16134	0	21873	5703	0	2926	18757	0	0	
3	33107	0	41358	9152	0	18757	45180	0	0	
4	8569	0	10027	2139	296	45180	51322	0	0	
5	20810	0	22974	5211	1788	51322	65718	0	0	
6	43674	0	43546	10344	7027	65718	93234	0	0	
7	62193	0	55568	12922	13846	93234	126662	0	0	
8	84466	0	68971	15741	22237	126662	164505	0	0	
9	110316	0	83800	18824	31918	164505	204195	0	0	
10	67469	0	48999	10898	20464	204195	223989	0	0	
11	71072	0	50499	11163	21890	223989	241694	0	0	
12	82184	0	57090	12564	25835	241694	258437	0	0	
13	85504	0	58512	12821	27099	258437	271957	0	0	
14	142575	0	95945	20951	45800	271957	286212	0	0	
15	52903	0	35186	7681	17229	286212	288959	0	0	
16	121635	0	79255	17423	41130	288959	289974	0	0	
17	89237	0	57538	12713	30876	289974	286066	0	0	
18	113015	0	73094	16169	39260	286066	275463	0	0	
19	111942	0	73180	16228	38849	275463	258648	0	0	
20	117616	0	78076	17400	40848	258648	233908	0	0	
21	113013	0	76909	17269	39006	233908	202881	0	0	
22	113083	0	80041	16902	38797	202881	162627	0	0	
23	104294	0	78444	16095	34320	162627	116829	0	0	
24	97866	0	79661	16551	29629	116829	65444	0	0	
25	80722	0	74028	15693	19540	65444	15591	0	0	
26	47088	0	50780	11104	5394	15591	-16992	0	0	
27	31605	0	38526	9071	0	-16992	-40818	0	0	
28	10677	0	12301	4406	0	-40818	-48350	0	0	

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

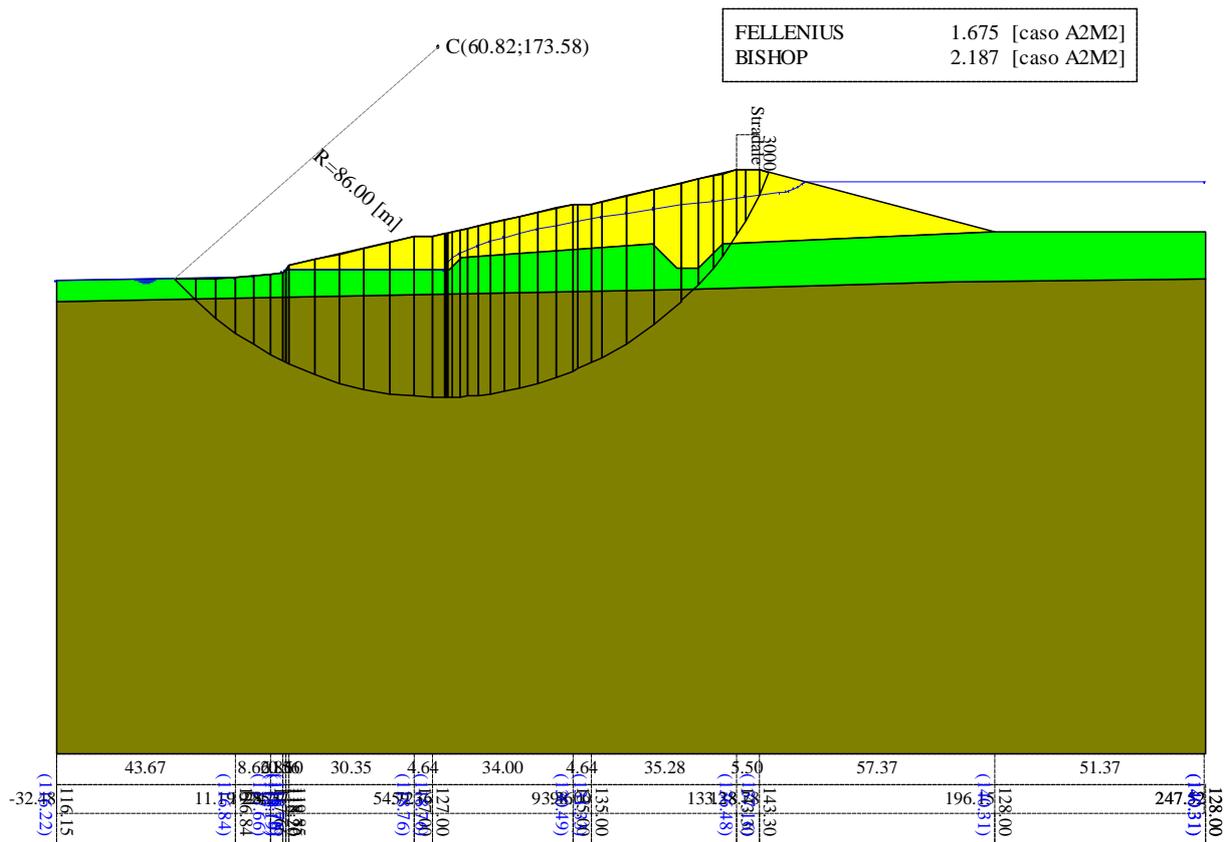


Figura 17 – Risultati verifica 10 secondo DM 26 Giugno 2014 – cerchio critico con il metodo di Fellenius

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

**8.1.14 VERIFICA 11 – Paramento di valle, massimo invaso, condizioni non drenate, con sisma**

**Dati**

Descrizione terreno

*Simbologia adottata*

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi_u$ [°]	$c_u$ [kPa]
1	SUBSTRATO	2310	2337	0.00	77.0
2	CORPO DIGA	2140	2161	0.00	61.4
3	FONDAZIONE	2039	2131	0.00	150.0

Profilo del piano campagna

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	-32.48	116.15
2	11.19	116.84
3	19.85	117.66
4	22.71	118.20
5	23.27	118.76
6	24.37	119.85
7	54.72	127.00
8	59.36	127.00
9	93.36	135.00
10	98.00	135.00
11	133.28	143.30
12	138.78	143.30
13	196.15	128.00
14	247.52	128.00

Descrizione stratigrafia

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (FONDAZIONE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	-32.48	110.85
2	-32.48	0.00
3	247.52	0.00

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

n°	X	Y
	[m]	[m]
4	247.51	116.72
5	185.00	116.00
6	120.00	114.00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (CORPO DIGA)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	23.27	118.76
2	34.18	118.76
3	42.84	118.76
4	63.28	118.76
5	66.43	121.91
6	112.84	125.04
7	118.84	119.04
8	123.84	119.04
9	129.84	125.04
10	196.15	128.00
11	138.78	143.30
12	133.28	143.30
13	98.00	135.00
14	93.36	135.00
15	59.36	127.00
16	54.72	127.00
17	24.37	119.85

Strato N° 3 costituito da terreno n° 1 (SUBSTRATO)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	247.51	116.72
2	247.52	128.00
3	196.15	128.00
4	129.84	125.04
5	123.84	119.04
6	118.84	119.04
7	112.84	125.04
8	66.43	121.91
9	63.28	118.76
10	42.84	118.76
11	34.18	118.76
12	23.27	118.76
13	22.71	118.20
14	19.85	117.66
15	11.19	116.84
16	-32.48	116.15
17	-32.48	110.85
18	120.00	114.00
19	185.00	116.00

Descrizione falda

*Livello di falda*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.48	116.22
2	11.19	116.84
3	15.52	117.25
4	19.85	117.66
5	22.71	118.19
6	23.28	118.76
7	62.17	118.76
8	62.40	119.76

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

n°	X	Y
	[m]	[m]
9	63.08	120.76
10	64.21	121.76
11	65.79	122.76
12	67.83	123.76
13	70.32	124.76
14	73.26	125.76
15	76.65	126.76
16	80.50	127.76
17	84.80	128.76
18	89.55	129.76
19	94.75	130.76
20	100.41	131.76
21	106.51	132.76
22	113.07	133.76
23	120.09	134.76
24	127.55	135.76
25	135.47	136.76
26	143.84	137.76
27	145.37	137.93
28	146.03	138.20
29	147.20	138.63
30	148.50	139.27
31	149.50	139.91
32	150.00	140.31
33	247.52	140.31

### Carichi sul profilo

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Carichi distribuiti

$X_i, X_f$  Ascissa iniziale e finale del carico espressa in [m]

$V_{X_i}, V_{X_f}, V_{Y_i}, V_{Y_f}$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

### Carichi distribuiti

n°	Descrizione	$X_i$	$X_f$	$V_{Y_i}$	$V_{Y_f}$	$V_{X_i}$	$V_{X_f}$
		[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]
1	Stradale	138.78	133.28	3000	3000	0	0

### Dati zona sismica

Accelerazione al suolo $a_g$ =	2.167 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo ( $S_s$ )	1.19
Coefficiente di amplificazione topografica ( $S_t$ )	1.00
Coefficiente riduzione ( $\beta_s$ )	1.00
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * S_t * S) = 26.24$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h = 13.12$

### Dati normativa

#### Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

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

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi}$	1.25	1.25
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.25	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1.60	1.60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto 1.10

### Impostazioni delle superfici di rottura

#### Superfici di rottura circolari

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 14.82$	$Y_0 = 143.58$
Passo maglia	[m]	$dX = 2.00$	$dY = 2.00$
Numero passi		$Nx = 64$	$Ny = 16$
Raggio	[m]	$R = 10.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=2.00$  [m] ed un numero di incrementi pari a 40

### Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- FELLENIUS
- BISHOP

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri caratteristici [PC];
- Parametri di progetto [A2-M2]
- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni totali**

Presenza di carichi distribuiti

### Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

### Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	106000
Coefficiente di sicurezza minimo	0.452
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	$FS_{min}$	$S_{min}$	$FS_{max}$	$S_{max}$
FELLENIUS	106000	0.452	1	19.633	106000
BISHOP	106000	0.452	1	19.633	106000

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

**Caratteristiche delle superfici analizzate**

*Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

F<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

caso caso di calcolo

Metodo di FELLENIUS (F)

Metodo di BISHOP (B)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	94.82	173.58	60.00	57.00	145.52	1403.87	0.452 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.452 (B)	--	--
2	C	92.82	173.58	60.00	55.00	143.81	1374.12	0.455 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.455 (B)	--	--
3	C	94.82	171.58	58.00	57.72	144.57	1377.68	0.455 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.455 (B)	--	--
4	C	96.82	173.58	60.00	59.00	147.23	1432.43	0.456 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.456 (B)	--	--
5	C	96.82	171.58	58.00	59.64	146.29	1406.76	0.459 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.459 (B)	--	--
6	C	90.82	173.58	60.00	53.39	142.09	1343.55	0.460 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.460 (B)	--	--
7	C	92.82	171.58	58.00	55.72	142.84	1347.25	0.460 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.460 (B)	--	--
8	C	94.82	169.58	56.00	58.45	143.57	1350.97	0.461 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.461 (B)	--	--
9	C	98.82	173.58	60.00	60.63	148.94	1459.95	0.461 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.461 (B)	--	--
10	C	96.82	169.58	56.00	60.21	145.31	1380.47	0.463 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.463 (B)	--	--
11	C	98.82	171.58	58.00	61.20	148.00	1434.65	0.465 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.465 (B)	--	--
12	C	88.82	173.58	60.00	51.85	140.37	1311.31	0.466 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.466 (B)	--	--
13	C	96.82	167.58	54.00	60.81	144.29	1352.91	0.466 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.466 (B)	--	--
14	C	92.82	169.58	56.00	56.45	141.83	1320.28	0.467 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.467 (B)	--	--
15	C	90.82	171.58	58.00	53.94	141.11	1316.69	0.467 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.467 (B)	--	--
16	C	94.82	167.58	54.00	59.19	142.54	1322.72	0.467 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.467 (B)	--	--
17	C	98.82	169.58	56.00	61.79	147.04	1408.48	0.468 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.468 (B)	--	--
18	C	96.82	165.58	52.00	61.42	143.22	1324.55	0.472 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.472 (B)	--	--
19	C	98.82	167.58	54.00	62.40	146.03	1381.14	0.473 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.473 (B)	--	--
20	C	92.82	167.58	54.00	57.19	140.78	1292.09	0.474 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.474 (B)	--	--
21	C	88.82	171.58	58.00	52.39	139.37	1284.06	0.474 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.474 (B)	--	--
22	C	98.82	173.58	58.00	63.10	146.90	1264.12	0.474 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.474 (B)	--	--
23	C	96.82	173.58	58.00	61.57	145.20	1236.46	0.474 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.474 (B)	--	--
24	C	90.82	169.58	56.00	54.51	140.08	1288.90	0.474 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.474 (B)	--	--
25	C	86.82	173.58	60.00	50.32	138.62	1277.21	0.475 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.475 (B)	--	--

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
26	C	94.82	165.58	52.00	59.83	141.46	1294.24	0.476 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.476 (B)	--	--
27	C	98.82	171.58	56.00	63.64	145.98	1240.86	0.477 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.477 (B)	--	--
28	C	98.82	165.58	52.00	63.02	144.98	1352.97	0.478 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.478 (B)	--	--
29	C	94.82	173.58	58.00	60.05	143.50	1207.73	0.478 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.478 (B)	--	--
30	C	96.82	171.58	56.00	62.10	144.27	1213.14	0.480 (F)	[A2M2]	H-V
--	--	--	--	--	--	--	--	0.480 (B)	--	--

**Analisi della superficie critica**

*Simbologia adottata*

- Le ascisse X sono considerate positive verso destra
- Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
- Le strisce sono numerate da valle verso monte
- N° numero d'ordine della striscia
- X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
- X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m
- Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m
- α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
- φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
- c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa
- L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa
- W peso della striscia espresso in kg
- Q carico applicato sulla striscia espresso in kg
- N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
- T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
- U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
- E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso**

Numero di strisce	33	
Coordinate del centro	X[m]= 94.82	Y[m]= 173.58
Raggio del cerchio	R[m]= 60.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 57.00	Y <sub>v</sub> [m]= 127.00
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 145.52	Y <sub>m</sub> [m]= 141.50
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub> = 0.452	

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	57.00	127.00	127.00	59.36	127.00	125.18	58.57	126.39	2.98	-37.65	0.00	44
2	59.36	127.00	125.18	61.78	127.57	123.49	60.73	125.78	2.95	-34.82	0.00	44
3	61.78	127.57	123.49	64.21	128.14	121.98	63.08	125.28	2.86	-32.04	0.00	44
4	64.21	128.14	121.98	65.79	128.51	121.07	65.02	124.92	1.82	-29.81	0.00	45
5	65.79	128.51	121.07	66.43	128.66	120.72	66.11	124.74	0.73	-28.59	0.00	55
6	66.43	128.66	120.72	67.83	128.99	119.99	67.14	124.59	1.58	-27.49	0.00	55
7	67.83	128.99	119.99	70.32	129.58	118.81	69.11	124.34	2.76	-25.42	0.00	55
8	70.32	129.58	118.81	73.26	130.27	117.59	71.83	124.06	3.18	-22.58	0.00	55
9	73.26	130.27	117.59	76.65	131.07	116.40	75.00	123.83	3.59	-19.34	0.00	55
10	76.65	131.07	116.40	80.50	131.97	115.31	78.62	123.69	4.00	-15.72	0.00	55
11	80.50	131.97	115.31	84.80	132.99	114.42	82.69	123.67	4.39	-11.71	0.00	55
12	84.80	132.99	114.42	87.17	133.54	114.07	86.00	123.76	2.40	-8.47	0.00	55
13	87.17	133.54	114.07	89.55	134.10	113.81	88.37	123.88	2.39	-6.18	0.00	55
14	89.55	134.10	113.81	93.36	135.00	113.60	91.47	124.13	3.82	-3.22	0.00	55
15	93.36	135.00	113.60	94.75	135.00	113.58	94.05	124.29	1.39	-0.73	0.00	55
16	94.75	135.00	113.58	98.00	135.00	113.66	96.37	124.31	3.25	1.49	0.00	55
17	98.00	135.00	113.66	100.41	135.57	113.84	99.21	124.52	2.42	4.19	0.00	55

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>q</sub> [m]	Y <sub>q</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
18	100.41	135.57	113.84	103.46	136.28	114.21	101.94	124.98	3.07	6.81	0.00	55
19	103.46	136.28	114.21	106.51	137.00	114.73	104.99	125.56	3.09	9.76	0.00	55
20	106.51	137.00	114.73	109.79	137.77	115.48	108.15	126.25	3.36	12.84	0.00	55
21	109.79	137.77	115.48	113.07	138.55	116.42	111.43	127.05	3.41	16.08	0.00	55
22	113.07	138.55	116.42	115.95	139.22	117.43	114.51	127.90	3.05	19.17	0.00	55
23	115.95	139.22	117.43	118.84	139.90	118.60	117.39	128.79	3.11	22.11	0.00	55
24	118.84	139.90	118.60	120.09	140.20	119.16	119.46	129.46	1.37	24.25	0.00	53
25	120.09	140.20	119.16	123.84	141.08	121.06	121.95	130.37	4.21	26.92	0.00	44
26	123.84	141.08	121.06	127.55	141.95	123.29	125.67	131.84	4.33	30.99	0.00	44
27	127.55	141.95	123.29	129.84	142.49	124.86	128.68	133.14	2.77	34.38	0.00	47
28	129.84	142.49	124.86	133.28	143.30	127.53	131.53	134.53	4.35	37.79	0.00	45
29	133.28	143.30	127.53	135.47	143.30	129.45	134.35	135.88	2.91	41.26	0.00	44
30	135.47	143.30	129.45	138.78	143.30	132.74	137.05	137.16	4.67	44.88	0.00	44
31	138.78	143.30	132.74	141.31	142.63	135.65	139.96	138.54	3.85	48.95	0.00	44
32	141.31	142.63	135.65	143.84	141.95	138.98	142.40	139.71	4.18	52.79	0.00	44
33	143.84	141.95	138.98	145.52	141.50	141.50	144.40	140.81	3.03	56.23	0.00	44

**Forze applicate sulle strisce [FELLENUS]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	4595	0	4852	29490	0	0	0	0	0	
2	15303	0	16504	29233	0	0	0	0	0	
3	26578	0	29185	28312	0	0	0	0	0	
4	23234	0	25836	18388	0	0	0	0	0	
5	10641	0	11905	9046	0	0	0	0	0	
6	25862	0	29086	19586	0	0	0	0	0	
7	54100	0	61368	34215	0	0	0	0	0	
8	76318	0	87404	39518	0	0	0	0	0	
9	103158	0	119072	44591	0	0	0	0	0	
10	134647	0	156190	49639	0	0	0	0	0	
11	169429	0	196694	54502	0	0	0	0	0	
12	101158	0	117092	29801	0	0	0	0	0	
13	105785	0	121957	29648	0	0	0	0	0	
14	177921	0	203568	47361	0	0	0	0	0	
15	66678	0	75644	17253	0	0	0	0	0	
16	155768	0	175087	40349	0	0	0	0	0	
17	116341	0	129022	29991	0	0	0	0	0	
18	149629	0	163409	38123	0	0	0	0	0	
19	151288	0	161934	38409	0	0	0	0	0	
20	163205	0	170482	41752	0	0	0	0	0	
21	162289	0	164608	42365	0	0	0	0	0	
22	139886	0	137417	37907	0	0	0	0	0	
23	135305	0	128435	38648	0	0	0	0	0	
24	57084	0	52721	16275	0	0	0	0	0	
25	166331	0	148012	41621	0	0	0	0	0	
26	155027	0	129385	42831	0	0	0	0	0	
27	89801	0	70526	29196	0	0	0	0	0	
28	123681	0	90682	43861	0	0	0	0	0	
29	70099	0	47481	28831	0	0	0	0	0	
30	87290	0	53806	46229	0	0	0	0	0	
31	47923	0	26118	38127	0	0	0	0	0	
32	26949	0	12804	41401	0	0	0	0	0	
33	5352	0	2198	29997	0	0	0	0	0	

**Forze applicate sulle strisce [BISHOP]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	4595	0	29317	29490	0	0	40051	0	0	
2	15303	0	41416	29233	0	40051	83682	0	0	
3	26578	0	53188	28312	0	83682	128924	0	0	
4	23234	0	40822	18388	0	128924	159074	0	0	
5	10641	0	18637	9046	0	159074	173143	0	0	
6	25862	0	43169	19586	0	173143	203656	0	0	
7	54100	0	84016	34215	0	203656	256422	0	0	
8	76318	0	109932	39518	0	256422	315094	0	0	
9	103158	0	139328	44591	0	315094	376248	0	0	

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
10	134647	0	172200	49639	0	376248	435347	0	0	
11	169429	0	207031	54502	0	435347	486275	0	0	
12	101158	0	120127	29801	0	486275	506894	0	0	
13	105785	0	123574	29648	0	506894	521914	0	0	
14	177921	0	204245	47361	0	521914	533972	0	0	
15	66678	0	75653	17253	0	533972	534691	0	0	
16	155768	0	175218	40349	0	534691	529609	0	0	
17	116341	0	129761	29991	0	529609	519505	0	0	
18	149629	0	165911	38123	0	519505	498414	0	0	
19	151288	0	167044	38409	0	498414	468259	0	0	
20	163205	0	179836	41752	0	468259	426171	0	0	
21	162289	0	178845	42365	0	426171	374763	0	0	
22	139886	0	154351	37907	0	374763	323185	0	0	
23	135305	0	149506	38648	0	323185	267209	0	0	
24	57084	0	63492	16275	0	267209	240988	0	0	
25	166331	0	189883	41621	0	240988	148494	0	0	
26	155027	0	178845	42831	0	148494	52439	0	0	
27	89801	0	103112	29196	0	52439	-5262	0	0	
28	123681	0	143029	43861	0	-5262	-90693	0	0	
29	70099	0	80192	28831	0	-90693	-140296	0	0	
30	87290	0	93316	46229	0	-140296	-196290	0	0	
31	47923	0	38766	38127	0	-196290	-213062	0	0	
32	26949	0	-4112	41401	0	-213062	-191820	0	0	
33	5352	0	-33972	29997	0	-191820	-148311	0	0	

**Analisi degli spostamenti**

*Simbologia adottata*

n°                   Indice dell'accelerogramma  
u                    Spostamento

Superficie n° 1

n°	u [m]
1	0.607700
2	0.448457
3	0.508632
4	0.508495
5	0.532272
6	0.435977
7	0.567662
8	0.519689
9	0.415521
10	0.542539

Accelerazione sismica critica

$$K_c = 0.024$$

Spostamento massimo

$$U_{max} = 0.607700 \text{ [m]}$$

Velocità massima

$$V_{max} = 0.240457 \text{ [m/s]}$$

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

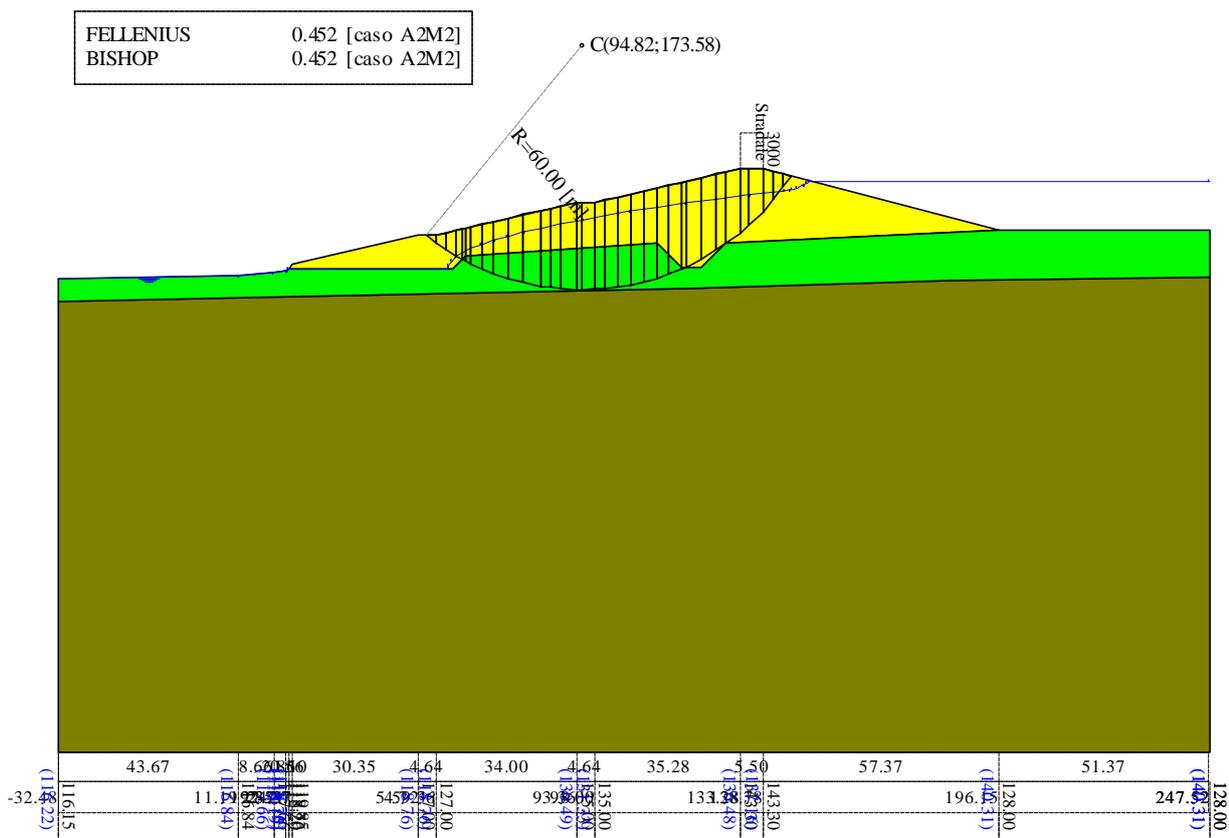


Figura 18 – Risultati verifica 11 secondo DM 26 Giugno 2014 – cerchio critico con i metodi di Bishop e Fellenius

## **Allegato B – Verifiche di Stabilità**

---

### **8.1.15 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 e le verifiche di stabilità sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico.

I metodi di calcolo implementati sono i classici metodi delle strisce, basati sul concetto dell'equilibrio limite globale. La superficie di rottura è suddivisa in un determinato numero di strisce che consentono di calcolare le grandezze che entrano in gioco nelle equazioni risolutive.

Nel modulo terreni si adotta il criterio di rottura di Mohr-Coulomb. Nel modulo rocce si può adottare il criterio di rottura di Hoek-Brown o di Barton.

Il programma consente di inserire degli interventi di stabilizzazione, che possono intervenire secondo sue modalità diverse: variazione delle forze di interstriscia o resistenza a taglio equivalente.

L'analisi sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2008.

#### **Origine e caratteristiche dei codici di calcolo**

Titolo	STAP - Stabilità Pendii Terreni
Versione	12.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Utente	PHYSIS S.R.L.
Licenza	AIU11705Y

#### **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 esauritivo 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  
( )

\_\_\_\_\_

## **8.2 VERIFICHE SECONDO IL DECRETO DEL MINISTERO LL PP 24 marzo 1982**

### **8.2.1 Normative di riferimento**

- 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. 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

### **8.2.2 Descrizione metodo di calcolo**

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a **1.20**.

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adatterà la seguente simbologia:

$l$	lunghezza della base della striscia
$\alpha$	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
$b$	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
$\phi$	angolo di attrito lungo la base della striscia
$c$	coesione lungo la base della striscia
$\gamma$	peso di volume del terreno
$u$	pressione neutra
<b>W</b>	peso della striscia

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

---

- N** sforzo normale alla base della striscia
- T** sforzo di taglio alla base della striscia
- E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub>** forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
- X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub>** forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
- E<sub>a</sub>, E<sub>b</sub>** forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
- ΔX** variazione delle forze tangenziali sulla striscia **ΔX = X<sub>d</sub> - X<sub>s</sub>**
- ΔE** variazione delle forze normali sulla striscia **ΔE = E<sub>d</sub> - E<sub>s</sub>**

Metodo di Fellenius (metodo svedese)

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

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

dove **n** è il numero delle strisce considerate, **b<sub>i</sub>** e **α<sub>i</sub>** sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia **i<sub>esima</sub>** rispetto all'orizzontale, **W<sub>i</sub>** è il peso della striscia **i<sub>esima</sub>** e **c<sub>i</sub>** e **φ<sub>i</sub>** sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre **u<sub>i</sub>** ed **l<sub>i</sub>** rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia (**l<sub>i</sub> = b<sub>i</sub> / cos α<sub>i</sub>**).

Quindi, assunto un cerchio di tentativo lo si suddivide in **n** strisce e dalla formula precedente si ricava **F**. Questo procedimento viene eseguito per il numero di centri prefissato e viene assunto come coefficiente di sicurezza del pendio il minimo dei coefficienti così determinati.

Metodo di Bishop

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Bishop semplificato** si esprime secondo la seguente formula:

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

---

$$F = \frac{\sum_i \left( \frac{c_i b_i + (N_i/\cos(\alpha_i) - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine **m** è espresso da

$$m = \left( 1 + \frac{\operatorname{tg} \phi_i \operatorname{tg} \alpha_i}{F} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione **n** è il numero delle strisce considerate, **b<sub>i</sub>** e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia **i**esima rispetto all'orizzontale, **W<sub>i</sub>** è il peso della striscia **i**esima, **c<sub>i</sub>** e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed **u<sub>i</sub>** è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di **Bishop semplificato** contiene al secondo membro il termine **m** che è funzione di **F**. Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per **F** da inserire nell'espressione di **m** ed iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

**8.2.3 VERIFICA 01 – Paramento di monte, fine costruzione, condizioni drenate, senza sisma**

**Dati**

Descrizione terreno

*Simbologia adottata*

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]
1	SUBSTRATO	2310	2337	24.80	22.3
2	CORPO DIGA	2140	2161	24.50	11.8
3	FONDAZIONE	2039	2131	25.00	50.0

Profilo del piano campagna

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

<i>Nr.</i>	Identificativo del punto
$X$	Ascissa del punto del profilo espressa in m
$Y$	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	-32.48	128.00
2	18.89	128.00
3	76.26	143.30
4	81.76	143.30
5	117.04	135.00
6	121.68	135.00
7	155.68	127.00
8	160.32	127.00
9	190.67	119.85
10	191.77	118.76
11	192.33	118.20
12	195.19	117.66
13	203.85	116.84
14	247.52	116.15

Descrizione stratigrafia

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (FONDAZIONE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	247.52	110.85
2	95.04	114.00
3	30.04	116.00
4	-32.47	116.72

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

n°	X	Y
	[m]	[m]
5	-32.48	0.00
6	247.52	0.00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (CORPO DIGA)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	191.77	118.76
2	190.67	119.85
3	160.32	127.00
4	155.68	127.00
5	121.68	135.00
6	117.04	135.00
7	81.76	143.30
8	76.26	143.30
9	18.89	128.00
10	85.20	125.04
11	91.20	119.04
12	96.20	119.04
13	102.20	125.04
14	148.61	121.91
15	151.76	118.76
16	172.20	118.76
17	180.86	118.76

Strato N° 3 costituito da terreno n° 1 (SUBSTRATO)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.47	116.72
2	30.04	116.00
3	95.04	114.00
4	247.52	110.85
5	247.52	116.15
6	203.85	116.84
7	195.19	117.66
8	192.33	118.20
9	191.77	118.76
10	180.86	118.76
11	172.20	118.76
12	151.76	118.76
13	148.61	121.91
14	102.20	125.04
15	96.20	119.04
16	91.20	119.04
17	85.20	125.04
18	18.89	128.00
19	-32.48	128.00

Descrizione falda

*Livello di falda*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.94	127.66
2	29.78	127.66
3	82.96	125.32
4	101.80	125.12
5	150.04	121.62
6	152.87	118.76
7	191.76	118.76
8	192.33	118.19
9	195.19	117.66

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

n°	X	Y
	[m]	[m]
10	199.52	117.25
11	203.85	116.84
12	247.52	116.22

### Carichi sul profilo

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Carichi distribuiti

$X_i, X_f$  Ascissa iniziale e finale del carico espressa in [m]

$V_{X_i}, V_{X_f}, V_{Y_i}, V_{Y_f}$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

### Carichi distribuiti

n°	Descrizione	$X_i$	$X_f$	$V_{Y_i}$	$V_{Y_f}$	$V_{X_i}$	$V_{X_f}$
		[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]
1	Stradale	76.26	81.76	3000	3000	0	0

### Dati normativa

#### Normativa :

- D.M. 11/03/1988

- D.M. 16/01/1996

### Impostazioni delle superfici di rottura

#### Superfici di rottura circolari

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 15.44$	$Y_0 = 142.60$
Passo maglia	[m]	$dX = 2.00$	$dY = 2.00$
Numero passi		$N_x = 35$	$N_y = 17$
Raggio	[m]	$R = 10.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=2.00$  [m] ed un numero di incrementi pari a 40

### Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- FELLENIUS

- BISHOP

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

### Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

**Risultati analisi**

Numero di superfici analizzate	15047
Coefficiente di sicurezza minimo	2.409
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	86

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
FELLENIUS	15047	2.192	1	-74.313	15047
BISHOP	15047	2.409	86	-86.539	15047

Caratteristiche delle superfici analizzate

*Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

F<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

Metodo di FELLENIUS (F)

Metodo di BISHOP (B)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	39.44	166.60	48.00	10.91	81.41	792.99	2.192 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.518 (B)	--	--
2	C	39.44	162.60	46.00	9.13	81.20	910.64	2.199 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.605 (B)	--	--
3	C	39.44	168.60	50.00	10.26	82.47	814.83	2.199 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.511 (B)	--	--
4	C	39.44	170.60	50.00	13.26	81.33	674.76	2.200 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.461 (B)	--	--
5	C	41.44	164.60	46.00	13.58	82.16	800.96	2.200 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.544 (B)	--	--
6	C	39.44	164.60	46.00	11.58	80.21	770.49	2.201 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.542 (B)	--	--
7	C	37.44	170.60	52.00	7.62	81.70	805.68	2.201 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.502 (B)	--	--
8	C	39.44	164.60	48.00	8.38	82.38	936.96	2.202 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.589 (B)	--	--
9	C	41.44	160.60	44.00	11.89	81.88	914.30	2.203 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.630 (B)	--	--
10	C	41.44	162.60	44.00	14.26	80.98	777.82	2.203 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.565 (B)	--	--
11	C	37.44	168.60	50.00	8.26	80.57	784.18	2.205 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.517 (B)	--	--
12	C	37.44	166.60	50.00	5.66	81.68	932.22	2.206 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.580 (B)	--	--
13	C	39.44	172.60	52.00	12.70	82.31	692.86	2.207 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.456 (B)	--	--
14	C	39.44	168.60	48.00	13.83	80.23	656.44	2.208 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.479 (B)	--	--
15	C	37.44	174.60	54.00	10.16	81.44	680.04	2.208 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.447 (B)	--	--
16	C	39.44	160.60	44.00	9.89	79.90	883.82	2.209 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.635 (B)	--	--
17	C	37.44	164.60	48.00	6.38	80.46	906.50	2.212 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.601 (B)	--	--
18	C	41.44	168.60	48.00	15.83	82.17	686.91	2.212 (F)	--	--

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
--	--	--	--	--	--	--	--	2.488 (B)	--	--
19	C	37.44	172.60	52.00	10.70	80.40	662.36	2.212 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.460 (B)	--	--
20	C	41.44	166.60	46.00	16.42	81.10	667.96	2.212 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.502 (B)	--	--
21	C	41.44	162.60	46.00	11.13	83.05	941.24	2.213 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.618 (B)	--	--
22	C	41.44	158.60	42.00	12.67	80.55	886.36	2.214 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.665 (B)	--	--
23	C	41.44	166.60	48.00	12.91	83.21	823.38	2.214 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.542 (B)	--	--
24	C	37.44	172.60	54.00	7.00	82.66	826.71	2.215 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.503 (B)	--	--
25	C	37.44	166.60	48.00	8.91	79.41	762.12	2.215 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.540 (B)	--	--
26	C	39.44	170.60	52.00	9.62	83.45	835.98	2.217 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.516 (B)	--	--
27	C	39.44	162.60	44.00	12.26	78.98	746.94	2.217 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.575 (B)	--	--
28	C	39.44	166.60	50.00	7.66	83.47	962.51	2.217 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.587 (B)	--	--
29	C	37.44	168.60	52.00	4.95	82.74	957.18	2.219 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.577 (B)	--	--
30	C	41.44	160.60	42.00	14.96	79.71	754.27	2.221 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.602 (B)	--	--

**Analisi della superficie critica**

*Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

- N° numero d'ordine della striscia
- X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
- X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m
- Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m
- α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
- φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
- c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa
- L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa
- W peso della striscia espresso in kg
- Q carico applicato sulla striscia espresso in kg
- N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
- T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
- U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
- E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 86

**Analisi della superficie 86**

Numero di strisce	21	
Coordinate del centro	X[m]= 47.44	Y[m]= 174.60
Raggio del cerchio	R[m]= 46.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 31.64	Y <sub>v</sub> [m]= 131.40
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 81.15	Y <sub>m</sub> [m]= 143.30
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub> = 2.409	

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	31.64	131.40	131.40	33.99	132.03	130.61	33.20	131.35	2.48	-18.55	24.50	12
2	33.99	132.03	130.61	36.33	132.65	129.96	35.28	131.31	2.44	-15.49	24.50	12

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>q</sub> [m]	Y <sub>q</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
3	36.33	132.65	129.96	38.68	133.28	129.44	37.58	131.33	2.41	-12.47	24.50	12
4	38.68	133.28	129.44	41.03	133.90	129.05	39.90	131.42	2.38	-9.49	24.50	12
5	41.03	133.90	129.05	43.38	134.53	128.78	42.24	131.57	2.36	-6.54	24.50	12
6	43.38	134.53	128.78	45.73	135.16	128.63	44.58	131.78	2.35	-3.60	24.50	12
7	45.73	135.16	128.63	48.08	135.78	128.60	46.92	132.05	2.35	-0.67	24.50	12
8	48.08	135.78	128.60	50.43	136.41	128.70	49.27	132.38	2.35	2.26	24.50	12
9	50.43	136.41	128.70	52.77	137.04	128.91	51.61	132.77	2.36	5.19	24.50	12
10	52.77	137.04	128.91	55.12	137.66	129.25	53.96	133.22	2.37	8.14	24.50	12
11	55.12	137.66	129.25	57.47	138.29	129.71	56.30	133.73	2.39	11.11	24.50	12
12	57.47	138.29	129.71	59.82	138.92	130.30	58.65	134.30	2.42	14.10	24.50	12
13	59.82	138.92	130.30	62.17	139.54	131.02	60.99	134.94	2.46	17.14	24.50	12
14	62.17	139.54	131.02	64.52	140.17	131.89	63.34	135.65	2.50	20.23	24.50	12
15	64.52	140.17	131.89	66.87	140.79	132.90	65.68	136.44	2.56	23.39	24.50	12
16	66.87	140.79	132.90	69.21	141.42	134.08	68.03	137.29	2.63	26.62	24.50	12
17	69.21	141.42	134.08	71.56	142.05	135.43	70.37	138.24	2.71	29.94	24.50	12
18	71.56	142.05	135.43	73.91	142.67	136.98	72.71	139.27	2.81	33.38	24.50	12
19	73.91	142.67	136.98	76.26	143.30	138.75	75.04	140.40	2.94	36.96	24.50	12
20	76.26	143.30	138.75	78.70	143.30	140.86	77.36	141.50	3.23	40.81	24.50	12
21	78.70	143.30	140.86	81.15	143.30	143.30	79.52	142.49	3.46	44.97	24.50	12

**Forze applicate sulle strisce [FELLENIOUS]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	3554	0	3370	1999	0	0	0	0	0	
2	10318	0	9943	3304	0	0	0	0	0	
3	16407	0	16020	4513	0	0	0	0	0	
4	21847	0	21548	5615	0	0	0	0	0	
5	26658	0	26485	6602	0	0	0	0	0	
6	30853	0	30792	7465	0	0	0	0	0	
7	34441	0	34439	8198	0	0	0	0	0	
8	37425	0	37396	8796	0	0	0	0	0	
9	39804	0	39641	9253	0	0	0	0	0	
10	41572	0	41154	9565	0	0	0	0	0	
11	42718	0	41918	9731	0	0	0	0	0	
12	43224	0	41921	9746	0	0	0	0	0	
13	43069	0	41155	9611	0	0	0	0	0	
14	42221	0	39615	9325	0	0	0	0	0	
15	40641	0	37302	8888	0	0	0	0	0	
16	38279	0	34223	8303	0	0	0	0	0	
17	35070	0	30390	7574	0	0	0	0	0	
18	30930	0	25828	6708	0	0	0	0	0	
19	25748	0	20574	5716	0	0	0	0	0	
20	18296	7334	19400	5634	0	0	0	0	0	
21	6388	7334	9708	3799	0	0	0	0	0	

**Forze applicate sulle strisce [BISHOP]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	3554	0	4447	2079	0	0	3385	0	0	
2	10318	0	11655	3422	0	3385	9796	0	0	
3	16407	0	17815	4572	0	9796	18108	0	0	
4	21847	0	23079	5556	0	18108	27393	0	0	
5	26658	0	27565	6396	0	27393	36885	0	0	
6	30853	0	31361	7109	0	36885	45947	0	0	
7	34441	0	34533	7707	0	45947	54057	0	0	
8	37425	0	37131	8199	0	54057	60787	0	0	
9	39804	0	39188	8592	0	60787	65798	0	0	
10	41572	0	40724	8890	0	65798	68834	0	0	
11	42718	0	41748	9094	0	68834	69717	0	0	
12	43224	0	42255	9204	0	69717	68346	0	0	
13	43069	0	42228	9217	0	68346	64706	0	0	
14	42221	0	41633	9127	0	64706	58871	0	0	
15	40641	0	40419	8925	0	58871	51020	0	0	
16	38279	0	38508	8598	0	51020	41455	0	0	
17	35070	0	35792	8125	0	41455	30632	0	0	
18	30930	0	32112	7480	0	30632	19210	0	0	
19	25748	0	27241	6622	0	19210	8121	0	0	
20	18296	7334	27909	6893	0	8121	-4899	0	0	

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
21	6388	7334	14862	4538	0	-4899	-12192	0	0	

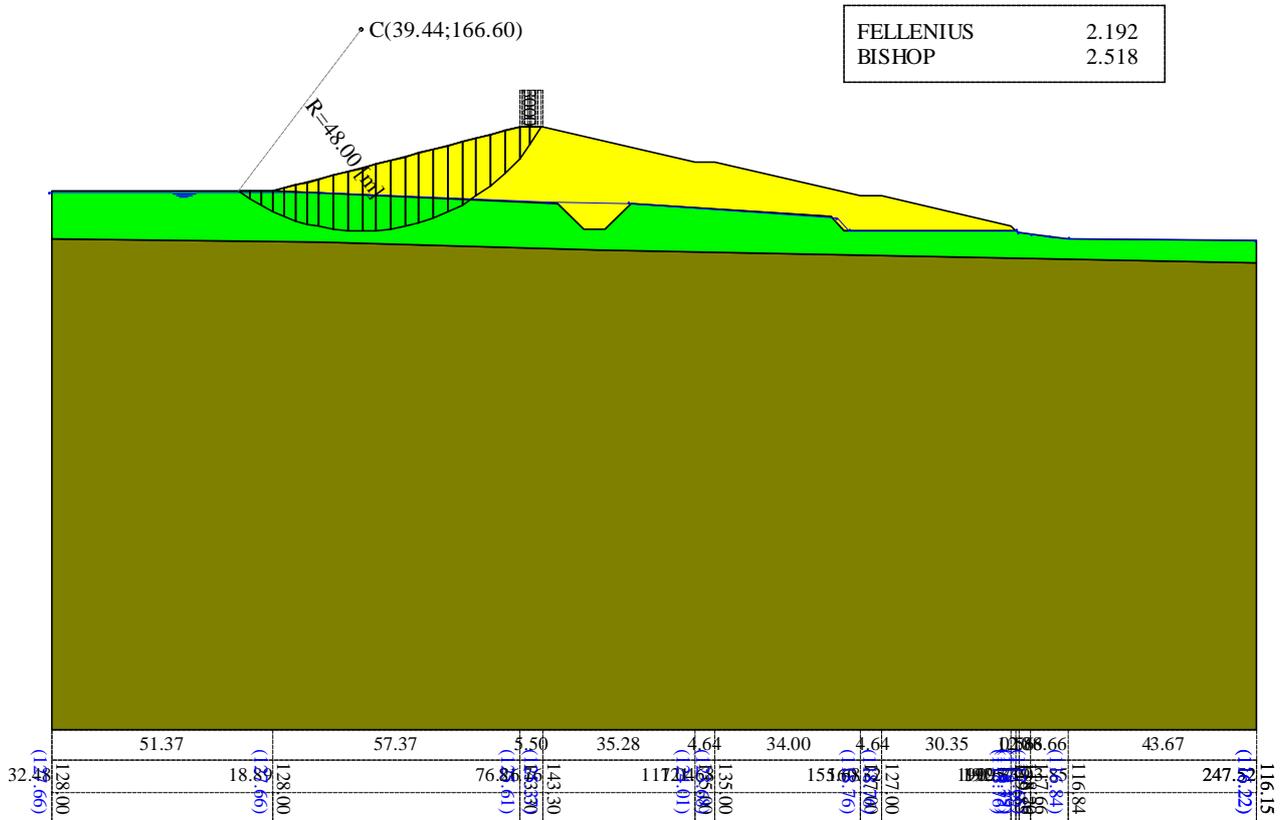


Figura 19 – Risultati verifica 01 secondo DM LL.PP. 24/03/1982– cerchio critico con il metodo di Fellenius

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

**8.2.4 VERIFICA 02 – Paramento di monte, fine costruzione, condizioni non drenate, senza sisma**

**Dati**

Descrizione terreno

*Simbologia adottata*

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi_u$ [°]	$c_u$ [kPa]
1	SUBSTRATO	2310	2337	0.00	77.0
2	CORPO DIGA	2140	2161	0.00	61.4
3	FONDAZIONE	2039	2131	0.00	150.0

Profilo del piano campagna

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	-32.48	128.00
2	18.89	128.00
3	76.26	143.30
4	81.76	143.30
5	117.04	135.00
6	121.68	135.00
7	155.68	127.00
8	160.32	127.00
9	190.67	119.85
10	191.77	118.76
11	192.33	118.20
12	195.19	117.66
13	203.85	116.84
14	247.52	116.15

Descrizione stratigrafia

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (FONDAZIONE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	247.52	110.85

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

n°	X	Y
	[m]	[m]
2	95.04	114.00
3	30.04	116.00
4	-32.47	116.72
5	-32.48	0.00
6	247.52	0.00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (CORPO DIGA)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	191.77	118.76
2	190.67	119.85
3	160.32	127.00
4	155.68	127.00
5	121.68	135.00
6	117.04	135.00
7	81.76	143.30
8	76.26	143.30
9	18.89	128.00
10	85.20	125.04
11	91.20	119.04
12	96.20	119.04
13	102.20	125.04
14	148.61	121.91
15	151.76	118.76
16	172.20	118.76
17	180.86	118.76

Strato N° 3 costituito da terreno n° 1 (SUBSTRATO)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.47	116.72
2	30.04	116.00
3	95.04	114.00
4	247.52	110.85
5	247.52	116.15
6	203.85	116.84
7	195.19	117.66
8	192.33	118.20
9	191.77	118.76
10	180.86	118.76
11	172.20	118.76
12	151.76	118.76
13	148.61	121.91
14	102.20	125.04
15	96.20	119.04
16	91.20	119.04
17	85.20	125.04
18	18.89	128.00
19	-32.48	128.00

Descrizione falda

*Livello di falda*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.94	127.66
2	29.78	127.66
3	82.96	125.32
4	101.80	125.12
5	150.04	121.62
6	152.87	118.76

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

n°	X	Y
	[m]	[m]
7	191.76	118.76
8	192.33	118.19
9	195.19	117.66
10	199.52	117.25
11	203.85	116.84
12	247.52	116.22

### Carichi sul profilo

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Carichi distribuiti

$X_i$ ,  $X_f$  Ascissa iniziale e finale del carico espressa in [m]

$V_{X_i}$ ,  $V_{X_f}$ ,  $V_{Y_i}$ ,  $V_{Y_f}$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

### Carichi distribuiti

n°	Descrizione	$X_i$	$X_f$	$V_{Y_i}$	$V_{Y_f}$	$V_{X_i}$	$V_{X_f}$
		[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]
1	Stradale	76.26	81.76	3000	3000	0	0

### Dati normativa

#### Normativa :

- D.M. 11/03/1988
- D.M. 16/01/1996

### Impostazioni delle superfici di rottura

#### Superfici di rottura circolari

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 15.44$	$Y_0 = 142.60$
Passo maglia	[m]	$dX = 2.00$	$dY = 2.00$
Numero passi		$N_x = 35$	$N_y = 17$
Raggio	[m]	$R = 10.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=2.00$  [m] ed un numero di incrementi pari a 40

### Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- FELLENIUS
- BISHOP

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Analisi condotta in termini di **tensioni totali**

Presenza di carichi distribuiti

### Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

**Risultati analisi**

Numero di superfici analizzate 15047  
 Coefficiente di sicurezza minimo 1.603  
 Superficie con coefficiente di sicurezza minimo 1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
FELLENIUS	15047	1.603	1	-37.784	15047
BISHOP	15047	1.603	1	-37.784	15047

Caratteristiche delle superfici analizzate

*Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 N° numero d'ordine della superficie cerchio  
 C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]  
 C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]  
 R raggio del cerchio espresso in m  
 x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m  
 x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m  
 V volume interessato dalla superficie espresso [mc]  
 F<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

Metodo di FELLENIUS (F)

Metodo di BISHOP (B)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	45.44	162.60	46.00	15.13	86.64	999.65	1.603 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.603 (B)	--	--
2	C	45.44	164.60	48.00	14.38	87.73	1024.26	1.603 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.603 (B)	--	--
3	C	45.44	160.60	44.00	15.89	85.51	973.96	1.606 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.606 (B)	--	--
4	C	45.44	166.60	50.00	13.66	88.77	1048.10	1.607 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.607 (B)	--	--
5	C	43.44	164.60	48.00	12.38	85.95	996.14	1.607 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.607 (B)	--	--
6	C	43.44	166.60	50.00	11.66	87.01	1020.52	1.608 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.608 (B)	--	--
7	C	47.44	162.60	46.00	17.13	88.43	1027.39	1.611 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.611 (B)	--	--
8	C	47.44	160.60	44.00	17.89	87.31	1002.21	1.612 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.612 (B)	--	--
9	C	43.44	168.60	52.00	10.95	88.02	1044.20	1.612 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.612 (B)	--	--
10	C	43.44	162.60	46.00	13.13	84.85	970.61	1.613 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.613 (B)	--	--
11	C	45.44	168.60	52.00	12.95	89.77	1071.57	1.613 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.613 (B)	--	--
12	C	47.44	164.60	48.00	16.38	89.50	1051.78	1.613 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.613 (B)	--	--
13	C	47.44	158.60	42.00	18.67	86.14	975.93	1.618 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.618 (B)	--	--
14	C	45.44	158.60	42.00	16.67	84.31	946.76	1.618 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.618 (B)	--	--
15	C	43.44	170.60	54.00	10.26	88.99	1066.72	1.619 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.619 (B)	--	--
16	C	47.44	166.60	50.00	15.66	90.53	1075.18	1.620 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.620 (B)	--	--
17	C	43.44	160.60	44.00	13.89	83.70	944.58	1.621 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.621 (B)	--	--

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
18	C	45.44	170.60	54.00	12.26	90.73	1093.68	1.622 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.622 (B)	--	--
19	C	41.44	168.60	52.00	8.95	86.26	1016.01	1.625 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.625 (B)	--	--
20	C	41.44	166.60	50.00	9.66	85.24	991.80	1.627 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.627 (B)	--	--
21	C	43.44	172.60	56.00	9.57	89.93	1089.12	1.627 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.627 (B)	--	--
22	C	41.44	170.60	54.00	8.26	87.25	1039.24	1.628 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.628 (B)	--	--
23	C	47.44	168.60	52.00	14.95	91.51	1097.87	1.630 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.630 (B)	--	--
24	C	41.44	164.60	48.00	10.38	84.17	967.00	1.630 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.630 (B)	--	--
25	C	45.44	172.60	56.00	11.57	91.65	1115.26	1.634 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.634 (B)	--	--
26	C	41.44	172.60	56.00	7.57	88.20	1061.70	1.634 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.634 (B)	--	--
27	C	45.44	156.60	40.00	17.48	83.06	918.88	1.636 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.636 (B)	--	--
28	C	47.44	156.60	40.00	19.35	84.90	948.00	1.637 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.637 (B)	--	--
29	C	49.44	162.60	46.00	19.07	90.22	1054.66	1.637 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.637 (B)	--	--
30	C	43.44	174.60	58.00	8.91	90.83	1110.49	1.638 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.638 (B)	--	--

**Analisi della superficie critica**

*Simbologia adottata*

- Le ascisse X sono considerate positive verso destra
- Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
- Le strisce sono numerate da valle verso monte
- N° numero d'ordine della striscia
- X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
- X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m
- Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m
- α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
- φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
- c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa
- L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa
- W peso della striscia espresso in kg
- Q carico applicato sulla striscia espresso in kg
- N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
- T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
- U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
- E<sub>sr</sub>, E<sub>sd</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- X<sub>sr</sub>, X<sub>sd</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1**

Numero di strisce	23	
Coordinate del centro	X[m]= 45.44	Y[m]= 162.60
Raggio del cerchio	R[m]= 46.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 15.13	Y <sub>v</sub> [m]= 128.00
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 86.64	Y <sub>m</sub> [m]= 142.15
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub> = 1.603	

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	15.13	128.00	128.00	17.01	128.00	126.44	16.38	127.48	2.44	-39.70	0.00	77

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>q</sub> [m]	Y <sub>q</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
2	17.01	128.00	126.44	18.89	128.00	125.04	18.05	126.83	2.35	-36.71	0.00	77
3	18.89	128.00	125.04	21.61	128.73	123.25	20.39	126.23	3.25	-33.22	0.00	77
4	21.61	128.73	123.25	24.34	129.45	121.73	23.05	125.78	3.12	-29.25	0.00	77
5	24.34	129.45	121.73	27.06	130.18	120.43	25.75	125.44	3.01	-25.43	0.00	77
6	27.06	130.18	120.43	29.78	130.90	119.35	28.46	125.21	2.93	-21.73	0.00	77
7	29.78	130.90	119.35	33.36	131.86	118.22	31.62	125.08	3.75	-17.57	0.00	77
8	33.36	131.86	118.22	36.93	132.81	117.39	35.18	125.07	3.67	-12.95	0.00	77
9	36.93	132.81	117.39	40.51	133.76	116.87	38.75	125.21	3.61	-8.41	0.00	77
10	40.51	133.76	116.87	44.08	134.72	116.62	42.31	125.49	3.58	-3.92	0.00	77
11	44.08	134.72	116.62	47.66	135.67	116.65	45.88	125.92	3.58	0.54	0.00	77
12	47.66	135.67	116.65	51.23	136.63	116.97	49.45	126.48	3.59	5.00	0.00	77
13	51.23	136.63	116.97	54.81	137.58	117.56	53.03	127.18	3.63	9.49	0.00	77
14	54.81	137.58	117.56	58.38	138.53	118.46	56.60	128.03	3.69	14.05	0.00	77
15	58.38	138.53	118.46	61.96	139.49	119.67	60.17	129.04	3.77	18.69	0.00	77
16	61.96	139.49	119.67	65.53	140.44	121.22	63.74	130.20	3.90	23.47	0.00	77
17	65.53	140.44	121.22	69.11	141.39	123.16	67.31	131.55	4.07	28.43	0.00	77
18	69.11	141.39	123.16	72.68	142.35	125.54	70.87	133.10	4.29	33.64	0.00	77
19	72.68	142.35	125.54	76.26	143.30	128.45	74.44	134.89	4.61	39.19	0.00	62
20	76.26	143.30	128.45	79.01	143.30	131.15	77.59	136.53	3.85	44.47	0.00	61
21	79.01	143.30	131.15	81.76	143.30	134.37	80.31	137.99	4.23	49.51	0.00	61
22	81.76	143.30	134.37	84.20	142.73	137.83	82.86	139.49	4.24	54.78	0.00	61
23	84.20	142.73	137.83	86.64	142.15	142.15	85.02	140.90	4.96	60.51	0.00	61

**Forze applicate sulle strisce [FELLIUS]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	3417	0	2629	11979	0	0	0	0	0	0
2	9949	0	7976	11498	0	0	0	0	0	0
3	26642	0	22287	15946	0	0	0	0	0	0
4	41379	0	36102	15289	0	0	0	0	0	0
5	54441	0	49165	14770	0	0	0	0	0	0
6	66181	0	61479	14359	0	0	0	0	0	0
7	102507	0	97726	18374	0	0	0	0	0	0
8	117853	0	114857	17974	0	0	0	0	0	0
9	130678	0	129273	17708	0	0	0	0	0	0
10	141094	0	140763	17559	0	0	0	0	0	0
11	149163	0	149156	17518	0	0	0	0	0	0
12	154901	0	154312	17584	0	0	0	0	0	0
13	158280	0	156113	17761	0	0	0	0	0	0
14	159229	0	154468	18057	0	0	0	0	0	0
15	157621	0	149306	18493	0	0	0	0	0	0
16	153264	0	140581	19098	0	0	0	0	0	0
17	145873	0	128275	19921	0	0	0	0	0	0
18	135027	0	112411	21042	0	0	0	0	0	0
19	121118	0	93869	18117	0	0	0	0	0	0
20	79441	8250	62581	15055	0	0	0	0	0	0
21	62022	8250	45632	16545	0	0	0	0	0	0
22	36123	0	20831	16547	0	0	0	0	0	0
23	12789	0	6295	19386	0	0	0	0	0	0

**Forze applicate sulle strisce [BISHOP]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	3417	0	14386	11979	0	0	18406	0	0	0
2	9949	0	20986	11498	0	18406	40168	0	0	0
3	26642	0	42292	15946	0	40168	76680	0	0	0
4	41379	0	55991	15289	0	76680	117381	0	0	0
5	54441	0	67306	14770	0	117381	159624	0	0	0
6	66181	0	76966	14359	0	159624	201457	0	0	0
7	102507	0	113338	18374	0	201457	253182	0	0	0
8	117853	0	125058	17974	0	253182	298716	0	0	0
9	130678	0	134716	17708	0	298716	335933	0	0	0
10	141094	0	142631	17559	0	335933	363213	0	0	0
11	149163	0	149006	17518	0	363213	379339	0	0	0
12	154901	0	153954	17584	0	379339	383444	0	0	0
13	158280	0	157508	17761	0	383444	374987	0	0	0

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
14	159229	0	159619	18057	0	374987	353764	0	0	
15	157621	0	160142	18493	0	353764	319956	0	0	
16	153264	0	158798	19098	0	319956	274221	0	0	
17	145873	0	155098	19921	0	274221	217889	0	0	
18	135027	0	148191	21042	0	217889	153307	0	0	
19	121118	0	141504	18117	0	153307	77926	0	0	
20	79441	8250	108100	15055	0	77926	12946	0	0	
21	62022	8250	88840	16545	0	12946	-43872	0	0	
22	36123	0	39199	16547	0	-43872	-66354	0	0	
23	12789	0	-8300	19386	0	-66354	-49587	0	0	

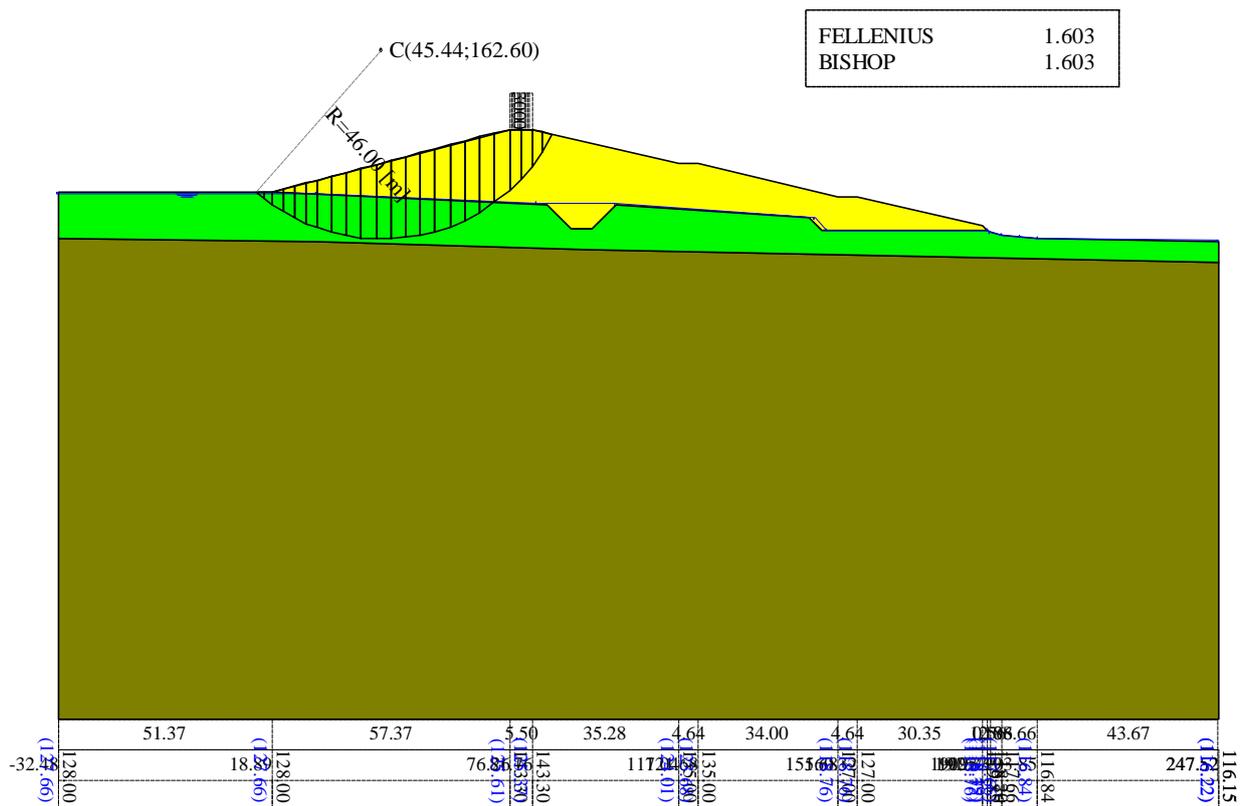


Figura 20 – Risultati verifica 02 secondo DM LL.PP. 24/03/1982 – cerchio critico con i metodi di Fellenius e Bishop

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

**8.2.5 VERIFICA 03 – Paramento di monte, fine costruzione, condizioni non drenate, con sisma**

**Dati**

Descrizione terreno

*Simbologia adottata*

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi_u$ [°]	$c_u$ [kPa]
1	SUBSTRATO	2310	2337	0.00	77.0
2	CORPO DIGA	2140	2161	0.00	61.4
3	FONDAZIONE	2039	2131	0.00	150.0

Profilo del piano campagna

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

<i>Nr.</i>	Identificativo del punto
$X$	Ascissa del punto del profilo espressa in m
$Y$	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	-32.48	128.00
2	18.89	128.00
3	76.26	143.30
4	81.76	143.30
5	117.04	135.00
6	121.68	135.00
7	155.68	127.00
8	160.32	127.00
9	190.67	119.85
10	191.77	118.76
11	192.33	118.20
12	195.19	117.66
13	203.85	116.84
14	247.52	116.15

Descrizione stratigrafia

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (FONDAZIONE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	247.52	110.85
2	95.04	114.00
3	30.04	116.00

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

n°	X	Y
	[m]	[m]
4	-32.47	116.72
5	-32.48	0.00
6	247.52	0.00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (CORPO DIGA)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	191.77	118.76
2	190.67	119.85
3	160.32	127.00
4	155.68	127.00
5	121.68	135.00
6	117.04	135.00
7	81.76	143.30
8	76.26	143.30
9	18.89	128.00
10	85.20	125.04
11	91.20	119.04
12	96.20	119.04
13	102.20	125.04
14	148.61	121.91
15	151.76	118.76
16	172.20	118.76
17	180.86	118.76

Strato N° 3 costituito da terreno n° 1 (SUBSTRATO)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.47	116.72
2	30.04	116.00
3	95.04	114.00
4	247.52	110.85
5	247.52	116.15
6	203.85	116.84
7	195.19	117.66
8	192.33	118.20
9	191.77	118.76
10	180.86	118.76
11	172.20	118.76
12	151.76	118.76
13	148.61	121.91
14	102.20	125.04
15	96.20	119.04
16	91.20	119.04
17	85.20	125.04
18	18.89	128.00
19	-32.48	128.00

Descrizione falda

*Livello di falda*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.94	127.66
2	29.78	127.66
3	82.96	125.32
4	101.80	125.12
5	150.04	121.62
6	152.87	118.76
7	191.76	118.76
8	192.33	118.19

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

n°	X	Y
	[m]	[m]
9	195.19	117.66
10	199.52	117.25
11	203.85	116.84
12	247.52	116.22

### Carichi sul profilo

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Carichi distribuiti

X<sub>i</sub>, X<sub>f</sub> Ascissa iniziale e finale del carico espressa in [m]

V<sub>Xi</sub>, V<sub>Xf</sub>, V<sub>Yi</sub>, V<sub>Yf</sub> Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

### Carichi distribuiti

n°	Descrizione	X <sub>i</sub>	X <sub>f</sub>	V <sub>Yi</sub>	V <sub>Yf</sub>	V <sub>Xi</sub>	V <sub>Xf</sub>
		[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]
1	Stradale	76.26	81.76	3000	3000	0	0

### Dati zona sismica

Coefficiente sismico orizzontale (percento)	7.00
Coefficiente sismico verticale (percento)	3.50
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50

### Dati normativa

#### Normativa :

- D.M. 11/03/1988
- D.M. 16/01/1996

### Impostazioni delle superfici di rottura

#### Superfici di rottura circolari

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	X <sub>0</sub> = 15.44	Y <sub>0</sub> = 142.60
Passo maglia	[m]	dX = 2.00	dY = 2.00
Numero passi		Nx = 35	Ny = 17
Raggio	[m]	R = 10.00	

Si utilizza un raggio variabile con passo dR=2.00 [m] ed un numero di incrementi pari a 40

### Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- FELLENIUS
- BISHOP

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **sismiche**.

Analisi condotta in termini di **tensioni totali**

Presenza di carichi distribuiti

### Condizioni di esclusione

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

### Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	15047
Coefficiente di sicurezza minimo	1.261
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
FELLENIUS	15047	1.261	1	28.577	15047
BISHOP	15047	1.261	1	28.577	15047

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

F<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

Metodo di FELLENIUS (F)

Metodo di BISHOP (B)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	45.44	168.60	52.00	12.95	89.77	1071.57	1.261 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.261 (B)	--	--
2	C	45.44	170.60	54.00	12.26	90.73	1093.68	1.262 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.262 (B)	--	--
3	C	47.44	166.60	50.00	15.66	90.53	1075.18	1.264 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.264 (B)	--	--
4	C	47.44	168.60	52.00	14.95	91.51	1097.87	1.264 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.264 (B)	--	--
5	C	45.44	166.60	50.00	13.66	88.77	1048.10	1.264 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.264 (B)	--	--
6	C	45.44	172.60	56.00	11.57	91.65	1115.26	1.264 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.264 (B)	--	--
7	C	47.44	170.60	54.00	14.26	92.46	1119.55	1.265 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.265 (B)	--	--
8	C	47.44	164.60	48.00	16.38	89.50	1051.78	1.266 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.266 (B)	--	--
9	C	45.44	174.60	58.00	10.91	92.55	1136.17	1.267 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.267 (B)	--	--
10	C	43.44	172.60	56.00	9.57	89.93	1089.12	1.267 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.267 (B)	--	--
11	C	45.44	164.60	48.00	14.38	87.73	1024.26	1.267 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.267 (B)	--	--
12	C	43.44	170.60	54.00	10.26	88.99	1066.72	1.268 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.268 (B)	--	--
13	C	47.44	172.60	56.00	13.57	93.37	1140.70	1.268 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.268 (B)	--	--
14	C	43.44	168.60	52.00	10.95	88.02	1044.20	1.269 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.269 (B)	--	--

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
15	C	43.44	174.60	58.00	8.91	90.83	1110.49	1.269 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.269 (B)	--	--
16	C	47.44	162.60	46.00	17.13	88.43	1027.39	1.271 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.271 (B)	--	--
17	C	47.44	174.60	58.00	12.91	94.26	1161.60	1.272 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.272 (B)	--	--
18	C	43.44	166.60	50.00	11.66	87.01	1020.52	1.272 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.272 (B)	--	--
19	C	45.44	162.60	46.00	15.13	86.64	999.65	1.274 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.274 (B)	--	--
20	C	49.44	166.60	50.00	17.66	92.28	1101.06	1.274 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.274 (B)	--	--
21	C	49.44	168.60	52.00	16.95	93.26	1123.61	1.274 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.274 (B)	--	--
22	C	49.44	164.60	48.00	18.38	91.27	1078.10	1.275 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.275 (B)	--	--
23	C	49.44	170.60	54.00	16.26	94.19	1144.87	1.276 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.276 (B)	--	--
24	C	43.44	164.60	48.00	12.38	85.95	996.14	1.278 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.278 (B)	--	--
25	C	47.44	160.60	44.00	17.89	87.31	1002.21	1.279 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.279 (B)	--	--
26	C	49.44	162.60	46.00	19.07	90.22	1054.66	1.279 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.279 (B)	--	--
27	C	41.44	172.60	56.00	7.57	88.20	1061.70	1.280 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.280 (B)	--	--
28	C	41.44	174.60	58.00	6.91	89.12	1083.44	1.280 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.280 (B)	--	--
29	C	49.44	172.60	56.00	15.57	95.09	1165.61	1.280 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.280 (B)	--	--
30	C	41.44	170.60	54.00	8.26	87.25	1039.24	1.281 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.281 (B)	--	--

**Analisi della superficie critica**

*Simbologia adottata*

- Le ascisse X sono considerate positive verso destra
- Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
- Le strisce sono numerate da valle verso monte
- N° numero d'ordine della striscia
- X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
- X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m
- Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m
- α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
- φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
- c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa
- L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa
- W peso della striscia espresso in kg
- Q carico applicato sulla striscia espresso in kg
- N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
- T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
- U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
- E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1**

Numero di strisce	23	
Coordinate del centro	X[m]= 45.44	Y[m]= 168.60
Raggio del cerchio	R[m]= 52.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 12.95	Y <sub>v</sub> [m]= 128.00
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 89.77	Y <sub>m</sub> [m]= 141.42
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub> = 1.261	

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>q</sub> [m]	Y <sub>q</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	12.95	128.00	128.00	15.92	128.00	125.79	14.93	127.26	3.70	-36.63	0.00	77
2	15.92	128.00	125.79	18.89	128.00	123.89	17.55	126.37	3.53	-32.65	0.00	77
3	18.89	128.00	123.89	22.52	128.97	121.92	20.86	125.67	4.13	-28.43	0.00	77
4	22.52	128.97	121.92	26.15	129.94	120.31	24.43	125.28	3.97	-23.96	0.00	77
5	26.15	129.94	120.31	29.78	130.90	119.01	28.03	125.04	3.85	-19.65	0.00	77
6	29.78	130.90	119.01	33.36	131.86	118.02	31.61	124.95	3.71	-15.48	0.00	77
7	33.36	131.86	118.02	36.93	132.81	117.30	35.18	125.00	3.65	-11.43	0.00	77
8	36.93	132.81	117.30	40.51	133.76	116.83	38.74	125.18	3.61	-7.43	0.00	77
9	40.51	133.76	116.83	44.08	134.72	116.62	42.31	125.49	3.58	-3.47	0.00	77
10	44.08	134.72	116.62	47.66	135.67	116.65	45.88	125.92	3.58	0.47	0.00	77
11	47.66	135.67	116.65	51.23	136.63	116.92	49.46	126.47	3.59	4.42	0.00	77
12	51.23	136.63	116.92	54.81	137.58	117.45	53.03	127.15	3.61	8.39	0.00	77
13	54.81	137.58	117.45	58.38	138.53	118.24	56.60	127.95	3.66	12.40	0.00	77
14	58.38	138.53	118.24	61.96	139.49	119.29	60.17	128.89	3.73	16.47	0.00	77
15	61.96	139.49	119.29	65.53	140.44	120.64	63.74	129.96	3.82	20.63	0.00	77
16	65.53	140.44	120.64	69.11	141.39	122.30	67.31	131.19	3.94	24.90	0.00	77
17	69.11	141.39	122.30	72.68	142.35	124.31	70.88	132.58	4.10	29.34	0.00	77
18	72.68	142.35	124.31	76.26	143.30	126.72	74.45	134.16	4.31	33.97	0.00	69
19	76.26	143.30	126.72	79.01	143.30	128.89	77.60	135.54	3.50	38.28	0.00	61
20	79.01	143.30	128.89	81.76	143.30	131.39	80.34	136.70	3.72	42.26	0.00	61
21	81.76	143.30	131.39	84.43	142.67	134.19	83.02	137.86	3.87	46.44	0.00	61
22	84.43	142.67	134.19	87.10	142.04	137.48	85.63	139.03	4.23	50.91	0.00	61
23	87.10	142.04	137.48	89.77	141.42	141.42	87.99	140.31	4.76	55.86	0.00	61

**Forze applicate sulle strisce [FELLIUS]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	7639	0	6235	23040	0	0	0	0	0	
2	21934	0	18651	21959	0	0	0	0	0	
3	46957	0	41415	25695	0	0	0	0	0	
4	69626	0	63377	24728	0	0	0	0	0	
5	89248	0	83210	23994	0	0	0	0	0	
6	104703	0	99328	23094	0	0	0	0	0	
7	119043	0	114250	22706	0	0	0	0	0	
8	131195	0	126727	22445	0	0	0	0	0	
9	141232	0	136638	22297	0	0	0	0	0	
10	149198	0	143885	22257	0	0	0	0	0	
11	155104	0	148394	22323	0	0	0	0	0	
12	158931	0	150105	22497	0	0	0	0	0	
13	160629	0	148980	22787	0	0	0	0	0	
14	160114	0	144995	23208	0	0	0	0	0	
15	157260	0	138149	23781	0	0	0	0	0	
16	151885	0	128463	24538	0	0	0	0	0	
17	143739	0	115990	25530	0	0	0	0	0	
18	132680	0	100992	24131	0	0	0	0	0	
19	91201	8250	71025	17389	0	0	0	0	0	
20	77464	8250	57185	18443	0	0	0	0	0	
21	58248	0	35782	19228	0	0	0	0	0	
22	37258	0	20648	21013	0	0	0	0	0	
23	13040	0	6306	23611	0	0	0	0	0	

**Forze applicate sulle strisce [BISHOP]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	7639	0	26316	23040	0	0	33656	0	0	
2	21934	0	39206	21959	0	33656	71760	0	0	
3	46957	0	65436	25695	0	71760	122220	0	0	
4	69626	0	84518	24728	0	122220	174270	0	0	
5	89248	0	100019	23994	0	174270	224254	0	0	
6	104703	0	111240	23094	0	224254	268876	0	0	
7	119043	0	121791	22706	0	268876	306931	0	0	
8	131195	0	130603	22445	0	306931	336895	0	0	

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
9	141232	0	137892	22297	0	336895	357613	0	0	
10	149198	0	143798	22257	0	357613	368238	0	0	
11	155104	0	148396	22323	0	368238	368202	0	0	
12	158931	0	151709	22497	0	368202	357205	0	0	
13	160629	0	153698	22787	0	357205	335225	0	0	
14	160114	0	154259	23208	0	335225	302546	0	0	
15	157260	0	153199	23781	0	302546	259825	0	0	
16	151885	0	150203	24538	0	259825	208199	0	0	
17	143739	0	144765	25530	0	208199	149468	0	0	
18	132680	0	138130	24131	0	149468	83005	0	0	
19	91201	8250	108532	17389	0	83005	22460	0	0	
20	77464	8250	94998	18443	0	22460	-33771	0	0	
21	58248	0	61347	19228	0	-33771	-69051	0	0	
22	37258	0	31153	21013	0	-69051	-82587	0	0	
23	13040	0	-12400	23611	0	-82587	-59986	0	0	

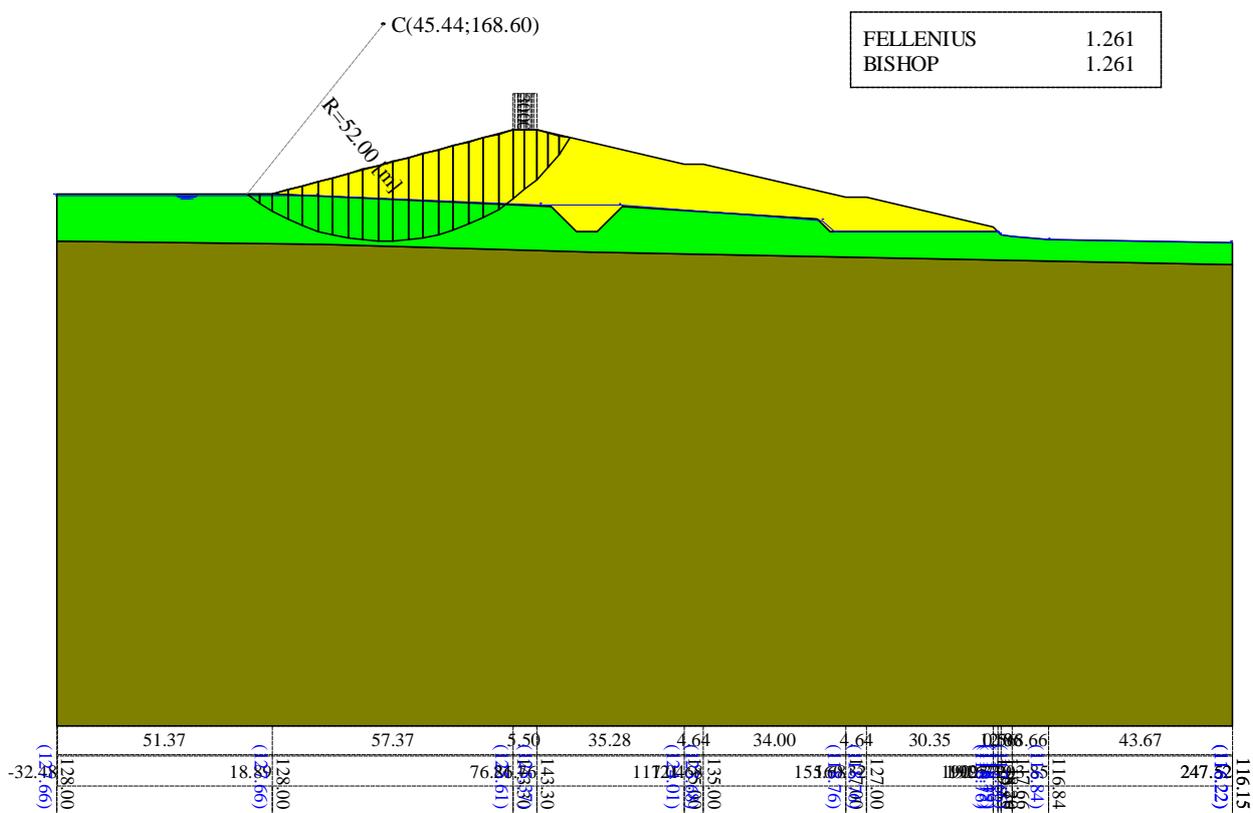


Figura 21 – Risultati verifica 03 secondo DM LL.PP. 24/03/1982 – cerchio critico con i metodi di Fellenius e Bishop

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

**8.2.6 VERIFICA 04 – Paramento di monte, massimo invaso, condizioni drenate, senza sisma**

**Dati**

Descrizione terreno

*Simbologia adottata*

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]
1	SUBSTRATO	2310	2337	24.80	22.3
2	CORPO DIGA	2140	2161	24.50	11.8
3	FONDAZIONE	2039	2131	25.00	50.0

Profilo del piano campagna

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

<i>Nr.</i>	Identificativo del punto
$X$	Ascissa del punto del profilo espressa in m
$Y$	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	-32.48	128.00
2	18.89	128.00
3	76.26	143.30
4	81.76	143.30
5	117.04	135.00
6	121.68	135.00
7	155.68	127.00
8	160.32	127.00
9	190.67	119.85
10	191.77	118.76
11	192.33	118.20
12	195.19	117.66
13	203.85	116.84
14	247.52	116.15

Descrizione stratigrafia

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (FONDAZIONE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	247.52	110.85
2	95.04	114.00
3	30.04	116.00

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

n°	X	Y
	[m]	[m]
4	-32.47	116.72
5	-32.48	0.00
6	247.52	0.00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (CORPO DIGA)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	191.77	118.76
2	190.67	119.85
3	160.32	127.00
4	155.68	127.00
5	121.68	135.00
6	117.04	135.00
7	81.76	143.30
8	76.26	143.30
9	18.89	128.00
10	85.20	125.04
11	91.20	119.04
12	96.20	119.04
13	102.20	125.04
14	148.61	121.91
15	151.76	118.76
16	172.20	118.76
17	180.86	118.76

Strato N° 3 costituito da terreno n° 1 (SUBSTRATO)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.47	116.72
2	30.04	116.00
3	95.04	114.00
4	247.52	110.85
5	247.52	116.15
6	203.85	116.84
7	195.19	117.66
8	192.33	118.20
9	191.77	118.76
10	180.86	118.76
11	172.20	118.76
12	151.76	118.76
13	148.61	121.91
14	102.20	125.04
15	96.20	119.04
16	91.20	119.04
17	85.20	125.04
18	18.89	128.00
19	-32.48	128.00

Descrizione falda

*Livello di falda*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.48	140.31
2	65.38	140.31
3	66.20	139.91
4	66.70	139.27
5	68.29	138.63
6	69.01	138.20
7	69.67	137.93
8	71.20	137.76

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

n°	X	Y
	[m]	[m]
9	79.57	136.76
10	87.49	135.76
11	94.95	134.76
12	101.97	133.76
13	108.53	132.76
14	114.63	131.76
15	120.29	130.76
16	125.49	129.76
17	130.24	128.76
18	134.54	127.76
19	138.39	126.76
20	141.78	125.76
21	144.72	124.76
22	147.21	123.76
23	149.25	122.76
24	150.83	121.76
25	151.96	120.76
26	152.64	119.76
27	152.87	118.76
28	191.76	118.76
29	192.33	118.19
30	195.19	117.66
31	199.52	117.25
32	203.85	116.84
33	247.52	116.22

### Carichi sul profilo

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Carichi distribuiti

$X_i, X_f$  Ascissa iniziale e finale del carico espressa in [m]

$V_{X_i}, V_{X_f}, V_{Y_i}, V_{Y_f}$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

### Carichi distribuiti

n°	Descrizione	$X_i$	$X_f$	$V_{Y_i}$	$V_{Y_f}$	$V_{X_i}$	$V_{X_f}$
		[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]
1	Stradale	76.26	81.76	3000	3000	0	0

### Dati normativa

#### Normativa :

- D.M. 11/03/1988
- D.M. 16/01/1996

### Impostazioni delle superfici di rottura

#### Superfici di rottura circolari

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 20.44$	$Y_0 = 144.88$
Passo maglia	[m]	$dX = 2.00$	$dY = 2.00$
Numero passi		$N_x = 33$	$N_y = 16$
Raggio	[m]	$R = 10.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=2.00$  [m] ed un numero di incrementi pari a 40

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

### Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- FELLENIUS
- BISHOP

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

### Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

### Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	13525
Coefficiente di sicurezza minimo	2.519
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	11

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
FELLENIUS	13525	2.126	1	-14.765	13525
BISHOP	13525	2.519	11	-17.777	13515

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

F<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

Metodo di FELLENIUS (F)

Metodo di BISHOP (B)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	52.44	160.88	34.00	34.32	81.54	369.74	2.126 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.657 (B)	--	--
2	C	50.44	164.88	38.00	32.19	81.72	372.90	2.129 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.591 (B)	--	--
3	C	54.44	156.88	30.00	36.64	81.19	362.76	2.133 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.758 (B)	--	--
4	C	50.44	162.88	36.00	32.55	80.65	360.10	2.138 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.635 (B)	--	--
5	C	52.44	158.88	32.00	34.73	80.39	355.72	2.138 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.717 (B)	--	--
6	C	48.44	168.88	42.00	30.24	81.75	372.84	2.139 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.547 (B)	--	--
7	C	48.44	166.88	40.00	30.54	80.75	361.09	2.146 (F)	--	--

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
--	--	--	--	--	--	--	--	2.582 (B)	--	--
8	C	56.44	154.88	28.00	38.64	81.92	367.74	2.146 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.828 (B)	--	--
9	C	54.44	158.88	32.00	36.17	82.32	377.51	2.151 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.724 (B)	--	--
10	C	54.44	154.88	28.00	37.14	79.93	347.29	2.154 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.847 (B)	--	--
11	C	46.44	172.88	46.00	28.44	81.67	370.15	2.154 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.519 (B)	--	--
12	C	50.44	160.88	34.00	32.92	79.54	346.97	2.156 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.695 (B)	--	--
13	C	56.44	152.88	26.00	39.20	80.61	351.28	2.157 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.916 (B)	--	--
14	C	52.44	162.88	36.00	33.92	82.53	383.03	2.159 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.652 (B)	--	--
15	C	48.44	164.88	38.00	30.86	79.72	349.08	2.159 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.627 (B)	--	--
16	C	46.44	170.88	44.00	28.70	80.72	359.21	2.161 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.549 (B)	--	--
17	C	50.44	166.88	40.00	31.86	82.60	385.07	2.166 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.600 (B)	--	--
18	C	52.44	156.88	30.00	35.18	79.19	341.29	2.166 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.803 (B)	--	--
19	C	46.44	168.88	42.00	28.97	79.75	347.98	2.172 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.585 (B)	--	--
20	C	48.44	170.88	44.00	29.96	82.57	384.19	2.172 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.558 (B)	--	--
21	C	58.44	150.88	24.00	41.38	81.21	352.76	2.175 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	3.019 (B)	--	--
22	C	54.44	160.88	32.00	38.38	81.18	288.63	2.176 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.636 (B)	--	--
23	C	56.44	156.88	28.00	40.60	80.93	284.30	2.176 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.721 (B)	--	--
24	C	46.44	174.88	48.00	28.20	82.45	380.77	2.179 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.526 (B)	--	--
25	C	58.44	154.88	26.00	42.54	81.72	289.60	2.182 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.778 (B)	--	--
26	C	56.44	158.88	30.00	40.17	82.04	296.62	2.187 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.684 (B)	--	--
27	C	52.44	164.88	36.00	36.38	81.25	289.58	2.187 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.585 (B)	--	--
28	C	48.44	162.88	36.00	31.19	78.65	336.57	2.188 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.694 (B)	--	--
29	C	54.44	158.88	30.00	38.77	80.08	276.95	2.192 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.696 (B)	--	--
30	C	50.44	158.88	32.00	33.32	78.39	333.24	2.194 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.786 (B)	--	--

**Analisi della superficie critica**

*Simbologia adottata*

- Le ascisse X sono considerate positive verso destra
- Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
- Le strisce sono numerate da valle verso monte
- N° numero d'ordine della striscia
- X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
- X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m
- Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m
- α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
- φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
- c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa
- L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa
- W peso della striscia espresso in kg
- Q carico applicato sulla striscia espresso in kg
- N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
- T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
- U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
- E<sub>sr</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- X<sub>sr</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- ID Indice della superficie interessata dall'intervento

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

Superficie n° 11

**Analisi della superficie 11**

Numero di strisce	25	
Coordinate del centro	X[m]= 46.44	Y[m]= 172.88
Raggio del cerchio	R[m]= 46.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 28.44	Y <sub>v</sub> [m]= 130.55
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 81.67	Y <sub>m</sub> [m]= 143.30
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub> = 2.519	

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>q</sub> [m]	Y <sub>q</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	28.44	130.55	130.55	31.08	131.25	129.52	30.20	130.44	2.83	-21.27	24.50	12
2	31.08	131.25	129.52	33.72	131.95	128.67	32.54	130.35	2.77	-17.78	24.50	12
3	33.72	131.95	128.67	36.36	132.66	128.00	35.11	130.32	2.72	-14.36	24.50	12
4	36.36	132.66	128.00	39.00	133.36	127.49	37.73	130.38	2.69	-10.99	24.50	12
5	39.00	133.36	127.49	41.63	134.07	127.13	40.35	130.51	2.66	-7.66	24.50	12
6	41.63	134.07	127.13	44.27	134.77	126.93	42.98	130.73	2.65	-4.35	24.50	12
7	44.27	134.77	126.93	46.91	135.47	126.88	45.61	131.02	2.64	-1.06	24.50	12
8	46.91	135.47	126.88	49.55	136.18	126.99	48.24	131.38	2.64	2.23	24.50	12
9	49.55	136.18	126.99	52.19	136.88	127.24	50.88	131.82	2.65	5.53	24.50	12
10	52.19	136.88	127.24	54.83	137.58	127.65	53.51	132.34	2.67	8.84	24.50	12
11	54.83	137.58	127.65	57.46	138.29	128.22	56.15	132.94	2.70	12.19	24.50	12
12	57.46	138.29	128.22	60.10	138.99	128.96	58.78	133.61	2.74	15.57	24.50	12
13	60.10	138.99	128.96	62.74	139.69	129.87	61.42	134.38	2.79	19.02	24.50	12
14	62.74	139.69	129.87	65.38	140.40	130.96	64.05	135.23	2.86	22.53	24.50	12
15	65.38	140.40	130.96	66.20	140.62	131.34	65.79	135.83	0.90	24.88	24.50	12
16	66.20	140.62	131.34	66.70	140.75	131.58	66.45	136.07	0.56	25.79	24.50	12
17	66.70	140.75	131.58	68.29	141.17	132.40	67.49	136.47	1.79	27.25	24.50	12
18	68.29	141.17	132.40	69.01	141.37	132.80	68.65	136.93	0.82	28.87	24.50	12
19	69.01	141.37	132.80	69.67	141.54	133.18	69.34	137.22	0.76	29.86	24.50	12
20	69.67	141.54	133.18	71.20	141.95	134.11	70.43	137.69	1.79	31.45	24.50	12
21	71.20	141.95	134.11	73.73	142.63	135.85	72.43	138.62	3.07	34.48	24.50	12
22	73.73	142.63	135.85	76.26	143.30	137.85	74.95	139.88	3.23	38.40	24.50	12
23	76.26	143.30	137.85	78.06	143.30	139.47	77.11	140.96	2.42	41.92	24.50	12
24	78.06	143.30	139.47	79.87	143.30	141.28	78.87	141.79	2.55	45.02	24.50	12
25	79.87	143.30	141.28	81.67	143.30	143.30	80.47	142.63	2.71	48.29	24.50	12

**Forze applicate sulle strisce [FELLENUS]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	4934	24830	-3761	786	29095	0	0	0	0	
2	14286	22974	2541	2085	31069	0	0	0	0	
3	22636	21117	8379	3294	32611	0	0	0	0	
4	30034	19261	13634	4385	33778	0	0	0	0	
5	36517	17404	18212	5340	34611	0	0	0	0	
6	42113	15547	22043	6141	35136	0	0	0	0	
7	46835	13691	25079	6779	35370	0	0	0	0	
8	50693	11834	27284	7247	35319	0	0	0	0	
9	53684	9978	28640	7539	34983	0	0	0	0	
10	55799	8121	29143	7657	34350	0	0	0	0	
11	57016	6265	28806	7602	33401	0	0	0	0	
12	57308	4408	27660	7381	32106	0	0	0	0	
13	56631	2552	25756	7007	30418	0	0	0	0	
14	54929	710	23191	6501	28272	0	0	0	0	
15	16575	0	8495	2302	6542	0	0	0	0	
16	9954	0	7252	1844	1711	0	0	0	0	
17	30758	0	16635	4518	10710	0	0	0	0	
18	13449	0	8253	2205	3525	0	0	0	0	
19	12030	0	7123	1932	3310	0	0	0	0	
20	26663	0	15305	4239	7442	0	0	0	0	
21	39701	0	24776	6955	7952	0	0	0	0	
22	33113	0	24504	6987	1446	0	0	0	0	
23	17885	5408	17332	5020	0	0	0	0	0	
24	11283	5408	11799	3920	0	0	0	0	0	

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
25	3902	5408	6194	2824	0	0	0	0	0	

**Forze applicate sulle strisce [BISHOP]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	4934	24830	3626	2008	29095	0	20364	0	0	
2	14286	22974	9007	2953	31069	20364	41540	0	0	
3	22636	21117	13512	3745	32611	41540	62238	0	0	
4	30034	19261	17294	4412	33778	62238	81440	0	0	
5	36517	17404	20464	4973	34611	81440	98347	0	0	
6	42113	15547	23104	5443	35136	98347	112337	0	0	
7	46835	13691	25274	5832	35370	112337	122939	0	0	
8	50693	11834	27016	6148	35319	122939	129812	0	0	
9	53684	9978	28358	6396	34983	129812	132738	0	0	
10	55799	8121	29315	6578	34350	132738	131619	0	0	
11	57016	6265	29892	6696	33401	131619	126476	0	0	
12	57308	4408	30081	6750	32106	126476	117458	0	0	
13	56631	2552	29860	6734	30418	117458	104864	0	0	
14	54929	710	29208	6648	28272	104864	89165	0	0	
15	16575	0	10636	2356	6542	89165	84076	0	0	
16	9954	0	8475	1798	1711	84076	81264	0	0	
17	30758	0	21448	4734	10710	81264	70751	0	0	
18	13449	0	10563	2303	3525	70751	65966	0	0	
19	12030	0	9378	2060	3310	65966	61435	0	0	
20	26663	0	20969	4650	7442	61435	50579	0	0	
21	39701	0	34871	7774	7952	50579	32747	0	0	
22	33113	0	34620	7804	1446	32747	16460	0	0	
23	17885	5408	26036	5867	0	16460	3431	0	0	
24	11283	5408	18961	4648	0	3431	-6695	0	0	
25	3902	5408	10425	3180	0	-6695	-12362	0	0	

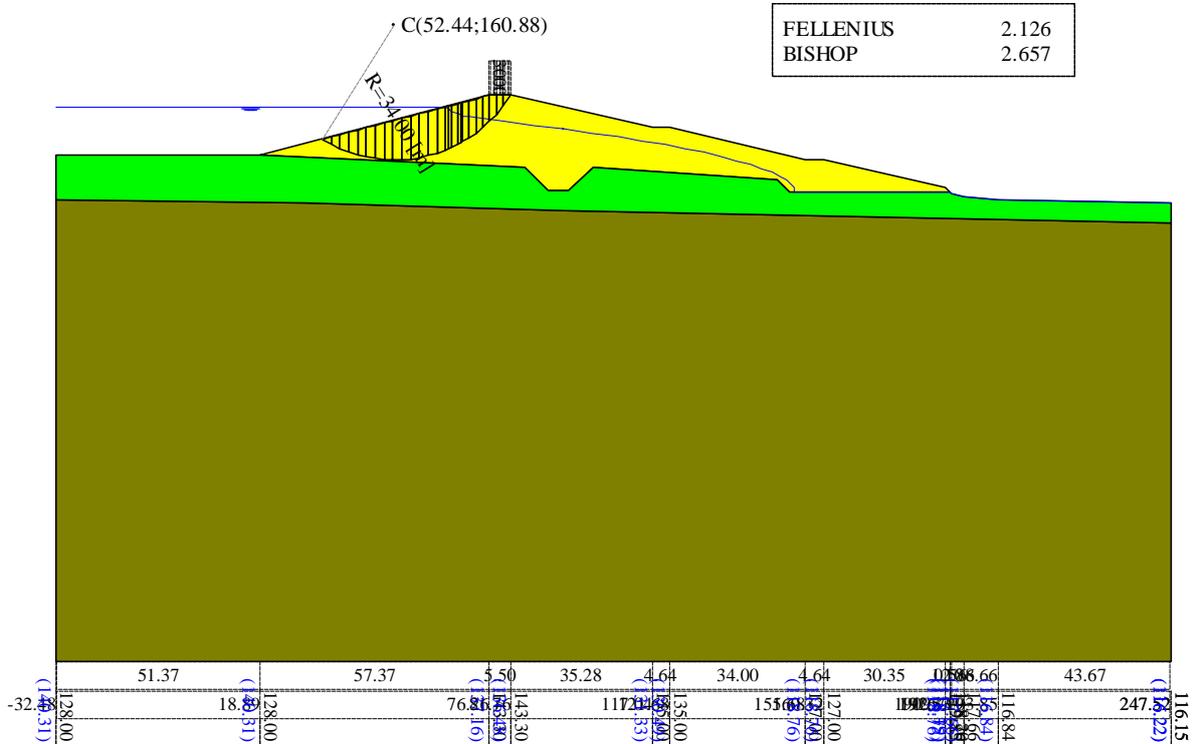


Figura 22 – Risultati verifica 04 secondo DM LL.PP. 24/03/1982 – cerchio critico con il metodo di Fellenius

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

**8.2.7 VERIFICA 05 – Paramento di monte, massimo invaso, condizioni non drenate, con sisma**

**Dati**

Descrizione terreno

*Simbologia adottata*

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi_u$ [°]	$c_u$ [kPa]
1	SUBSTRATO	2310	2337	0.00	77.0
2	CORPO DIGA	2140	2161	0.00	61.4
3	FONDAZIONE	2039	2131	0.00	150.0

Profilo del piano campagna

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

<i>Nr.</i>	Identificativo del punto
$X$	Ascissa del punto del profilo espressa in m
$Y$	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	-32.48	128.00
2	18.89	128.00
3	76.26	143.30
4	81.76	143.30
5	117.04	135.00
6	121.68	135.00
7	155.68	127.00
8	160.32	127.00
9	190.67	119.85
10	191.77	118.76
11	192.33	118.20
12	195.19	117.66
13	203.85	116.84
14	247.52	116.15

Descrizione stratigrafia

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (FONDAZIONE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	247.52	110.85
2	95.04	114.00
3	30.04	116.00

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

n°	X	Y
	[m]	[m]
4	-32.47	116.72
5	-32.48	0.00
6	247.52	0.00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (CORPO DIGA)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	191.77	118.76
2	190.67	119.85
3	160.32	127.00
4	155.68	127.00
5	121.68	135.00
6	117.04	135.00
7	81.76	143.30
8	76.26	143.30
9	18.89	128.00
10	85.20	125.04
11	91.20	119.04
12	96.20	119.04
13	102.20	125.04
14	148.61	121.91
15	151.76	118.76
16	172.20	118.76
17	180.86	118.76

Strato N° 3 costituito da terreno n° 1 (SUBSTRATO)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.47	116.72
2	30.04	116.00
3	95.04	114.00
4	247.52	110.85
5	247.52	116.15
6	203.85	116.84
7	195.19	117.66
8	192.33	118.20
9	191.77	118.76
10	180.86	118.76
11	172.20	118.76
12	151.76	118.76
13	148.61	121.91
14	102.20	125.04
15	96.20	119.04
16	91.20	119.04
17	85.20	125.04
18	18.89	128.00
19	-32.48	128.00

Descrizione falda

*Livello di falda*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.48	140.31
2	65.38	140.31
3	66.20	139.91
4	66.70	139.27
5	68.29	138.63
6	69.01	138.20
7	69.67	137.93
8	71.20	137.76

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

n°	X	Y
	[m]	[m]
9	79.57	136.76
10	87.49	135.76
11	94.95	134.76
12	101.97	133.76
13	108.53	132.76
14	114.63	131.76
15	120.29	130.76
16	125.49	129.76
17	130.24	128.76
18	134.54	127.76
19	138.39	126.76
20	141.78	125.76
21	144.72	124.76
22	147.21	123.76
23	149.25	122.76
24	150.83	121.76
25	151.96	120.76
26	152.64	119.76
27	152.87	118.76
28	191.76	118.76
29	192.33	118.19
30	195.19	117.66
31	199.52	117.25
32	203.85	116.84
33	247.52	116.22

### Carichi sul profilo

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Carichi distribuiti

$X_i, X_f$  Ascissa iniziale e finale del carico espressa in [m]

$V_{X_i}, V_{X_f}, V_{Y_i}, V_{Y_f}$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

### Carichi distribuiti

n°	Descrizione	$X_i$	$X_f$	$V_{Y_i}$	$V_{Y_f}$	$V_{X_i}$	$V_{X_f}$
		[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]
1	Stradale	76.26	81.76	3000	3000	0	0
2	Acqua_liv01	49.66	65.05	513	0	137	0
3	Acqua_liv02	34.27	49.66	722	513	193	137
4	Carico 4	18.89	34.27	788	722	210	193

### Dati zona sismica

Coefficiente sismico orizzontale (percento)	7.00
Coefficiente sismico verticale (percento)	3.50
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50

### Dati normativa

#### Normativa :

- D.M. 11/03/1988
- D.M. 16/01/1996

### Impostazioni delle superfici di rottura

#### Superfici di rottura circolari

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 20.44$	$Y_0 = 144.88$
Passo maglia	[m]	$dX = 2.00$	$dY = 2.00$
Numero passi		$N_x = 33$	$N_y = 16$
Raggio	[m]	$R = 10.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=2.00$  [m] ed un numero di incrementi pari a 40

### Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- FELLENIUS
- BISHOP

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **sismiche**.

Analisi condotta in termini di **tensioni totali**

Presenza di carichi distribuiti

### Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

### Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	13525
Coefficiente di sicurezza minimo	1.781
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
FELLENIUS	13525	1.781	1	22.312	13525
BISHOP	13525	1.781	1	22.312	13525

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

F<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

Metodo di FELLENIUS (F)

Metodo di BISHOP (B)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	46.44	168.88	52.00	14.30	90.49	1063.70	1.781 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.781 (B)	--	--
2	C	46.44	170.88	54.00	13.62	91.44	1085.38	1.781 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.781 (B)	--	--

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
3	C	46.44	166.88	50.00	15.00	89.51	1041.35	1.782 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.782 (B)	--	--
4	C	48.44	166.88	50.00	17.00	91.26	1067.94	1.783 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.783 (B)	--	--
5	C	48.44	168.88	52.00	16.30	92.23	1089.88	1.785 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.785 (B)	--	--
6	C	46.44	172.88	56.00	12.95	92.35	1106.34	1.785 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.785 (B)	--	--
7	C	48.44	164.88	48.00	17.72	90.25	1044.98	1.786 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.786 (B)	--	--
8	C	44.44	170.88	54.00	11.62	89.70	1058.74	1.787 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.787 (B)	--	--
9	C	44.44	172.88	56.00	10.95	90.63	1080.07	1.787 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.787 (B)	--	--
10	C	48.44	170.88	54.00	15.62	93.16	1110.87	1.788 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.788 (B)	--	--
11	C	46.44	164.88	48.00	15.72	88.48	1017.70	1.788 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.788 (B)	--	--
12	C	44.44	168.88	52.00	12.30	88.74	1036.53	1.790 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.790 (B)	--	--
13	C	46.44	174.88	58.00	12.29	93.23	1126.64	1.790 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.790 (B)	--	--
14	C	44.44	174.88	58.00	10.29	91.52	1100.89	1.791 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.791 (B)	--	--
15	C	48.44	162.88	46.00	18.45	89.20	1021.60	1.791 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.791 (B)	--	--
16	C	48.44	172.88	56.00	14.95	94.06	1131.34	1.794 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.794 (B)	--	--
17	C	44.44	166.88	50.00	13.00	87.75	1013.78	1.795 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.795 (B)	--	--
18	C	46.44	162.88	46.00	16.45	87.41	993.94	1.797 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.797 (B)	--	--
19	C	50.44	166.88	50.00	18.97	93.01	1093.50	1.799 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.799 (B)	--	--
20	C	50.44	164.88	48.00	19.52	92.01	1071.23	1.802 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.802 (B)	--	--
21	C	48.44	174.88	58.00	14.29	94.93	1151.33	1.802 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.802 (B)	--	--
22	C	42.44	172.88	56.00	8.95	88.90	1053.16	1.802 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.802 (B)	--	--
23	C	42.44	174.88	58.00	8.29	89.81	1074.23	1.803 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.803 (B)	--	--
24	C	50.44	168.88	52.00	18.30	93.97	1114.96	1.803 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.803 (B)	--	--
25	C	44.44	164.88	48.00	13.72	86.71	990.18	1.803 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.803 (B)	--	--
26	C	48.44	160.88	44.00	19.13	88.09	996.69	1.805 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.805 (B)	--	--
27	C	42.44	170.88	54.00	9.62	87.97	1031.40	1.805 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.805 (B)	--	--
28	C	50.44	170.88	54.00	17.62	94.89	1135.70	1.809 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.809 (B)	--	--
29	C	50.44	162.88	46.00	20.08	90.97	1047.61	1.810 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.810 (B)	--	--
30	C	42.44	168.88	52.00	10.30	86.99	1009.09	1.811 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.811 (B)	--	--

**Analisi della superficie critica**

*Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

- N° numero d'ordine della striscia
- X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
- X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m
- Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m
- α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
- φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
- c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa
- L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa
W	peso della striscia espresso in kg
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kg
N	sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E <sub>s</sub> , E <sub>d</sub>	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X <sub>s</sub> , X <sub>d</sub>	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1**

Numero di strisce	28	
Coordinate del centro	X[m]= 46.44	Y[m]= 168.88
Raggio del cerchio	R[m]= 52.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 14.30	Y <sub>v</sub> [m]= 128.00
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 90.49	Y <sub>m</sub> [m]= 141.25
Coefficiente di sicurezza	F <sub>S</sub> = 1.781	

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub>	Y <sub>ss</sub>	Y <sub>si</sub>	X <sub>d</sub>	Y <sub>ds</sub>	Y <sub>di</sub>	X <sub>q</sub>	Y <sub>q</sub>	L	α	φ	c
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]	[kPa]
1	14.30	128.00	128.00	16.60	128.00	126.30	15.83	127.43	2.86	-36.60	0.00	77
2	16.60	128.00	126.30	18.89	128.00	124.78	17.86	126.73	2.75	-33.51	0.00	77
3	18.89	128.00	124.78	22.47	128.95	122.74	20.87	126.09	4.12	-29.72	0.00	77
4	22.47	128.95	122.74	26.04	129.91	121.05	24.36	125.65	3.95	-25.27	0.00	77
5	26.04	129.91	121.05	29.62	130.86	119.68	27.90	125.37	3.83	-20.98	0.00	77
6	29.62	130.86	119.68	33.19	131.81	118.60	31.46	125.24	3.74	-16.82	0.00	77
7	33.19	131.81	118.60	36.77	132.77	117.79	35.02	125.24	3.67	-12.74	0.00	77
8	36.77	132.77	117.79	40.35	133.72	117.24	38.59	125.38	3.62	-8.72	0.00	77
9	40.35	133.72	117.24	43.92	134.68	116.94	42.16	125.65	3.59	-4.75	0.00	77
10	43.92	134.68	116.94	47.50	135.63	116.89	45.73	126.04	3.58	-0.80	0.00	77
11	47.50	135.63	116.89	51.08	136.58	117.09	49.30	126.55	3.58	3.14	0.00	77
12	51.08	136.58	117.09	54.65	137.54	117.53	52.87	127.19	3.60	7.10	0.00	77
13	54.65	137.54	117.53	58.23	138.49	118.23	56.44	127.95	3.64	11.09	0.00	77
14	58.23	138.49	118.23	61.80	139.44	119.20	60.02	128.84	3.70	15.14	0.00	77
15	61.80	139.44	119.20	65.38	140.40	120.45	63.59	129.87	3.79	19.27	0.00	77
16	65.38	140.40	120.45	66.20	140.62	120.78	65.79	130.56	0.88	21.85	0.00	77
17	66.20	140.62	120.78	66.70	140.75	120.99	66.45	130.78	0.54	22.63	0.00	77
18	66.70	140.75	120.99	68.29	141.17	121.69	67.49	131.15	1.74	23.89	0.00	77
19	68.29	141.17	121.69	69.01	141.37	122.03	68.65	131.57	0.80	25.29	0.00	77
20	69.01	141.37	122.03	69.67	141.54	122.36	69.34	131.82	0.74	26.13	0.00	77
21	69.67	141.54	122.36	71.20	141.95	123.15	70.43	132.25	1.72	27.48	0.00	77
22	71.20	141.95	123.15	73.73	142.63	124.62	72.46	133.08	2.92	30.04	0.00	77
23	73.73	142.63	124.62	76.26	143.30	126.28	74.98	134.20	3.03	33.32	0.00	70
24	76.26	143.30	126.28	79.57	143.30	128.80	77.87	135.40	4.16	37.28	0.00	61
25	79.57	143.30	128.80	81.76	143.30	130.72	80.64	136.52	2.91	41.18	0.00	61
26	81.76	143.30	130.72	84.63	142.63	133.58	83.11	137.53	4.05	45.02	0.00	61
27	84.63	142.63	133.58	87.49	141.95	136.96	85.92	138.72	4.43	49.69	0.00	61
28	87.49	141.95	136.96	90.49	141.25	141.25	88.49	140.05	5.23	55.02	0.00	61

**Forze applicate sulle strisce [FELLENIOUS]**

N°	W	Q	N	T	U	E <sub>s</sub>	E <sub>d</sub>	X <sub>s</sub>	X <sub>d</sub>	ID
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
1	4566	28237	26397	12599	0	0	0	0	0	
2	13202	28237	34677	12131	0	0	0	0	0	
3	39096	43097	65911	18159	0	0	0	0	0	
4	61953	39671	87318	17439	0	0	0	0	0	
5	82011	36245	106362	16890	0	0	0	0	0	
6	99529	32819	122860	16474	0	0	0	0	0	
7	114693	30104	137393	16168	0	0	0	0	0	
8	127633	25928	147712	15954	0	0	0	0	0	
9	138438	22468	155841	15824	0	0	0	0	0	
10	147160	19009	161061	15772	0	0	0	0	0	

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
11	153820	16049	163784	15794	0	0	0	0	0	
12	158408	12027	162543	15892	0	0	0	0	0	
13	160887	8497	158809	16070	0	0	0	0	0	
14	161182	4968	152141	16337	0	0	0	0	0	
15	159182	1458	142601	16706	0	0	0	0	0	
16	36005	0	31311	3896	0	0	0	0	0	
17	21820	0	18847	2389	0	0	0	0	0	
18	68607	0	58590	7668	0	0	0	0	0	
19	30649	0	25826	3511	0	0	0	0	0	
20	27834	0	23257	3242	0	0	0	0	0	
21	63459	0	52276	7605	0	0	0	0	0	
22	101135	0	80937	12888	0	0	0	0	0	
23	95566	0	73383	12072	0	0	0	0	0	
24	112289	9930	88656	14629	0	0	0	0	0	
25	63782	6570	47854	10232	0	0	0	0	0	
26	66550	0	42102	14251	0	0	0	0	0	
27	43078	0	24593	15573	0	0	0	0	0	
28	16023	0	7947	18397	0	0	0	0	0	

**Forze applicate sulle strisce [BISHOP]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	4566	28237	50016	12599	0	0	39615	0	0	
2	13202	28237	57176	12131	0	39615	80370	0	0	
3	39096	43097	103406	18159	0	80370	155993	0	0	
4	61953	39671	118190	17439	0	155993	228298	0	0	
5	82011	36245	130033	16890	0	228298	294396	0	0	
6	99529	32819	139573	16474	0	294396	352167	0	0	
7	114693	30104	147937	16168	0	352167	399992	0	0	
8	127633	25928	153263	15954	0	399992	436594	0	0	
9	138438	22468	157893	15824	0	436594	461367	0	0	
10	147160	19009	161236	15772	0	461367	473802	0	0	
11	153820	16049	163830	15794	0	473802	472954	0	0	
12	158408	12027	164172	15892	0	472954	459773	0	0	
13	160887	8497	163710	16070	0	459773	434301	0	0	
14	161182	4968	161855	16337	0	434301	397115	0	0	
15	159182	1458	158431	16706	0	397115	349155	0	0	
16	36005	0	35871	3896	0	349155	336902	0	0	
17	21820	0	21818	2389	0	336902	329183	0	0	
18	68607	0	69013	7668	0	329183	303445	0	0	
19	30649	0	31051	3511	0	303445	291212	0	0	
20	27834	0	28327	3242	0	291212	279699	0	0	
21	63459	0	65072	7605	0	279699	251972	0	0	
22	101135	0	105289	12888	0	251972	203333	0	0	
23	95566	0	102431	12072	0	203333	150458	0	0	
24	112289	9930	137097	14629	0	150458	70492	0	0	
25	63782	6570	81251	10232	0	70492	19770	0	0	
26	66550	0	76589	14251	0	19770	-28987	0	0	
27	43078	0	45903	15573	0	-28987	-56932	0	0	
28	16023	0	680	18397	0	-56932	-48063	0	0	



**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

**8.2.8 VERIFICA 06 – Paramento di monte, fine svaso, condizioni non drenate, senza sisma**

**Dati**

Descrizione terreno

*Simbologia adottata*

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi_u$ [°]	$c_u$ [kPa]
1	SUBSTRATO	2310	2337	0.00	77.0
2	CORPO DIGA	2140	2161	0.00	61.4
3	FONDAZIONE	2039	2131	0.00	150.0

Profilo del piano campagna

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

<i>Nr.</i>	Identificativo del punto
$X$	Ascissa del punto del profilo espressa in m
$Y$	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	-32.48	128.00
2	18.89	128.00
3	76.26	143.30
4	81.76	143.30
5	117.04	135.00
6	121.68	135.00
7	155.68	127.00
8	160.32	127.00
9	190.67	119.85
10	191.77	118.76
11	192.33	118.20
12	195.19	117.66
13	203.85	116.84
14	247.52	116.15

Descrizione stratigrafia

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (FONDAZIONE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	247.52	110.85
2	95.04	114.00
3	30.04	116.00
4	-32.47	116.72

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

n°	X	Y
	[m]	[m]
5	-32.48	0.00
6	247.52	0.00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (CORPO DIGA)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	191.77	118.76
2	190.67	119.85
3	160.32	127.00
4	155.68	127.00
5	121.68	135.00
6	117.04	135.00
7	81.76	143.30
8	76.26	143.30
9	18.89	128.00
10	85.20	125.04
11	91.20	119.04
12	96.20	119.04
13	102.20	125.04
14	148.61	121.91
15	151.76	118.76
16	172.20	118.76
17	180.86	118.76

Strato N° 3 costituito da terreno n° 1 (SUBSTRATO)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.47	116.72
2	30.04	116.00
3	95.04	114.00
4	247.52	110.85
5	247.52	116.15
6	203.85	116.84
7	195.19	117.66
8	192.33	118.20
9	191.77	118.76
10	180.86	118.76
11	172.20	118.76
12	151.76	118.76
13	148.61	121.91
14	102.20	125.04
15	96.20	119.04
16	91.20	119.04
17	85.20	125.04
18	18.89	128.00
19	-32.48	128.00

Descrizione falda

*Livello di falda*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.96	128.00
2	18.89	128.00
3	65.38	140.31
4	66.20	139.91
5	66.70	139.27
6	68.29	138.63
7	69.01	138.20
8	69.67	137.93
9	71.20	137.76

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

n°	X	Y
	[m]	[m]
10	79.57	136.76
11	87.49	135.76
12	94.95	134.76
13	101.97	133.76
14	108.53	132.76
15	114.63	131.76
16	120.29	130.76
17	125.49	129.76
18	130.24	128.76
19	134.54	127.76
20	138.39	126.76
21	141.78	125.76
22	144.72	124.76
23	147.21	123.76
24	149.25	122.76
25	150.83	121.76
26	151.96	120.76
27	152.64	119.76
28	152.87	118.76
29	191.76	118.76
30	192.33	118.19
31	195.19	117.66
32	199.52	117.25
33	203.85	116.84
34	247.52	116.22

### Carichi sul profilo

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Carichi distribuiti

$X_i, X_f$  Ascissa iniziale e finale del carico espressa in [m]

$V_{X_i}, V_{X_f}, V_{Y_i}, V_{Y_f}$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

### Carichi distribuiti

n°	Descrizione	$X_i$	$X_f$	$V_{Y_i}$	$V_{Y_f}$	$V_{X_i}$	$V_{X_f}$
		[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]
1	Stradale	76.26	81.76	3000	3000	0	0

### Dati normativa

#### Normativa :

- D.M. 11/03/1988
- D.M. 16/01/1996

### Impostazioni delle superfici di rottura

#### Superfici di rottura circolari

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 20.44$	$Y_0 = 144.88$
Passo maglia	[m]	$dX = 2.00$	$dY = 2.00$
Numero passi		$N_x = 33$	$N_y = 16$
Raggio	[m]	$R = 10.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=2.00$  [m] ed un numero di incrementi pari a 40

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

### Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- FELLENIUS
- BISHOP

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Analisi condotta in termini di **tensioni totali**

Presenza di carichi distribuiti

### Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a 1.00 m
- freccia inferiore a 0.50 m
- volume inferiore a 2.00 mc
- pendenza media della superficie inferiore a 1.00 [%]

### Risultati analisi

Numero di superfici analizzate 13525  
 Coefficiente di sicurezza minimo 1.598  
 Superficie con coefficiente di sicurezza minimo 1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
FELLENIUS	13525	1.598	1	-120.840	13525
BISHOP	13525	1.598	1	-120.840	13525

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

F<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

Metodo di FELLENIUS (F)

Metodo di BISHOP (B)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	44.44	164.88	48.00	13.72	86.71	990.18	1.598 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.598 (B)	--	--
2	C	44.44	162.88	46.00	14.45	85.62	965.81	1.599 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.599 (B)	--	--
3	C	46.44	162.88	46.00	16.45	87.41	993.94	1.599 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.599 (B)	--	--
4	C	44.44	166.88	50.00	13.00	87.75	1013.78	1.600 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.600 (B)	--	--
5	C	46.44	160.88	44.00	17.20	86.29	969.01	1.601 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.601 (B)	--	--
6	C	46.44	164.88	48.00	15.72	88.48	1017.70	1.602 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.602 (B)	--	--
7	C	46.44	166.88	50.00	15.00	89.51	1041.35	1.606 (F)	--	--

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
--	--	--	--	--	--	--	--	1.606 (B)	--	--
8	C	44.44	168.88	52.00	12.30	88.74	1036.53	1.606 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.606 (B)	--	--
9	C	44.44	160.88	44.00	15.20	84.49	939.98	1.607 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.607 (B)	--	--
10	C	46.44	158.88	42.00	17.97	85.12	942.95	1.609 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.609 (B)	--	--
11	C	42.44	166.88	50.00	11.00	85.98	985.80	1.609 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.609 (B)	--	--
12	C	42.44	168.88	52.00	10.30	86.99	1009.09	1.611 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.611 (B)	--	--
13	C	42.44	164.88	48.00	11.72	84.93	961.17	1.612 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.612 (B)	--	--
14	C	44.44	170.88	54.00	11.62	89.70	1058.74	1.613 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.613 (B)	--	--
15	C	46.44	168.88	52.00	14.30	90.49	1063.70	1.614 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.614 (B)	--	--
16	C	48.44	162.88	46.00	18.45	89.20	1021.60	1.616 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.616 (B)	--	--
17	C	42.44	170.88	54.00	9.62	87.97	1031.40	1.617 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.617 (B)	--	--
18	C	42.44	162.88	46.00	12.45	83.83	936.41	1.618 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.618 (B)	--	--
19	C	48.44	160.88	44.00	19.13	88.09	996.69	1.618 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.618 (B)	--	--
20	C	44.44	158.88	42.00	15.97	83.30	913.35	1.619 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.619 (B)	--	--
21	C	48.44	164.88	48.00	17.72	90.25	1044.98	1.620 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.620 (B)	--	--
22	C	44.44	172.88	56.00	10.95	90.63	1080.07	1.623 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.623 (B)	--	--
23	C	46.44	170.88	54.00	13.62	91.44	1085.38	1.624 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.624 (B)	--	--
24	C	42.44	172.88	56.00	8.95	88.90	1053.16	1.624 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.624 (B)	--	--
25	C	46.44	156.88	40.00	18.76	83.88	915.84	1.625 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.625 (B)	--	--
26	C	48.44	158.88	42.00	19.73	86.93	971.22	1.626 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.626 (B)	--	--
27	C	48.44	166.88	50.00	17.00	91.26	1067.94	1.627 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.627 (B)	--	--
28	C	42.44	160.88	44.00	13.20	82.68	910.29	1.630 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.630 (B)	--	--
29	C	40.44	168.88	52.00	8.30	85.24	980.23	1.634 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.634 (B)	--	--
30	C	40.44	170.88	54.00	7.62	86.23	1003.34	1.634 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.634 (B)	--	--

**Analisi della superficie critica**

*Simbologia adottata*

- Le ascisse X sono considerate positive verso destra
- Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
- Le strisce sono numerate da valle verso monte
- N° numero d'ordine della striscia
- X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
- X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m
- Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m
- α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
- φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
- c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa
- L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa
- W peso della striscia espresso in kg
- Q carico applicato sulla striscia espresso in kg
- N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
- T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
- U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
- E<sub>sr</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- X<sub>sr</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- ID Indice della superficie interessata dall'intervento

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1**

Numero di strisce	27	
Coordinate del centro	X[m]= 44.44	Y[m]= 164.88
Raggio del cerchio	R[m]= 48.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 13.72	Y <sub>v</sub> [m]= 128.00
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 86.71	Y <sub>m</sub> [m]= 142.14
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub> = 1.598	

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>q</sub> [m]	Y <sub>q</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	13.72	128.00	128.00	16.30	128.00	125.99	15.44	127.33	3.27	-37.84	0.00	77
2	16.30	128.00	125.99	18.89	128.00	124.25	17.73	126.51	3.12	-34.02	0.00	77
3	18.89	128.00	124.25	22.47	128.95	122.21	20.85	125.83	4.12	-29.70	0.00	77
4	22.47	128.95	122.21	26.04	129.91	120.55	24.35	125.39	3.94	-24.89	0.00	77
5	26.04	129.91	120.55	29.62	130.86	119.23	27.89	125.13	3.81	-20.26	0.00	77
6	29.62	130.86	119.23	33.19	131.81	118.22	31.45	125.03	3.72	-15.77	0.00	77
7	33.19	131.81	118.22	36.77	132.77	117.50	35.02	125.08	3.65	-11.37	0.00	77
8	36.77	132.77	117.50	40.35	133.72	117.05	38.58	125.26	3.60	-7.04	0.00	77
9	40.35	133.72	117.05	43.92	134.68	116.88	42.15	125.59	3.58	-2.75	0.00	77
10	43.92	134.68	116.88	47.50	135.63	116.98	45.73	126.04	3.58	1.52	0.00	77
11	47.50	135.63	116.98	51.08	136.58	117.34	49.30	126.63	3.59	5.80	0.00	77
12	51.08	136.58	117.34	54.65	137.54	117.98	52.87	127.36	3.63	10.11	0.00	77
13	54.65	137.54	117.98	58.23	138.49	118.90	56.44	128.23	3.69	14.49	0.00	77
14	58.23	138.49	118.90	61.80	139.44	120.13	60.01	129.24	3.78	18.95	0.00	77
15	61.80	139.44	120.13	65.38	140.40	121.69	63.58	130.41	3.90	23.54	0.00	77
16	65.38	140.40	121.69	66.20	140.62	122.10	65.79	131.20	0.92	26.41	0.00	77
17	66.20	140.62	122.10	66.70	140.75	122.35	66.45	131.45	0.56	27.29	0.00	77
18	66.70	140.75	122.35	68.29	141.17	123.22	67.49	131.87	1.81	28.71	0.00	77
19	68.29	141.17	123.22	69.01	141.37	123.65	68.65	132.35	0.83	30.29	0.00	77
20	69.01	141.37	123.65	69.67	141.54	124.05	69.34	132.65	0.77	31.25	0.00	77
21	69.67	141.54	124.05	71.20	141.95	125.03	70.43	133.14	1.82	32.80	0.00	77
22	71.20	141.95	125.03	73.73	142.63	126.85	72.45	134.11	3.12	35.74	0.00	67
23	73.73	142.63	126.85	76.26	143.30	128.94	74.98	135.42	3.28	39.56	0.00	61
24	76.26	143.30	128.94	79.57	143.30	132.17	77.85	136.89	4.62	44.28	0.00	61
25	79.57	143.30	132.17	81.76	143.30	134.69	80.62	138.34	3.34	49.04	0.00	61
26	81.76	143.30	134.69	84.23	142.72	138.04	82.88	139.62	4.16	53.52	0.00	61
27	84.23	142.72	138.04	86.71	142.14	142.14	85.06	140.96	4.79	58.86	0.00	61

**Forze applicate sulle strisce [FELLENUS]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	6071	0	4795	16093	0	0	0	0	0	
2	17418	0	14437	15334	0	0	0	0	0	
3	43541	0	37820	20232	0	0	0	0	0	
4	66269	0	60113	19374	0	0	0	0	0	
5	85989	0	80668	18733	0	0	0	0	0	
6	102994	0	99119	18261	0	0	0	0	0	
7	117489	0	115182	17926	0	0	0	0	0	
8	129610	0	128632	17708	0	0	0	0	0	
9	139444	0	139283	17594	0	0	0	0	0	
10	147037	0	146985	17580	0	0	0	0	0	
11	152392	0	151612	17664	0	0	0	0	0	
12	155478	0	153061	17851	0	0	0	0	0	
13	156220	0	151252	18151	0	0	0	0	0	
14	154497	0	146123	18581	0	0	0	0	0	
15	150126	0	137637	19169	0	0	0	0	0	
16	33560	0	30057	4499	0	0	0	0	0	
17	20255	0	18000	2765	0	0	0	0	0	
18	63227	0	55454	8909	0	0	0	0	0	
19	28005	0	24181	4098	0	0	0	0	0	

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
20	25289	0	21620	3794	0	0	0	0	0	
21	57082	0	47983	8944	0	0	0	0	0	
22	89166	0	72371	13231	0	0	0	0	0	
23	82065	0	63265	12860	0	0	0	0	0	
24	90710	9930	72048	18118	0	0	0	0	0	
25	46393	6570	34720	13091	0	0	0	0	0	
26	35198	0	20928	16309	0	0	0	0	0	
27	12386	0	6406	18751	0	0	0	0	0	

**Forze applicate sulle strisce [BISHOP]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	6071	0	20189	16093	0	0	25094	0	0	
2	17418	0	31368	15334	0	25094	55355	0	0	
3	43541	0	61669	20232	0	55355	103485	0	0	
4	66269	0	82044	19374	0	103485	155591	0	0	
5	85989	0	98576	18733	0	155591	207302	0	0	
6	102994	0	112177	18261	0	207302	255359	0	0	
7	117489	0	123446	17926	0	255359	297273	0	0	
8	129610	0	132783	17708	0	297273	331127	0	0	
9	139444	0	140452	17594	0	331127	355450	0	0	
10	147037	0	146622	17580	0	355450	369139	0	0	
11	152392	0	151382	17664	0	369139	371414	0	0	
12	155478	0	154748	17851	0	371414	361812	0	0	
13	156220	0	156661	18151	0	361812	340193	0	0	
14	154497	0	156971	18581	0	340193	306792	0	0	
15	150126	0	155400	19169	0	306792	262310	0	0	
16	33560	0	35237	4499	0	262310	250666	0	0	
17	20255	0	21366	2765	0	250666	243326	0	0	
18	63227	0	67211	8909	0	243326	218851	0	0	
19	28005	0	30039	4098	0	218851	207238	0	0	
20	25289	0	27279	3794	0	207238	196330	0	0	
21	57082	0	62143	8944	0	196330	170188	0	0	
22	89166	0	100337	13231	0	170188	122314	0	0	
23	82065	0	95826	12860	0	122314	71193	0	0	
24	90710	9930	122909	18118	0	71193	-1652	0	0	
25	46393	6570	65711	13091	0	-1652	-42691	0	0	
26	35198	0	37143	16309	0	-42691	-62858	0	0	
27	12386	0	-7083	18751	0	-62858	-47099	0	0	



**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

**8.2.9 VERIFICA 07 – Paramento di valle, fine costruzione, condizioni drenate, senza sisma**

**Dati**

Descrizione terreno

*Simbologia adottata*

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]
1	SUBSTRATO	2310	2337	24.80	22.3
2	CORPO DIGA	2140	2161	24.50	11.8
3	FONDAZIONE	2039	2131	25.00	50.0

Profilo del piano campagna

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

<i>Nr.</i>	Identificativo del punto
$X$	Ascissa del punto del profilo espressa in m
$Y$	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	-32.48	116.15
2	11.19	116.84
3	19.85	117.66
4	22.71	118.20
5	23.27	118.76
6	24.37	119.85
7	54.72	127.00
8	59.36	127.00
9	93.36	135.00
10	98.00	135.00
11	133.28	143.30
12	138.78	143.30
13	196.15	128.00
14	247.52	128.00

Descrizione stratigrafia

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (FONDAZIONE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	-32.48	110.85
2	-32.48	0.00
3	247.52	0.00

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

n°	X	Y
	[m]	[m]
4	247.51	116.72
5	185.00	116.00
6	120.00	114.00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (CORPO DIGA)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	23.27	118.76
2	34.18	118.76
3	42.84	118.76
4	63.28	118.76
5	66.43	121.91
6	112.84	125.04
7	118.84	119.04
8	123.84	119.04
9	129.84	125.04
10	196.15	128.00
11	138.78	143.30
12	133.28	143.30
13	98.00	135.00
14	93.36	135.00
15	59.36	127.00
16	54.72	127.00
17	24.37	119.85

Strato N° 3 costituito da terreno n° 1 (SUBSTRATO)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	247.51	116.72
2	247.52	128.00
3	196.15	128.00
4	129.84	125.04
5	123.84	119.04
6	118.84	119.04
7	112.84	125.04
8	66.43	121.91
9	63.28	118.76
10	42.84	118.76
11	34.18	118.76
12	23.27	118.76
13	22.71	118.20
14	19.85	117.66
15	11.19	116.84
16	-32.48	116.15
17	-32.48	110.85
18	120.00	114.00
19	185.00	116.00

Descrizione falda

*Livello di falda*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.48	116.22
2	11.19	116.84
3	15.52	117.25
4	19.85	117.66
5	22.71	118.19
6	23.28	118.76
7	62.98	118.66
8	66.28	122.12

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

n°	X	Y
	[m]	[m]
9	111.62	124.64
10	130.18	124.94
11	196.15	128.00
12	247.52	128.00

### Carichi sul profilo

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Carichi distribuiti

X<sub>i</sub>, X<sub>f</sub> Ascissa iniziale e finale del carico espressa in [m]

V<sub>Xi</sub>, V<sub>Xf</sub>, V<sub>Yi</sub>, V<sub>Yf</sub> Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

### Carichi distribuiti

n°	Descrizione	X <sub>i</sub>	X <sub>f</sub>	V <sub>Yi</sub>	V <sub>Yf</sub>	V <sub>Xi</sub>	V <sub>Xf</sub>
		[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]
1	Stradale	138.78	133.28	3000	3000	0	0

### Dati normativa

#### Normativa :

- D.M. 11/03/1988
- D.M. 16/01/1996

### Impostazioni delle superfici di rottura

#### Superfici di rottura circolari

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	X <sub>0</sub> = 12.78	Y <sub>0</sub> = 143.30
Passo maglia	[m]	dX = 2.00	dY = 2.00
Numero passi		N <sub>x</sub> = 64	N <sub>y</sub> = 16
Raggio	[m]	R = 10.00	

Si utilizza un raggio variabile con passo dR=2.00 [m] ed un numero di incrementi pari a 40

### Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- FELLENIUS
- BISHOP

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

### Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

**Risultati analisi**

Numero di superfici analizzate	26779
Coefficiente di sicurezza minimo	2.290
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
FELLENIUS	26779	2.290	1	-59.563	26779
BISHOP	26779	2.635	2177	-93.434	26779

Caratteristiche delle superfici analizzate

*Simbologia adottata*

- Le ascisse X sono considerate positive verso monte
- Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
- N° numero d'ordine della superficie cerchio
- C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]
- C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]
- R raggio del cerchio espresso in m
- x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m
- x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m
- V volume interessato dalla superficie espresso [mc]
- F<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

Metodo di FELLENIUS (F)

Metodo di BISHOP (B)

Metodo di JANBU (J)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	56.78	173.30	88.00	-10.43	139.44	4545.58	2.290 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.947 (B)	--	--
2	C	56.78	173.30	86.00	-7.83	137.38	4185.26	2.291 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.915 (B)	--	--
3	C	58.78	173.30	88.00	-8.46	141.27	4598.79	2.291 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.947 (B)	--	--
4	C	58.78	171.30	88.00	-10.08	141.92	4898.81	2.292 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.997 (B)	--	--
5	C	54.78	173.30	88.00	-12.41	137.51	4493.17	2.293 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.949 (B)	--	--
6	C	58.78	171.30	86.00	-7.54	139.98	4530.98	2.293 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.967 (B)	--	--
7	C	54.78	173.30	86.00	-9.80	135.38	4131.08	2.293 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.917 (B)	--	--
8	C	56.78	171.30	86.00	-9.51	138.09	4476.81	2.294 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.968 (B)	--	--
9	C	58.78	169.30	86.00	-9.12	140.60	4826.53	2.294 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	3.018 (B)	--	--
10	C	56.78	171.30	84.00	-6.93	135.98	4120.48	2.294 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.936 (B)	--	--
11	C	56.78	171.30	88.00	-12.05	140.09	4846.94	2.294 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	3.000 (B)	--	--
12	C	54.78	171.30	86.00	-11.49	136.09	4424.78	2.294 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.968 (B)	--	--
13	C	58.78	167.30	86.00	-10.61	141.17	5126.46	2.295 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	3.072 (B)	--	--
14	C	56.78	169.30	84.00	-8.58	136.65	4407.53	2.295 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.987 (B)	--	--
15	C	60.78	171.30	86.00	-5.56	141.81	4583.16	2.296 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.971 (B)	--	--
16	C	58.78	173.30	86.00	-5.86	139.32	4238.60	2.296 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.922 (B)	--	--
17	C	56.78	169.30	86.00	-11.10	138.76	4772.49	2.296 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	3.022 (B)	--	--
18	C	56.78	169.30	88.00	-13.58	140.69	5152.61	2.296 (F)	--	--

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
--	--	--	--	--	--	--	--	3.054 (B)	--	--
19	C	56.78	173.30	84.00	-5.18	135.24	3837.71	2.296 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.890 (B)	--	--
20	C	58.78	169.30	88.00	-11.61	142.54	5203.75	2.297 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	3.053 (B)	--	--
21	C	58.78	171.30	84.00	-4.96	137.98	4173.45	2.297 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.940 (B)	--	--
22	C	58.78	173.30	84.00	-3.21	137.24	3891.14	2.298 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.893 (B)	--	--
23	C	60.78	167.30	84.00	-6.17	141.09	4805.54	2.298 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	3.045 (B)	--	--
24	C	60.78	173.30	88.00	-6.49	143.08	4650.57	2.298 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.956 (B)	--	--
25	C	60.78	173.30	86.00	-3.88	141.14	4292.32	2.299 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.926 (B)	--	--
26	C	60.78	169.30	86.00	-7.14	142.44	4879.20	2.299 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	3.024 (B)	--	--
27	C	54.78	169.30	86.00	-13.07	136.76	4721.16	2.299 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	3.025 (B)	--	--
28	C	54.78	171.30	88.00	-14.03	138.21	4793.48	2.299 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	3.006 (B)	--	--
29	C	56.78	167.30	84.00	-10.12	137.28	4698.95	2.299 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	3.045 (B)	--	--
30	C	60.78	171.30	84.00	-2.98	139.87	4226.05	2.299 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.945 (B)	--	--

Analisi della superficie critica

*Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

- N° numero d'ordine della striscia
- X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
- X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m
- Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m
- α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
- φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
- c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa
- L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa
- W peso della striscia espresso in kg
- Q carico applicato sulla striscia espresso in kg
- N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
- T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
- U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
- E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 2177

**Analisi della superficie 2177**

Numero di strisce	25	
Coordinate del centro	X[m]= 26.78	Y[m]= 151.30
Raggio del cerchio	R[m]= 38.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 10.78	Y <sub>v</sub> [m]= 116.83
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 55.99	Y <sub>m</sub> [m]= 127.00
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub> = 2.449	

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	10.78	116.83	116.83	11.19	116.84	116.65	11.05	116.77	0.45	-24.56	24.80	22
2	11.19	116.84	116.65	13.35	117.05	115.75	12.54	116.53	2.34	-22.46	24.80	22
3	13.35	117.05	115.75	15.52	117.25	115.01	14.53	116.25	2.29	-18.96	24.80	22
4	15.52	117.25	115.01	17.68	117.45	114.40	16.66	116.02	2.25	-15.54	24.80	22
5	17.68	117.45	114.40	19.85	117.66	113.94	18.80	115.86	2.21	-12.18	24.80	22

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>q</sub> [m]	Y <sub>q</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
6	19.85	117.66	113.94	21.28	117.93	113.70	20.58	115.81	1.45	-9.42	24.80	22
7	21.28	117.93	113.70	22.71	118.20	113.52	22.01	115.84	1.44	-7.24	24.80	22
8	22.71	118.20	113.52	23.27	118.76	113.46	23.00	115.99	0.57	-5.72	24.80	22
9	23.27	118.76	113.46	23.28	118.77	113.46	23.28	116.11	0.01	-5.29	24.80	22
10	23.28	118.77	113.46	24.37	119.85	113.38	23.84	116.37	1.09	-4.46	24.80	22
11	24.37	119.85	113.38	26.54	120.36	113.30	25.47	116.72	2.17	-2.00	24.80	22
12	26.54	120.36	113.30	28.71	120.87	113.35	27.63	116.97	2.17	1.27	24.80	22
13	28.71	120.87	113.35	30.87	121.38	113.52	29.80	117.28	2.17	4.54	24.80	22
14	30.87	121.38	113.52	33.04	121.89	113.82	31.96	117.65	2.19	7.83	24.80	22
15	33.04	121.89	113.82	35.21	122.40	114.25	34.13	118.09	2.21	11.15	24.80	22
16	35.21	122.40	114.25	37.38	122.91	114.81	36.29	118.59	2.24	14.50	24.80	22
17	37.38	122.91	114.81	39.54	123.42	115.51	38.46	119.16	2.28	17.91	24.80	22
18	39.54	123.42	115.51	41.71	123.94	116.36	40.62	119.80	2.33	21.38	24.80	22
19	41.71	123.94	116.36	43.88	124.45	117.37	42.78	120.52	2.39	24.94	24.80	22
20	43.88	124.45	117.37	46.05	124.96	118.55	44.95	121.32	2.47	28.61	24.80	22
21	46.05	124.96	118.55	48.22	125.47	119.92	47.11	122.21	2.57	32.40	24.55	13
22	48.22	125.47	119.92	50.38	125.98	121.52	49.26	123.20	2.69	36.37	24.50	12
23	50.38	125.98	121.52	52.55	126.49	123.38	51.40	124.31	2.85	40.55	24.50	12
24	52.55	126.49	123.38	54.72	127.00	125.54	53.50	125.52	3.07	45.02	24.50	12
25	54.72	127.00	125.54	55.99	127.00	127.00	55.14	126.51	1.94	48.79	24.50	12

**Forze applicate sulle strisce [FELLIUS]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	94	0	41	426	44	0	0	0	0	
2	3767	0	1753	2496	1729	0	0	0	0	
3	8950	0	4451	2953	4014	0	0	0	0	
4	13393	0	7007	3395	5895	0	0	0	0	
5	17135	0	9315	3798	7434	0	0	0	0	
6	13288	0	7540	2757	5569	0	0	0	0	
7	14890	0	8572	2944	6199	0	0	0	0	
8	6569	0	5126	1487	1410	0	0	0	0	
9	81	0	63	18	18	0	0	0	0	
10	14884	0	9001	2702	5838	0	0	0	0	
11	33768	0	22000	6140	11748	0	0	0	0	
12	36231	0	24460	6601	11762	0	0	0	0	
13	38065	0	26401	6972	11545	0	0	0	0	
14	39265	0	27809	7249	11090	0	0	0	0	
15	39819	0	28684	7433	10384	0	0	0	0	
16	39709	0	29038	7527	9405	0	0	0	0	
17	38905	0	28900	7537	8120	0	0	0	0	
18	37373	0	28319	7474	6481	0	0	0	0	
19	35061	0	27368	7353	4422	0	0	0	0	
20	31904	0	26160	7199	1850	0	0	0	0	
21	28007	0	23645	5821	0	0	0	0	0	
22	23203	0	18683	4780	0	0	0	0	0	
23	17566	0	13347	3870	0	0	0	0	0	
24	10601	0	7494	2889	0	0	0	0	0	
25	1986	0	1309	1189	0	0	0	0	0	

**Forze applicate sulle strisce [BISHOP]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	94	0	258	436	44	0	522	0	0	
2	3767	0	3432	2623	1729	522	4917	0	0	
3	8950	0	6522	3119	4014	4917	11290	0	0	
4	13393	0	8983	3514	5895	11290	18662	0	0	
5	17135	0	10921	3826	7434	18662	26274	0	0	
6	13288	0	8351	2715	5569	26274	31229	0	0	
7	14890	0	9173	2852	6199	31229	35994	0	0	
8	6569	0	5335	1424	1410	35994	38083	0	0	
9	81	0	66	17	18	38083	38108	0	0	
10	14884	0	9292	2572	5838	38108	41850	0	0	
11	33768	0	22243	5771	11748	41850	48804	0	0	
12	36231	0	24342	6139	11762	48804	54141	0	0	
13	38065	0	26127	6457	11545	54141	57593	0	0	
14	39265	0	27619	6730	11090	57593	58984	0	0	
15	39819	0	28829	6961	10384	58984	58231	0	0	
16	39709	0	29761	7150	9405	58231	55344	0	0	

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
17	38905	0	30409	7297	8120	55344	50438	0	0	
18	37373	0	30757	7401	6481	50438	43753	0	0	
19	35061	0	30776	7459	4422	43753	35673	0	0	
20	31904	0	30420	7464	1850	35673	26775	0	0	
21	28007	0	29122	6380	0	26775	16555	0	0	
22	23203	0	24758	5510	0	16555	6310	0	0	
23	17566	0	19168	4617	0	6310	-2644	0	0	
24	10601	0	11590	3404	0	-2644	-8435	0	0	
25	1986	0	1675	1173	0	-8435	-8922	0	0	

**Forze applicate sulle strisce [JANBU]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	94	0	275	472	44	0	562	0	0	
2	3767	0	3521	2839	1729	562	5192	0	0	
3	8950	0	6609	3372	4014	5192	11833	0	0	
4	13393	0	9061	3796	5895	11833	19498	0	0	
5	17135	0	10986	4129	7434	19498	27420	0	0	
6	13288	0	8386	2928	5569	27420	32591	0	0	
7	14890	0	9201	3074	6199	32591	37581	0	0	
8	6569	0	5346	1534	1410	37581	39781	0	0	
9	81	0	66	19	18	39781	39807	0	0	
10	14884	0	9308	2771	5838	39807	43748	0	0	
11	33768	0	22258	6214	11748	43748	51145	0	0	
12	36231	0	24332	6604	11762	51145	56948	0	0	
13	38065	0	26089	6941	11545	56948	60886	0	0	
14	39265	0	27550	7230	11090	60886	62781	0	0	
15	39819	0	28729	7472	10384	62781	62548	0	0	
16	39709	0	29627	7669	9405	62548	60197	0	0	
17	38905	0	30240	7821	8120	60197	55842	0	0	
18	37373	0	30551	7926	6481	55842	49720	0	0	
19	35061	0	30533	7981	4422	49720	42215	0	0	
20	31904	0	30139	7979	1850	42215	33905	0	0	
21	28007	0	28847	6814	0	33905	24199	0	0	
22	23203	0	24486	5879	0	24199	14412	0	0	
23	17566	0	18908	4920	0	14412	5858	0	0	
24	10601	0	11371	3623	0	5858	375	0	0	
25	1986	0	1591	1247	0	375	0	0	0	



**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

**8.2.10 VERIFICA 08 – Paramento di valle, fine costruzione, condizioni non drenate, senza sisma**

**Dati**

Descrizione terreno

*Simbologia adottata*

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_{sat}$	$\phi_u$	$c_u$
		[kg/mc]	[kg/mc]	[°]	[kPa]
1	SUBSTRATO	2310	2337	0.00	77.0
2	CORPO DIGA	2140	2161	0.00	61.4
3	FONDAZIONE	2039	2131	0.00	150.0

Profilo del piano campagna

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

<i>Nr.</i>	Identificativo del punto
$X$	Ascissa del punto del profilo espressa in m
$Y$	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.48	116.15
2	11.19	116.84
3	19.85	117.66
4	22.71	118.20
5	23.27	118.76
6	24.37	119.85
7	54.72	127.00
8	59.36	127.00
9	93.36	135.00
10	98.00	135.00
11	133.28	143.30
12	138.78	143.30
13	196.15	128.00
14	247.52	128.00

Descrizione stratigrafia

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (FONDAZIONE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.48	110.85
2	-32.48	0.00
3	247.52	0.00
4	247.51	116.72
5	185.00	116.00
6	120.00	114.00

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

---

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (CORPO DIGA)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	23.27	118.76
2	34.18	118.76
3	42.84	118.76
4	63.28	118.76
5	66.43	121.91
6	112.84	125.04
7	118.84	119.04
8	123.84	119.04
9	129.84	125.04
10	196.15	128.00
11	138.78	143.30
12	133.28	143.30
13	98.00	135.00
14	93.36	135.00
15	59.36	127.00
16	54.72	127.00
17	24.37	119.85

Strato N° 3 costituito da terreno n° 1 (SUBSTRATO)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	247.51	116.72
2	247.52	128.00
3	196.15	128.00
4	129.84	125.04
5	123.84	119.04
6	118.84	119.04
7	112.84	125.04
8	66.43	121.91
9	63.28	118.76
10	42.84	118.76
11	34.18	118.76
12	23.27	118.76
13	22.71	118.20
14	19.85	117.66
15	11.19	116.84
16	-32.48	116.15
17	-32.48	110.85
18	120.00	114.00
19	185.00	116.00

Descrizione falda

*Livello di falda*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.48	116.22
2	11.19	116.84
3	15.52	117.25
4	19.85	117.66
5	22.71	118.19
6	23.28	118.76
7	62.98	118.66
8	66.28	122.12
9	111.62	124.64
10	130.18	124.94
11	196.15	128.00
12	247.52	128.00

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

### Carichi sul profilo

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

$N^{\circ}$  Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Carichi distribuiti

$X_i, X_f$  Ascissa iniziale e finale del carico espressa in [m]

$Vx_i, Vx_f, Vy_i, Vy_f$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

### Carichi distribuiti

n°	Descrizione	$X_i$	$X_f$	$Vy_i$	$Vy_f$	$Vx_i$	$Vx_f$
		[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]
1	Stradale	138.78	133.28	3000	3000	0	0

### Dati normativa

#### Normativa :

- D.M. 11/03/1988
- D.M. 16/01/1996

### Impostazioni delle superfici di rottura

#### Superfici di rottura circolari

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 12.78$	$Y_0 = 143.30$
Passo maglia	[m]	$dX = 2.00$	$dY = 2.00$
Numero passi		$Nx = 64$	$Ny = 16$
Raggio	[m]	$R = 10.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=2.00$  [m] ed un numero di incrementi pari a 40

### Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- FELLENIUS
- BISHOP

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Analisi condotta in termini di **tensioni totali**

Presenza di carichi distribuiti

### Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

### Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	26779
Coefficiente di sicurezza minimo	1.619

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

Superficie con coefficiente di sicurezza minimo

1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
FELLENIOUS	26779	1.619	1	-37.966	26779
BISHOP	26779	1.619	1	-37.966	26779

Caratteristiche delle superfici analizzate

*Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

F<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

Metodo di FELLENIOUS (F)

Metodo di BISHOP (B)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	86.78	173.30	60.00	50.01	138.74	1300.68	1.619 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.619 (B)	--	--
2	C	84.78	173.30	60.00	48.48	136.74	1265.22	1.625 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.625 (B)	--	--
3	C	86.78	171.30	58.00	50.54	137.57	1272.27	1.637 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.637 (B)	--	--
4	C	94.78	173.30	58.00	59.73	143.62	1230.07	1.639 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.639 (B)	--	--
5	C	92.78	173.30	58.00	57.85	141.91	1199.48	1.646 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.646 (B)	--	--
6	C	88.78	173.30	60.00	51.54	140.48	1334.79	1.646 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.646 (B)	--	--
7	C	84.78	171.30	58.00	49.00	135.57	1238.28	1.648 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.648 (B)	--	--
8	C	96.78	173.30	58.00	61.26	145.32	1259.03	1.654 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.654 (B)	--	--
9	C	94.78	171.30	56.00	60.25	142.66	1205.66	1.654 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.654 (B)	--	--
10	C	86.78	169.30	56.00	51.09	136.38	1244.61	1.654 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.654 (B)	--	--
11	C	82.78	173.30	60.00	46.95	134.74	1229.29	1.659 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.659 (B)	--	--
12	C	92.78	171.30	56.00	58.52	140.94	1175.02	1.659 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.659 (B)	--	--
13	C	96.78	171.30	56.00	61.80	144.38	1235.08	1.662 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.662 (B)	--	--
14	C	90.78	173.30	58.00	55.85	140.19	1168.11	1.663 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.663 (B)	--	--
15	C	88.78	171.30	58.00	52.09	139.47	1307.09	1.664 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.664 (B)	--	--
16	C	94.78	169.30	54.00	60.79	141.68	1180.85	1.669 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.669 (B)	--	--
17	C	96.78	169.30	54.00	62.35	143.41	1210.44	1.672 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.672 (B)	--	--
18	C	90.78	173.30	60.00	53.09	142.20	1367.36	1.673 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.673 (B)	--	--
19	C	86.78	167.30	54.00	51.66	135.15	1215.62	1.675 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.675 (B)	--	--
20	C	62.78	163.30	88.00	-11.73	147.87	6243.58	1.676 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.676 (B)	--	--
21	C	84.78	169.30	56.00	49.54	134.38	1210.09	1.676 (F)	--	--

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
--	--	--	--	--	--	--	--	1.676 (B)	--	--
22	C	62.78	165.30	88.00	-10.45	147.36	5927.80	1.677 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.677 (B)	--	--
23	C	64.78	163.30	88.00	-9.75	149.74	6291.32	1.677 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.677 (B)	--	--
24	C	64.78	165.30	88.00	-8.47	149.22	5975.91	1.677 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.677 (B)	--	--
25	C	62.78	161.30	88.00	-12.94	148.35	6562.56	1.677 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.677 (B)	--	--
26	C	92.78	169.30	54.00	59.21	139.94	1149.64	1.678 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.678 (B)	--	--
27	C	64.78	167.30	88.00	-7.11	148.65	5663.94	1.679 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.679 (B)	--	--
28	C	64.78	161.30	88.00	-10.96	150.22	6609.91	1.679 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.679 (B)	--	--
29	C	62.78	167.30	88.00	-9.09	146.81	5615.45	1.680 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.680 (B)	--	--
30	C	66.78	165.30	88.00	-6.49	151.07	6022.49	1.681 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	1.681 (B)	--	--

**Analisi della superficie critica**

*Simbologia adottata*

- Le ascisse X sono considerate positive verso destra
- Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
- Le strisce sono numerate da valle verso monte
- N° numero d'ordine della striscia
- X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
- X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m
- Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m
- α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
- φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
- c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa
- L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa
- W peso della striscia espresso in kg
- Q carico applicato sulla striscia espresso in kg
- N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
- T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
- U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
- E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1**

Numero di strisce 27  
 Coordinate del centro X[m]= 86.78 Y[m]= 173.30  
 Raggio del cerchio R[m]= 60.00  
 Intersezione a valle con il profilo topografico X<sub>v</sub>[m]= 50.01 Y<sub>v</sub>[m]= 125.89  
 Intersezione a monte con il profilo topografico X<sub>m</sub>[m]= 138.74 Y<sub>m</sub>[m]= 143.30  
 Coefficiente di sicurezza F<sub>s</sub>= 1.619

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	50.01	125.89	125.89	52.36	126.44	124.15	51.58	125.50	2.93	-36.40	0.00	61
2	52.36	126.44	124.15	54.72	127.00	122.58	53.67	125.02	2.83	-33.65	0.00	61
3	54.72	127.00	122.58	57.04	127.00	121.19	55.93	124.43	2.71	-31.01	0.00	61
4	57.04	127.00	121.19	59.36	127.00	119.93	58.24	123.77	2.64	-28.45	0.00	61
5	59.36	127.00	119.93	62.98	127.85	118.22	61.26	123.24	4.00	-25.28	0.00	66
6	62.98	127.85	118.22	63.28	127.92	118.09	63.13	123.02	0.33	-23.21	0.00	77
7	63.28	127.92	118.09	66.28	128.63	116.91	64.82	122.89	3.22	-21.52	0.00	77
8	66.28	128.63	116.91	70.15	129.54	115.65	68.27	122.68	4.07	-18.04	0.00	77

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>q</sub> [m]	Y <sub>q</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
9	70.15	129.54	115.65	74.02	130.45	114.67	72.12	122.58	3.99	-14.19	0.00	77
10	74.02	130.45	114.67	77.89	131.36	113.96	75.98	122.61	3.93	-10.40	0.00	77
11	77.89	131.36	113.96	81.75	132.27	113.51	79.84	122.78	3.89	-6.66	0.00	77
12	81.75	132.27	113.51	85.62	133.18	113.31	83.71	123.07	3.87	-2.96	0.00	77
13	85.62	133.18	113.31	89.49	134.09	113.36	87.57	123.49	3.87	0.74	0.00	98
14	89.49	134.09	113.36	93.36	135.00	113.66	91.43	124.03	3.88	4.44	0.00	80
15	93.36	135.00	113.66	95.68	135.00	113.96	94.52	124.41	2.34	7.41	0.00	77
16	95.68	135.00	113.96	98.00	135.00	114.36	96.84	124.58	2.35	9.65	0.00	77
17	98.00	135.00	114.36	101.40	135.80	115.11	99.70	125.07	3.49	12.44	0.00	77
18	101.40	135.80	115.11	104.81	136.60	116.07	103.11	125.90	3.54	15.80	0.00	77
19	104.81	136.60	116.07	108.21	137.40	117.26	106.51	126.83	3.61	19.21	0.00	77
20	108.21	137.40	117.26	111.62	138.20	118.68	109.91	127.88	3.69	22.69	0.00	77
21	111.62	138.20	118.68	115.95	139.22	120.87	113.76	129.24	4.85	26.77	0.00	77
22	115.95	139.22	120.87	120.28	140.24	123.53	118.08	130.95	5.08	31.52	0.00	64
23	120.28	140.24	123.53	124.62	141.26	126.73	122.40	132.92	5.39	36.52	0.00	61
24	124.62	141.26	126.73	128.95	142.28	130.62	126.70	135.18	5.82	41.87	0.00	61
25	128.95	142.28	130.62	133.28	143.30	135.38	130.98	137.80	6.44	47.73	0.00	61
26	133.28	143.30	135.38	136.01	143.30	139.00	134.51	140.16	4.53	52.97	0.00	61
27	136.01	143.30	139.00	138.74	143.30	143.30	136.92	141.87	5.09	57.57	0.00	61

**Forze applicate sulle strisce [FELLENIOUS]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	5781	0	4653	11325	0	0	0	0	0	
2	16916	0	14082	10950	0	0	0	0	0	
3	25388	0	21760	10470	0	0	0	0	0	
4	31970	0	28108	10207	0	0	0	0	0	
5	65364	0	59103	16724	0	0	0	0	0	
6	6277	0	5769	1583	0	0	0	0	0	
7	70814	0	65879	15643	0	0	0	0	0	
8	110384	0	104960	19735	0	0	0	0	0	
9	128231	0	124320	19356	0	0	0	0	0	
10	143593	0	141233	19079	0	0	0	0	0	
11	156578	0	155520	18893	0	0	0	0	0	
12	167255	0	167033	18791	0	0	0	0	0	
13	176497	0	176482	23813	0	0	0	0	0	
14	182695	0	182146	19505	0	0	0	0	0	
15	110295	0	109373	11349	0	0	0	0	0	
16	108469	0	106933	11416	0	0	0	0	0	
17	157699	0	153995	16915	0	0	0	0	0	
18	156905	0	150978	17166	0	0	0	0	0	
19	154380	0	145784	17491	0	0	0	0	0	
20	150022	0	138407	17903	0	0	0	0	0	
21	179168	0	159960	23537	0	0	0	0	0	
22	162855	0	138830	20413	0	0	0	0	0	
23	144851	0	116410	20850	0	0	0	0	0	
24	121408	0	90403	22503	0	0	0	0	0	
25	90767	0	61054	24911	0	0	0	0	0	
26	35694	0	21496	17540	0	0	0	0	0	
27	12558	0	6735	19696	0	0	0	0	0	

**Forze applicate sulle strisce [BISHOP]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	5781	0	15531	11325	0	0	18332	0	0	
2	16916	0	27610	10950	0	18332	42747	0	0	
3	25388	0	35913	10470	0	42747	70220	0	0	
4	31970	0	41894	10207	0	70220	99155	0	0	
5	65364	0	80187	16724	0	99155	148522	0	0	
6	6277	0	7509	1583	0	148522	152937	0	0	
7	70814	0	82288	15643	0	152937	197673	0	0	
8	110384	0	122514	19735	0	197673	254370	0	0	
9	128231	0	137158	19356	0	254370	306751	0	0	
10	143593	0	149496	19079	0	306751	352512	0	0	
11	156578	0	159851	18893	0	352512	389831	0	0	
12	167255	0	168448	18791	0	389831	417280	0	0	

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
13	176497	0	176203	23813	0	417280	438808	0	0	
14	182695	0	181730	19505	0	438808	444176	0	0	
15	110295	0	109748	11349	0	444176	441270	0	0	
16	108469	0	108085	11416	0	441270	434399	0	0	
17	157699	0	157760	16915	0	434399	416924	0	0	
18	156905	0	158207	17166	0	416924	390371	0	0	
19	154380	0	157388	17491	0	390371	355104	0	0	
20	150022	0	155125	17903	0	355104	311773	0	0	
21	179168	0	188807	23537	0	311773	247736	0	0	
22	162855	0	178521	20413	0	247736	171812	0	0	
23	144851	0	164801	20850	0	171812	90495	0	0	
24	121408	0	142873	22503	0	90495	11886	0	0	
25	90767	0	107536	24911	0	11886	-50930	0	0	
26	35694	0	36018	17540	0	-50930	-69121	0	0	
27	12558	0	-7582	19696	0	-69121	-52159	0	0	

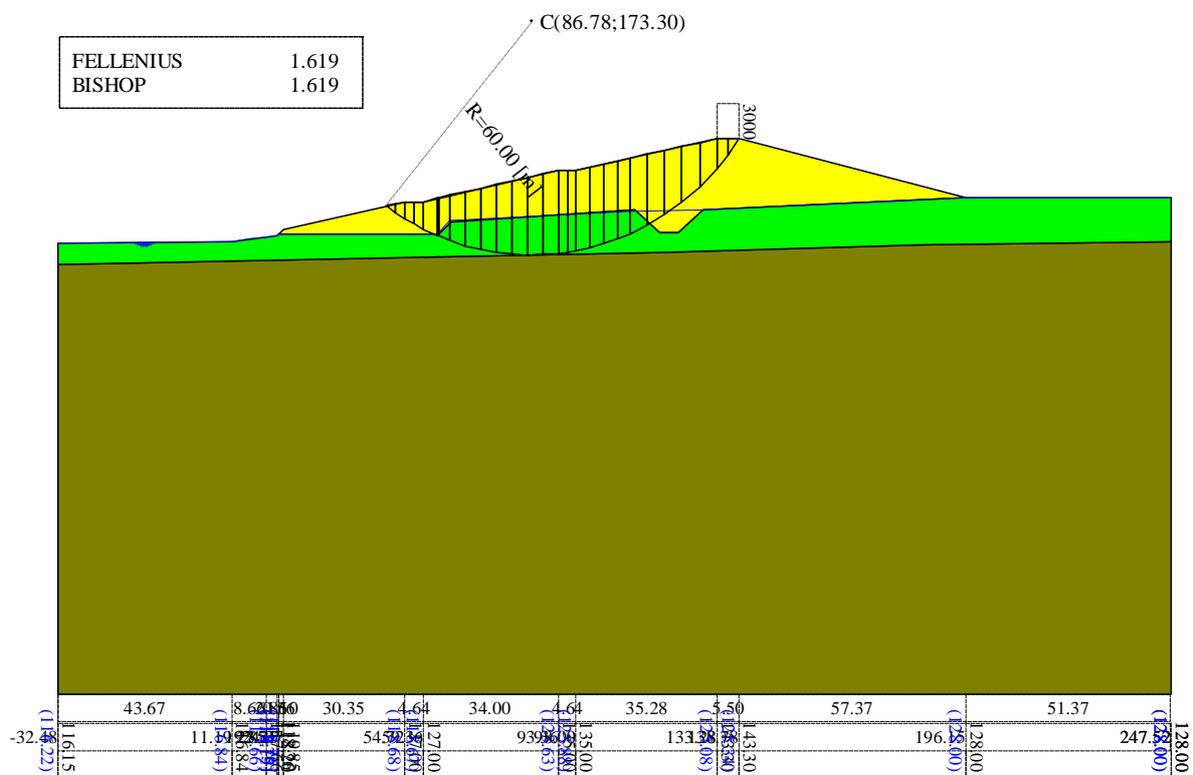


Figura 26 – Risultati verifica 08 secondo DM LL.PP. 24/03/1982 – cerchio critico con i metodi di Fellenius e Bishop

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

**8.2.11 VERIFICA 09 – Paramento di valle, fine costruzione, condizioni non drenate, con sisma**

**Dati**

Descrizione terreno

*Simbologia adottata*

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi_u$ [°]	$c_u$ [kPa]
1	SUBSTRATO	2310	2337	0.00	77.0
2	CORPO DIGA	2140	2161	0.00	61.4
3	FONDAZIONE	2039	2131	0.00	150.0

Profilo del piano campagna

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

<i>Nr.</i>	Identificativo del punto
$X$	Ascissa del punto del profilo espressa in m
$Y$	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	-32.48	116.15
2	11.19	116.84
3	19.85	117.66
4	22.71	118.20
5	23.27	118.76
6	24.37	119.85
7	54.72	127.00
8	59.36	127.00
9	93.36	135.00
10	98.00	135.00
11	133.28	143.30
12	138.78	143.30
13	196.15	128.00
14	247.52	128.00

Descrizione stratigrafia

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (FONDAZIONE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	-32.48	110.85
2	-32.48	0.00
3	247.52	0.00

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

n°	X	Y
	[m]	[m]
4	247.51	116.72
5	185.00	116.00
6	120.00	114.00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (CORPO DIGA)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	23.27	118.76
2	34.18	118.76
3	42.84	118.76
4	63.28	118.76
5	66.43	121.91
6	112.84	125.04
7	118.84	119.04
8	123.84	119.04
9	129.84	125.04
10	196.15	128.00
11	138.78	143.30
12	133.28	143.30
13	98.00	135.00
14	93.36	135.00
15	59.36	127.00
16	54.72	127.00
17	24.37	119.85

Strato N° 3 costituito da terreno n° 1 (SUBSTRATO)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	247.51	116.72
2	247.52	128.00
3	196.15	128.00
4	129.84	125.04
5	123.84	119.04
6	118.84	119.04
7	112.84	125.04
8	66.43	121.91
9	63.28	118.76
10	42.84	118.76
11	34.18	118.76
12	23.27	118.76
13	22.71	118.20
14	19.85	117.66
15	11.19	116.84
16	-32.48	116.15
17	-32.48	110.85
18	120.00	114.00
19	185.00	116.00

Descrizione falda

*Livello di falda*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.48	116.22
2	11.19	116.84
3	15.52	117.25
4	19.85	117.66
5	22.71	118.19
6	23.28	118.76
7	62.98	118.66
8	66.28	122.12

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

n°	X	Y
	[m]	[m]
9	111.62	124.64
10	130.18	124.94
11	196.15	128.00
12	247.52	128.00

### Carichi sul profilo

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Carichi distribuiti

X<sub>i</sub>, X<sub>f</sub> Ascissa iniziale e finale del carico espressa in [m]

V<sub>Xi</sub>, V<sub>Xf</sub>, V<sub>Yi</sub>, V<sub>Yf</sub> Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

### Carichi distribuiti

n°	Descrizione	X <sub>i</sub>	X <sub>f</sub>	V <sub>Yi</sub>	V <sub>Yf</sub>	V <sub>Xi</sub>	V <sub>Xf</sub>
		[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]
1	Stradale	138.78	133.28	3000	3000	0	0

### Dati zona sismica

Coefficiente sismico orizzontale (percento)	7.00
Coefficiente sismico verticale (percento)	3.50
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50

### Dati normativa

#### Normativa :

- D.M. 11/03/1988
- D.M. 16/01/1996

### Impostazioni delle superfici di rottura

#### Superfici di rottura circolari

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	X <sub>0</sub> = 12.78	Y <sub>0</sub> = 143.30
Passo maglia	[m]	dX = 2.00	dY = 2.00
Numero passi		Nx = 64	Ny = 16
Raggio	[m]	R = 10.00	

Si utilizza un raggio variabile con passo dR=2.00 [m] ed un numero di incrementi pari a 40

### Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- FELLENIUS
- BISHOP

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **sismiche**.

Analisi condotta in termini di **tensioni totali**

Presenza di carichi distribuiti

### Condizioni di esclusione

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

---

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

**Risultati analisi**

Numero di superfici analizzate	26779
Coefficiente di sicurezza minimo	1.238
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
FELLENIIUS	26779	1.238	1	30.802	26779
BISHOP	26779	1.238	1	30.802	26779

Caratteristiche delle superfici analizzate

*Simbologia adottata*

- Le ascisse X sono considerate positive verso monte
- Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
- N° numero d'ordine della superficie cerchio
- C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]
- C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]
- R raggio del cerchio espresso in m
- x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m
- x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m
- V volume interessato dalla superficie espresso [mc]
- F<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

Metodo di FELLENIIUS (F)

Metodo di BISHOP (B)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	86.78	173.30	60.00	50.01	138.74	1300.68	1.238 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.238 (B)	--	--
2	C	94.78	173.30	58.00	59.73	143.62	1230.07	1.242 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.242 (B)	--	--
3	C	96.78	173.30	58.00	61.26	145.32	1259.03	1.243 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.243 (B)	--	--
4	C	84.78	173.30	60.00	48.48	136.74	1265.22	1.244 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.244 (B)	--	--
5	C	86.78	171.30	58.00	50.54	137.57	1272.27	1.253 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.253 (B)	--	--
6	C	96.78	171.30	56.00	61.80	144.38	1235.08	1.254 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.254 (B)	--	--
7	C	92.78	173.30	58.00	57.85	141.91	1199.48	1.255 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.255 (B)	--	--
8	C	88.78	173.30	60.00	51.54	140.48	1334.79	1.256 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.256 (B)	--	--
9	C	94.78	171.30	56.00	60.25	142.66	1205.66	1.257 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.257 (B)	--	--
10	C	98.78	173.30	58.00	62.80	147.02	1286.19	1.259 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.259 (B)	--	--
11	C	98.78	171.30	56.00	63.34	146.10	1262.62	1.261 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.261 (B)	--	--
12	C	84.78	171.30	58.00	49.00	135.57	1238.28	1.262 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.262 (B)	--	--
13	C	96.78	169.30	54.00	62.35	143.41	1210.44	1.266 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.266 (B)	--	--
14	C	86.78	169.30	56.00	51.09	136.38	1244.61	1.268 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.268 (B)	--	--
15	C	98.78	169.30	54.00	63.91	145.14	1238.30	1.268 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.268 (B)	--	--
16	C	92.78	171.30	56.00	58.52	140.94	1175.02	1.269 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.269 (B)	--	--
17	C	64.78	161.30	88.00	-10.96	150.22	6609.91	1.269 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.269 (B)	--	--
18	C	64.78	163.30	88.00	-9.75	149.74	6291.32	1.270 (F)	--	H+V

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
--	--	--	--	--	--	--	--	1.270 (B)	--	--
19	C	62.78	161.30	88.00	-12.94	148.35	6562.56	1.270 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.270 (B)	--	--
20	C	64.78	159.30	88.00	-12.10	150.67	6931.43	1.270 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.270 (B)	--	--
21	C	82.78	173.30	60.00	46.95	134.74	1229.29	1.270 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.270 (B)	--	--
22	C	66.78	163.30	88.00	-7.77	151.61	6337.50	1.271 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.271 (B)	--	--
23	C	62.78	163.30	88.00	-11.73	147.87	6243.58	1.271 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.271 (B)	--	--
24	C	66.78	161.30	88.00	-8.98	152.10	6655.68	1.271 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.271 (B)	--	--
25	C	64.78	165.30	88.00	-8.47	149.22	5975.91	1.272 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.272 (B)	--	--
26	C	94.78	169.30	54.00	60.79	141.68	1180.85	1.272 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.272 (B)	--	--
27	C	62.78	159.30	88.00	-14.08	148.78	6887.17	1.272 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.272 (B)	--	--
28	C	66.78	165.30	88.00	-6.49	151.07	6022.49	1.272 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.272 (B)	--	--
29	C	88.78	171.30	58.00	52.09	139.47	1307.09	1.273 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.273 (B)	--	--
30	C	90.78	173.30	60.00	53.09	142.20	1367.36	1.273 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.273 (B)	--	--

**Analisi della superficie critica**

*Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

- N° numero d'ordine della striscia
- X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
- X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m
- Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m
- α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
- φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
- c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa
- L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa
- W peso della striscia espresso in kg
- Q carico applicato sulla striscia espresso in kg
- N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
- T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
- U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
- E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1**

Numero di strisce	27	
Coordinate del centro	X[m]= 86.78	Y[m]= 173.30
Raggio del cerchio	R[m]= 60.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 50.01	Y <sub>v</sub> [m]= 125.89
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 138.74	Y <sub>m</sub> [m]= 143.30
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub> = 1.238	

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	50.01	125.89	125.89	52.36	126.44	124.15	51.58	125.50	2.93	-36.40	0.00	61
2	52.36	126.44	124.15	54.72	127.00	122.58	53.67	125.02	2.83	-33.65	0.00	61

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>q</sub> [m]	Y <sub>q</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
3	54.72	127.00	122.58	57.04	127.00	121.19	55.93	124.43	2.71	-31.01	0.00	61
4	57.04	127.00	121.19	59.36	127.00	119.93	58.24	123.77	2.64	-28.45	0.00	61
5	59.36	127.00	119.93	62.98	127.85	118.22	61.26	123.24	4.00	-25.28	0.00	66
6	62.98	127.85	118.22	63.28	127.92	118.09	63.13	123.02	0.33	-23.21	0.00	77
7	63.28	127.92	118.09	66.28	128.63	116.91	64.82	122.89	3.22	-21.52	0.00	77
8	66.28	128.63	116.91	70.15	129.54	115.65	68.27	122.68	4.07	-18.04	0.00	77
9	70.15	129.54	115.65	74.02	130.45	114.67	72.12	122.58	3.99	-14.19	0.00	77
10	74.02	130.45	114.67	77.89	131.36	113.96	75.98	122.61	3.93	-10.40	0.00	77
11	77.89	131.36	113.96	81.75	132.27	113.51	79.84	122.78	3.89	-6.66	0.00	77
12	81.75	132.27	113.51	85.62	133.18	113.31	83.71	123.07	3.87	-2.96	0.00	77
13	85.62	133.18	113.31	89.49	134.09	113.36	87.57	123.49	3.87	0.74	0.00	98
14	89.49	134.09	113.36	93.36	135.00	113.66	91.43	124.03	3.88	4.44	0.00	80
15	93.36	135.00	113.66	95.68	135.00	113.96	94.52	124.41	2.34	7.41	0.00	77
16	95.68	135.00	113.96	98.00	135.00	114.36	96.84	124.58	2.35	9.65	0.00	77
17	98.00	135.00	114.36	101.40	135.80	115.11	99.70	125.07	3.49	12.44	0.00	77
18	101.40	135.80	115.11	104.81	136.60	116.07	103.11	125.90	3.54	15.80	0.00	77
19	104.81	136.60	116.07	108.21	137.40	117.26	106.51	126.83	3.61	19.21	0.00	77
20	108.21	137.40	117.26	111.62	138.20	118.68	109.91	127.88	3.69	22.69	0.00	77
21	111.62	138.20	118.68	115.95	139.22	120.87	113.76	129.24	4.85	26.77	0.00	77
22	115.95	139.22	120.87	120.28	140.24	123.53	118.08	130.95	5.08	31.52	0.00	64
23	120.28	140.24	123.53	124.62	141.26	126.73	122.40	132.92	5.39	36.52	0.00	61
24	124.62	141.26	126.73	128.95	142.28	130.62	126.70	135.18	5.82	41.87	0.00	61
25	128.95	142.28	130.62	133.28	143.30	135.38	130.98	137.80	6.44	47.73	0.00	61
26	133.28	143.30	135.38	136.01	143.30	139.00	134.51	140.16	4.53	52.97	0.00	61
27	136.01	143.30	139.00	138.74	143.30	143.30	136.92	141.87	5.09	57.57	0.00	61

**Forze applicate sulle strisce [FELLIUS]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	5781	0	4730	14805	0	0	0	0	0	
2	16916	0	14245	14315	0	0	0	0	0	
3	25388	0	21914	13688	0	0	0	0	0	
4	31970	0	28190	13344	0	0	0	0	0	
5	65364	0	58989	21864	0	0	0	0	0	
6	6277	0	5740	2069	0	0	0	0	0	
7	70814	0	65391	20452	0	0	0	0	0	
8	110384	0	103679	25801	0	0	0	0	0	
9	128231	0	122169	25305	0	0	0	0	0	
10	143593	0	138105	24943	0	0	0	0	0	
11	156578	0	151349	24700	0	0	0	0	0	
12	167255	0	161790	24566	0	0	0	0	0	
13	176497	0	170145	31131	0	0	0	0	0	
14	182695	0	174780	25500	0	0	0	0	0	
15	110295	0	104549	14837	0	0	0	0	0	
16	108469	0	101917	14924	0	0	0	0	0	
17	157699	0	146226	22113	0	0	0	0	0	
18	156905	0	142704	22442	0	0	0	0	0	
19	154380	0	137126	22867	0	0	0	0	0	
20	150022	0	129512	23406	0	0	0	0	0	
21	179168	0	148711	30771	0	0	0	0	0	
22	162855	0	128012	26687	0	0	0	0	0	
23	144851	0	106301	27259	0	0	0	0	0	
24	121408	0	81566	29420	0	0	0	0	0	
25	90767	0	54216	32568	0	0	0	0	0	
26	35694	0	18749	22931	0	0	0	0	0	
27	12558	0	5757	25750	0	0	0	0	0	

**Forze applicate sulle strisce [BISHOP]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	5781	0	17846	14805	0	0	22102	0	0	
2	16916	0	29140	14315	0	22102	48982	0	0	
3	25388	0	36810	13688	0	48982	77899	0	0	
4	31970	0	42321	13344	0	77899	107557	0	0	
5	65364	0	80084	21864	0	107557	156953	0	0	
6	6277	0	7479	2069	0	156953	161363	0	0	



**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

**8.2.12 VERIFICA 10 – Paramento di valle, massimo invaso, condizioni drenate, senza sisma**

**Dati**

Descrizione terreno

*Simbologia adottata*

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]
1	SUBSTRATO	2310	2337	24.80	22.3
2	CORPO DIGA	2140	2161	24.50	11.8
3	FONDAZIONE	2039	2131	25.00	50.0

Profilo del piano campagna

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

<i>Nr.</i>	Identificativo del punto
$X$	Ascissa del punto del profilo espressa in m
$Y$	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	-32.48	116.15
2	11.19	116.84
3	19.85	117.66
4	22.71	118.20
5	23.27	118.76
6	24.37	119.85
7	54.72	127.00
8	59.36	127.00
9	93.36	135.00
10	98.00	135.00
11	133.28	143.30
12	138.78	143.30
13	196.15	128.00
14	247.52	128.00

Descrizione stratigrafia

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (FONDAZIONE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	-32.48	110.85
2	-32.48	0.00
3	247.52	0.00

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

n°	X	Y
	[m]	[m]
4	247.51	116.72
5	185.00	116.00
6	120.00	114.00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (CORPO DIGA)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	23.27	118.76
2	34.18	118.76
3	42.84	118.76
4	63.28	118.76
5	66.43	121.91
6	112.84	125.04
7	118.84	119.04
8	123.84	119.04
9	129.84	125.04
10	196.15	128.00
11	138.78	143.30
12	133.28	143.30
13	98.00	135.00
14	93.36	135.00
15	59.36	127.00
16	54.72	127.00
17	24.37	119.85

Strato N° 3 costituito da terreno n° 1 (SUBSTRATO)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	247.51	116.72
2	247.52	128.00
3	196.15	128.00
4	129.84	125.04
5	123.84	119.04
6	118.84	119.04
7	112.84	125.04
8	66.43	121.91
9	63.28	118.76
10	42.84	118.76
11	34.18	118.76
12	23.27	118.76
13	22.71	118.20
14	19.85	117.66
15	11.19	116.84
16	-32.48	116.15
17	-32.48	110.85
18	120.00	114.00
19	185.00	116.00

Descrizione falda

*Livello di falda*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.48	116.22
2	11.19	116.84
3	15.52	117.25
4	19.85	117.66
5	22.71	118.19
6	23.28	118.76
7	62.17	118.76
8	62.40	119.76

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

n°	X	Y
	[m]	[m]
9	63.08	120.76
10	64.21	121.76
11	65.79	122.76
12	67.83	123.76
13	70.32	124.76
14	73.26	125.76
15	76.65	126.76
16	80.50	127.76
17	84.80	128.76
18	89.55	129.76
19	94.75	130.76
20	100.41	131.76
21	106.51	132.76
22	113.07	133.76
23	120.09	134.76
24	127.55	135.76
25	135.47	136.76
26	143.84	137.76
27	145.37	137.93
28	146.03	138.20
29	147.20	138.63
30	148.50	139.27
31	149.50	139.91
32	150.00	140.31
33	247.52	140.31

### Carichi sul profilo

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Carichi distribuiti

$X_i, X_f$  Ascissa iniziale e finale del carico espressa in [m]

$V_{X_i}, V_{X_f}, V_{Y_i}, V_{Y_f}$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

### Carichi distribuiti

n°	Descrizione	$X_i$	$X_f$	$V_{Y_i}$	$V_{Y_f}$	$V_{X_i}$	$V_{X_f}$
		[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]
1	Stradale	138.78	133.28	3000	3000	0	0

### Dati normativa

#### Normativa :

- D.M. 11/03/1988
- D.M. 16/01/1996

### Impostazioni delle superfici di rottura

#### Superfici di rottura circolari

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 14.82$	$Y_0 = 143.58$
Passo maglia	[m]	$dX = 2.00$	$dY = 2.00$
Numero passi		$N_x = 64$	$N_y = 16$
Raggio	[m]	$R = 10.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=2.00$  [m] ed un numero di incrementi pari a 40

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

### Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- FELLENIUS
- BISHOP

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

### Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

### Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	26500
Coefficiente di sicurezza minimo	2.093
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	607

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
FELLENIUS	26500	2.093	607	47.332	26500
BISHOP	26500	2.530	1	47.994	26500

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

F<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

Metodo di FELLENIUS (F)

Metodo di BISHOP (B)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	88.82	173.58	56.00	57.73	135.93	928.10	2.194 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.530 (B)	--	--
2	C	90.82	173.58	56.00	59.64	137.93	960.76	2.186 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.531 (B)	--	--
3	C	88.82	173.58	50.00	66.72	127.54	459.56	2.310 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.537 (B)	--	--
4	C	88.82	173.58	58.00	54.37	138.29	1113.32	2.169 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.543 (B)	--	--
5	C	86.82	173.58	56.00	55.73	133.93	895.52	2.217 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.545 (B)	--	--
6	C	90.82	173.58	58.00	56.26	140.08	1145.69	2.166 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.548 (B)	--	--
7	C	86.82	173.58	58.00	52.86	136.29	1080.10	2.181 (F)	--	--

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
--	--	--	--	--	--	--	--	2.548 (B)	--	--
8	C	90.82	173.58	54.00	62.34	135.53	789.39	2.237 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.549 (B)	--	--
9	C	92.82	173.58	56.00	61.12	139.76	992.64	2.192 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.549 (B)	--	--
10	C	92.82	173.58	54.00	63.80	137.53	820.23	2.229 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.550 (B)	--	--
11	C	88.82	173.58	54.00	60.89	133.53	757.76	2.252 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.553 (B)	--	--
12	C	88.82	171.58	54.00	58.35	134.82	906.47	2.205 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.555 (B)	--	--
13	C	86.82	173.58	50.00	65.37	125.06	433.39	2.339 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.555 (B)	--	--
14	C	90.82	173.58	50.00	68.08	130.01	486.14	2.318 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.556 (B)	--	--
15	C	90.82	171.58	54.00	60.10	136.82	938.79	2.196 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.557 (B)	--	--
16	C	94.82	173.58	50.00	70.85	134.61	540.71	2.298 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.558 (B)	--	--
17	C	84.82	173.58	58.00	51.36	134.29	1046.34	2.203 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.562 (B)	--	--
18	C	86.82	173.58	54.00	59.46	131.20	726.01	2.272 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.562 (B)	--	--
19	C	92.82	173.58	50.00	69.45	132.46	513.14	2.313 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.562 (B)	--	--
20	C	88.82	171.58	56.00	54.93	137.15	1088.22	2.175 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.564 (B)	--	--
21	C	90.82	171.58	56.00	56.93	139.10	1121.08	2.168 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.565 (B)	--	--
22	C	88.82	171.58	48.00	67.04	126.36	446.85	2.329 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.566 (B)	--	--
23	C	94.82	173.58	54.00	65.26	139.42	850.29	2.233 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.566 (B)	--	--
24	C	86.82	173.58	60.00	50.32	138.62	1277.21	2.163 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.567 (B)	--	--
25	C	92.82	171.58	54.00	61.59	138.82	970.73	2.196 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.568 (B)	--	--
26	C	96.82	173.58	50.00	72.25	136.61	567.59	2.298 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.568 (B)	--	--
27	C	92.82	173.58	52.00	66.56	135.09	660.16	2.283 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.570 (B)	--	--
28	C	86.82	171.58	56.00	53.36	135.15	1055.64	2.190 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.572 (B)	--	--
29	C	92.82	171.58	52.00	64.23	136.46	800.63	2.237 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.573 (B)	--	--
30	C	86.82	171.58	54.00	56.35	132.75	873.89	2.233 (F)	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	2.574 (B)	--	--

**Analisi della superficie critica**

*Simbologia adottata*

- Le ascisse X sono considerate positive verso destra
- Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
- Le strisce sono numerate da valle verso monte
- N° numero d'ordine della striscia
- X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
- X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m
- Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m
- α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
- φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
- c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa
- L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa
- W peso della striscia espresso in kg
- Q carico applicato sulla striscia espresso in kg
- N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
- T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
- U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
- E<sub>sr</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- X<sub>sr</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- ID Indice della superficie interessata dall'intervento

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

Superficie n° 607

**Analisi della superficie 607**

Numero di strisce 42  
 Coordinate del centro X[m]= 60.82 Y[m]= 173.58  
 Raggio del cerchio R[m]= 86.00  
 Intersezione a valle con il profilo topografico X<sub>v</sub>[m]= -3.60 Y<sub>v</sub>[m]= 116.61  
 Intersezione a monte con il profilo topografico X<sub>m</sub>[m]= 141.08 Y<sub>m</sub>[m]= 142.69  
 Coefficiente di sicurezza F<sub>s</sub>= 2.093

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>q</sub> [m]	Y <sub>q</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	-3.60	116.61	116.61	1.33	116.69	111.48	-0.31	114.92	7.12	-46.14	24.80	23
2	1.33	116.69	111.48	6.26	116.76	107.10	4.04	112.90	6.59	-41.57	25.00	50
3	6.26	116.76	107.10	11.19	116.84	103.35	8.86	110.96	6.20	-37.31	25.00	50
4	11.19	116.84	103.35	15.52	117.25	100.48	13.43	109.46	5.19	-33.52	25.00	50
5	15.52	117.25	100.48	19.85	117.66	97.97	17.74	108.32	5.01	-30.12	25.00	50
6	19.85	117.66	97.97	22.71	118.20	96.49	21.30	107.57	3.22	-27.38	25.00	50
7	22.71	118.20	96.49	23.27	118.76	96.21	22.99	107.41	0.63	-26.10	25.00	50
8	23.27	118.76	96.21	23.28	118.77	96.21	23.28	107.49	0.01	-25.88	25.00	50
9	23.28	118.77	96.21	24.37	119.85	95.69	23.83	107.63	1.21	-25.48	25.00	50
10	24.37	119.85	95.69	30.44	121.28	93.12	27.48	107.48	6.59	-22.88	25.00	50
11	30.44	121.28	93.12	36.51	122.71	91.09	33.53	107.05	6.40	-18.55	25.00	50
12	36.51	122.71	91.09	42.58	124.14	89.54	39.59	106.87	6.26	-14.33	25.00	50
13	42.58	124.14	89.54	48.65	125.57	88.45	45.65	106.92	6.17	-10.19	25.00	50
14	48.65	125.57	88.45	54.72	127.00	87.80	51.71	107.20	6.10	-6.10	25.00	50
15	54.72	127.00	87.80	59.36	127.00	87.59	57.04	107.35	4.64	-2.52	25.00	50
16	59.36	127.00	87.59	62.17	127.66	87.59	60.77	107.46	2.81	-0.04	25.00	50
17	62.17	127.66	87.59	62.40	127.72	87.59	62.28	107.64	0.23	0.98	25.00	50
18	62.40	127.72	87.59	63.08	127.88	87.61	62.74	107.70	0.68	1.28	25.00	50
19	63.08	127.88	87.61	64.21	128.14	87.65	63.65	107.82	1.13	1.88	25.00	50
20	64.21	128.14	87.65	65.79	128.51	87.72	65.00	108.01	1.58	2.79	25.00	50
21	65.79	128.51	87.72	67.83	128.99	87.87	66.81	108.27	2.04	3.99	25.00	50
22	67.83	128.99	87.87	70.32	129.58	88.11	69.08	108.64	2.50	5.51	25.00	50
23	70.32	129.58	88.11	73.26	130.27	88.48	71.79	109.11	2.96	7.33	25.00	50
24	73.26	130.27	88.48	76.65	131.07	89.05	74.96	109.72	3.44	9.46	25.00	50
25	76.65	131.07	89.05	80.50	131.97	89.86	78.58	110.49	3.93	11.92	25.00	50
26	80.50	131.97	89.86	84.80	132.99	90.99	82.65	111.45	4.45	14.71	25.00	50
27	84.80	132.99	90.99	89.55	134.10	92.52	87.17	112.65	4.99	17.85	25.00	50
28	89.55	134.10	92.52	93.36	135.00	93.97	91.45	113.90	4.08	20.87	25.00	50
29	93.36	135.00	93.97	94.75	135.00	94.56	94.05	114.63	1.51	22.73	25.00	50
30	94.75	135.00	94.56	98.00	135.00	96.03	96.36	115.14	3.57	24.43	25.00	50
31	98.00	135.00	96.03	100.41	135.57	97.23	99.20	115.96	2.69	26.51	25.00	50
32	100.41	135.57	97.23	106.51	137.00	100.72	103.43	117.62	7.03	29.75	25.00	50
33	106.51	137.00	100.72	113.07	138.55	105.27	109.74	120.36	7.98	34.75	25.00	50
34	113.07	138.55	105.27	120.00	140.18	111.18	116.46	123.75	9.11	40.45	25.00	50
35	120.00	140.18	111.18	120.09	140.20	111.27	120.04	125.70	0.12	43.52	25.00	50
36	120.09	140.20	111.27	123.82	141.07	115.04	121.92	126.87	5.31	45.33	24.95	43
37	123.82	141.07	115.04	127.55	141.95	119.33	125.64	129.32	5.68	49.00	24.80	22
38	127.55	141.95	119.33	129.84	142.49	122.27	128.67	131.50	3.73	52.13	24.80	22
39	129.84	142.49	122.27	133.28	143.30	127.26	131.49	133.78	6.06	55.39	24.67	18
40	133.28	143.30	127.26	135.47	143.30	130.88	134.33	136.15	4.23	58.82	24.50	12
41	135.47	143.30	130.88	138.78	143.30	137.27	136.93	138.50	7.20	62.63	24.50	12
42	138.78	143.30	137.27	141.08	142.69	142.69	139.55	141.09	5.88	66.99	24.50	12

**Forze applicate sulle strisce [FELLENIOUS]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	30006	85	2199	8347	18650	0	0	0	0	
2	83311	51	13311	19018	49052	0	0	0	0	
3	126816	17	29103	21582	71773	0	0	0	0	
4	144318	0	42426	22101	77896	0	0	0	0	

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
5	173206	0	59363	25416	90460	0	0	0	0	
6	129702	0	50722	19144	64454	0	0	0	0	
7	27325	0	17600	5449	6940	0	0	0	0	
8	326	0	211	65	83	0	0	0	0	
9	54426	0	21587	7750	27546	0	0	0	0	
10	346818	0	159069	51482	160458	0	0	0	0	
11	394982	0	203795	60993	170659	0	0	0	0	
12	436607	0	244791	69790	178226	0	0	0	0	
13	472113	0	281072	77634	183594	0	0	0	0	
14	501785	0	311905	84349	187038	0	0	0	0	
15	394784	0	250118	67029	144283	0	0	0	0	
16	241643	0	154059	41163	87584	0	0	0	0	
17	19955	0	19586	4923	366	0	0	0	0	
18	59152	0	52114	13266	7024	0	0	0	0	
19	98845	0	77467	20011	21324	0	0	0	0	
20	139490	0	100275	26190	39050	0	0	0	0	
21	181999	0	123083	32399	58474	0	0	0	0	
22	224107	0	144934	38379	78138	0	0	0	0	
23	266813	0	166424	44293	98209	0	0	0	0	
24	309801	0	187046	50038	118540	0	0	0	0	
25	353392	0	206424	55567	139351	0	0	0	0	
26	394850	0	222342	60358	159567	0	0	0	0	
27	433801	0	233697	64214	179214	0	0	0	0	
28	344249	0	176638	49280	145017	0	0	0	0	
29	123953	0	61477	17366	52846	0	0	0	0	
30	282777	0	133711	38480	123756	0	0	0	0	
31	204352	0	91677	26982	91184	0	0	0	0	
32	500120	0	206477	63108	227724	0	0	0	0	
33	503008	0	177141	58907	236142	0	0	0	0	
34	473503	0	128025	50700	232308	0	0	0	0	
35	5687	0	1265	584	2859	0	0	0	0	
36	224167	0	43657	20823	113929	0	0	0	0	
37	198062	0	27612	12271	102341	0	0	0	0	
38	106941	0	10187	6301	55458	0	0	0	0	
39	134763	0	7981	7006	68557	0	0	0	0	
40	67348	0	3422	3176	31446	0	0	0	0	
41	65541	0	9675	6245	20459	0	0	0	0	
42	14833	0	5799	4644	0	0	0	0	0	

**Forze applicate sulle strisce [BISHOP]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	30006	85	37672	12390	18650	0	49197	0	0	
2	83311	51	86352	27027	49052	49197	159269	0	0	
3	126816	17	110933	30490	71773	159269	294268	0	0	
4	144318	0	114565	29234	77896	294268	424912	0	0	
5	173206	0	127851	31151	90460	424912	561402	0	0	
6	129702	0	92930	21863	64454	561402	653189	0	0	
7	27325	0	26254	5649	6940	653189	672863	0	0	
8	326	0	312	67	83	672863	673096	0	0	
9	54426	0	36810	8533	27546	673096	708484	0	0	
10	346818	0	238331	52952	160458	708484	912331	0	0	
11	394982	0	265169	57184	170659	912331	1105218	0	0	
12	436607	0	287944	60813	178226	1105218	1279539	0	0	
13	472113	0	307587	63982	183594	1279539	1429410	0	0	
14	501785	0	324746	66792	187038	1429410	1550221	0	0	
15	394784	0	253165	51856	144283	1550221	1619504	0	0	
16	241643	0	154079	31529	87584	1619504	1651188	0	0	
17	19955	0	19528	3761	366	1651188	1654609	0	0	
18	59152	0	51917	10126	7024	1654609	1663417	0	0	
19	98845	0	77072	15258	21324	1663417	1675435	0	0	
20	139490	0	99634	19949	39050	1675435	1688620	0	0	
21	181999	0	122246	24671	58474	1688620	1700644	0	0	
22	224107	0	144186	29266	78138	1700644	1708432	0	0	
23	266813	0	166438	33926	98209	1708432	1708318	0	0	
24	309801	0	189089	38671	118540	1708318	1695891	0	0	
25	353392	0	212621	43615	139351	1695891	1665882	0	0	
26	394850	0	235919	48543	159567	1665882	1612412	0	0	
27	433801	0	259287	53546	179214	1612412	1528944	0	0	
28	344249	0	207044	42930	145017	1528944	1443610	0	0	

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
29	123953	0	75009	15609	52846	1443610	1408594	0	0	
30	282777	0	170577	35761	123756	1408594	1319442	0	0	
31	204352	0	124113	26199	91184	1319442	1246779	0	0	
32	500120	0	310549	66089	227724	1246779	1037052	0	0	
33	503008	0	327028	70688	236142	1037052	774107	0	0	
34	473503	0	327755	72906	232308	774107	466242	0	0	
35	5687	0	4101	931	2859	466242	462125	0	0	
36	224167	0	167492	37027	113929	462125	288005	0	0	
37	198062	0	162492	32200	102341	288005	109275	0	0	
38	106941	0	94270	19041	55458	109275	2763	0	0	
39	134763	0	130989	26039	68557	2763	-146687	0	0	
40	67348	0	74919	14354	31446	-146687	-230256	0	0	
41	65541	0	87723	17796	20459	-230256	-318145	0	0	
42	14833	0	22867	6403	0	-318145	-336689	0	0	

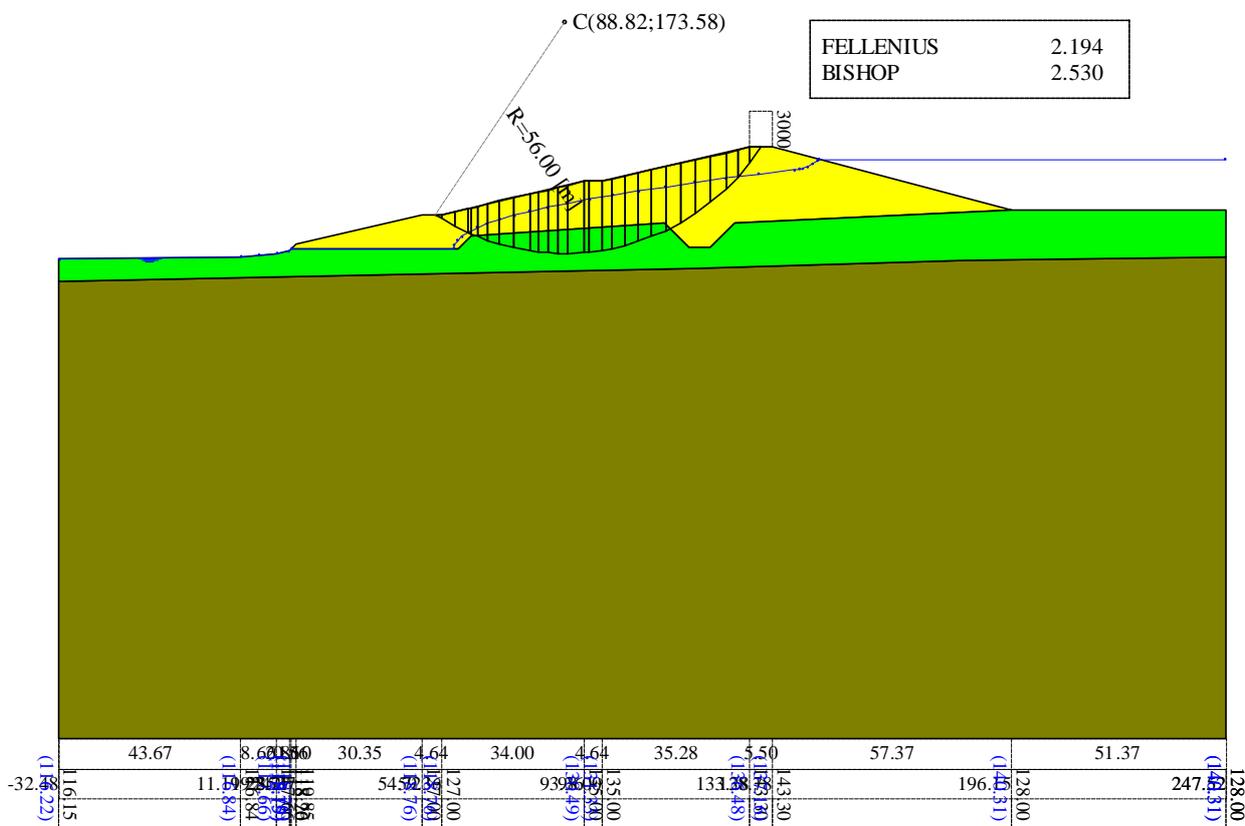


Figura 28 – Risultati verifica 10 secondo DM LL.PP. 24/03/1982 – cerchio critico con il metodo di Bishop

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

**8.2.13 VERIFICA 11 – Paramento di valle, massimo invaso, condizioni non drenate, con sisma**

**Dati**

Descrizione terreno

*Simbologia adottata*

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi_u$ [°]	$c_u$ [kPa]
1	SUBSTRATO	2310	2337	0.00	77.0
2	CORPO DIGA	2140	2161	0.00	61.4
3	FONDAZIONE	2039	2131	0.00	150.0

Profilo del piano campagna

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	-32.48	116.15
2	11.19	116.84
3	19.85	117.66
4	22.71	118.20
5	23.27	118.76
6	24.37	119.85
7	54.72	127.00
8	59.36	127.00
9	93.36	135.00
10	98.00	135.00
11	133.28	143.30
12	138.78	143.30
13	196.15	128.00
14	247.52	128.00

Descrizione stratigrafia

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (FONDAZIONE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	-32.48	110.85
2	-32.48	0.00
3	247.52	0.00
4	247.51	116.72
5	185.00	116.00
6	120.00	114.00

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (CORPO DIGA)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	23.27	118.76
2	34.18	118.76
3	42.84	118.76
4	63.28	118.76
5	66.43	121.91
6	112.84	125.04
7	118.84	119.04
8	123.84	119.04
9	129.84	125.04
10	196.15	128.00
11	138.78	143.30
12	133.28	143.30
13	98.00	135.00
14	93.36	135.00
15	59.36	127.00
16	54.72	127.00
17	24.37	119.85

Strato N° 3 costituito da terreno n° 1 (SUBSTRATO)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	247.51	116.72
2	247.52	128.00
3	196.15	128.00
4	129.84	125.04
5	123.84	119.04
6	118.84	119.04
7	112.84	125.04
8	66.43	121.91
9	63.28	118.76
10	42.84	118.76
11	34.18	118.76
12	23.27	118.76
13	22.71	118.20
14	19.85	117.66
15	11.19	116.84
16	-32.48	116.15
17	-32.48	110.85
18	120.00	114.00
19	185.00	116.00

Descrizione falda

*Livello di falda*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-32.48	116.22
2	11.19	116.84
3	15.52	117.25
4	19.85	117.66
5	22.71	118.19
6	23.28	118.76
7	62.17	118.76
8	62.40	119.76
9	63.08	120.76
10	64.21	121.76
11	65.79	122.76
12	67.83	123.76
13	70.32	124.76
14	73.26	125.76

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

n°	X	Y
	[m]	[m]
15	76.65	126.76
16	80.50	127.76
17	84.80	128.76
18	89.55	129.76
19	94.75	130.76
20	100.41	131.76
21	106.51	132.76
22	113.07	133.76
23	120.09	134.76
24	127.55	135.76
25	135.47	136.76
26	143.84	137.76
27	145.37	137.93
28	146.03	138.20
29	147.20	138.63
30	148.50	139.27
31	149.50	139.91
32	150.00	140.31
33	247.52	140.31

### Carichi sul profilo

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Carichi distribuiti

$X_i, X_f$  Ascissa iniziale e finale del carico espressa in [m]

$V_{X_i}, V_{X_f}, V_{Y_i}, V_{Y_f}$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

### Carichi distribuiti

n°	Descrizione	$X_i$	$X_f$	$V_{Y_i}$	$V_{Y_f}$	$V_{X_i}$	$V_{X_f}$
		[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]
1	Stradale	138.78	133.28	3000	3000	0	0

### Dati zona sismica

Coefficiente sismico orizzontale (percento) 7.00

Coefficiente sismico verticale (percento) 3.50

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale 0.50

### Dati normativa

#### Normativa :

- D.M. 11/03/1988

- D.M. 16/01/1996

### Impostazioni delle superfici di rottura

#### Superfici di rottura circolari

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 12.78$	$Y_0 = 143.30$
Passo maglia	[m]	$dX = 2.00$	$dY = 2.00$
Numero passi		$N_x = 64$	$N_y = 16$
Raggio	[m]	$R = 10.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=2.00$  [m] ed un numero di incrementi pari a 40

## **Allegato B – Verifiche di Stabilità**

---

### Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- FELLENIUS

- BISHOP

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **sismiche**.

Analisi condotta in termini di **tensioni totali**

Presenza di carichi distribuiti

### Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

## Allegato B – Verifiche di Stabilità

### Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	26779
Coefficiente di sicurezza minimo	1.236
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
FELLENIIUS	26779	1.236	1	30.802	26779
BISHOP	26779	1.236	1	30.802	26779

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

F<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

#### Metodo di FELLENIIUS (F)

#### Metodo di BISHOP (B)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	96.78	173.30	58.00	61.26	145.32	1259.62	1.236 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.236 (B)	--	--
2	C	94.78	173.30	58.00	59.73	143.62	1230.50	1.237 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.237 (B)	--	--
3	C	84.78	173.30	60.00	48.48	136.74	1266.03	1.238 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.238 (B)	--	--
4	C	96.78	171.30	56.00	61.80	144.38	1235.59	1.247 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.247 (B)	--	--
5	C	92.78	173.30	58.00	57.85	141.91	1199.93	1.249 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.249 (B)	--	--
6	C	94.78	171.30	56.00	60.25	142.66	1206.13	1.250 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.250 (B)	--	--
7	C	98.78	173.30	58.00	62.80	147.02	1287.09	1.254 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.254 (B)	--	--
8	C	86.78	173.30	60.00	50.01	138.74	1301.37	1.255 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.255 (B)	--	--
9	C	84.78	171.30	58.00	49.00	135.57	1238.72	1.256 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.256 (B)	--	--
10	C	98.78	171.30	56.00	63.34	146.10	1263.41	1.257 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.257 (B)	--	--
11	C	88.78	173.30	60.00	51.54	140.48	1335.46	1.258 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.258 (B)	--	--
12	C	96.78	169.30	54.00	62.35	143.41	1210.97	1.260 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.260 (B)	--	--
13	C	98.78	169.30	54.00	63.91	145.14	1238.62	1.261 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.261 (B)	--	--
14	C	92.78	171.30	56.00	58.52	140.94	1175.42	1.263 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.263 (B)	--	--
15	C	64.78	159.30	88.00	-12.10	150.67	6939.17	1.264 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.264 (B)	--	--
16	C	64.78	161.30	88.00	-10.96	150.22	6616.18	1.264 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.264 (B)	--	--
17	C	66.78	161.30	88.00	-8.98	152.10	6664.11	1.264 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.264 (B)	--	--
18	C	82.78	173.30	60.00	46.95	134.74	1230.21	1.264 (F)	--	H+V

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
--	--	--	--	--	--	--	--	1.264 (B)	--	--
19	C	66.78	163.30	88.00	-7.77	151.61	6344.57	1.264 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.264 (B)	--	--
20	C	66.78	159.30	88.00	-10.11	152.55	6986.68	1.264 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.264 (B)	--	--
21	C	64.78	163.30	88.00	-9.75	149.74	6296.32	1.265 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.265 (B)	--	--
22	C	64.78	157.30	88.00	-13.17	151.07	7265.02	1.265 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.265 (B)	--	--
23	C	94.78	169.30	54.00	60.79	141.68	1181.34	1.266 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.266 (B)	--	--
24	C	62.78	161.30	88.00	-12.94	148.35	6566.54	1.266 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.266 (B)	--	--
25	C	68.78	163.30	88.00	-5.79	153.47	6390.70	1.267 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.267 (B)	--	--
26	C	66.78	165.30	88.00	-6.49	151.07	6028.31	1.267 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.267 (B)	--	--
27	C	66.78	157.30	88.00	-11.18	152.96	7312.00	1.267 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.267 (B)	--	--
28	C	68.78	161.30	88.00	-6.99	153.97	6709.64	1.267 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.267 (B)	--	--
29	C	62.78	159.30	88.00	-14.08	148.78	6892.27	1.267 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.267 (B)	--	--
30	C	68.78	165.30	88.00	-4.51	152.92	6073.18	1.267 (F)	--	H+V
--	--	--	--	--	--	--	--	1.267 (B)	--	--

**Analisi della superficie critica**

*Simbologia adottata*

- Le ascisse X sono considerate positive verso destra
- Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
- Le strisce sono numerate da valle verso monte
- N° numero d'ordine della striscia
- X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
- X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m
- Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m
- α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
- φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
- c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa
- L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa
- W peso della striscia espresso in kg
- Q carico applicato sulla striscia espresso in kg
- N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
- T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
- U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
- E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1**

Numero di strisce	31	
Coordinate del centro	X[m]= 96.78	Y[m]= 173.30
Raggio del cerchio	R[m]= 58.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 61.26	Y <sub>v</sub> [m]= 127.45
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 145.32	Y <sub>m</sub> [m]= 141.56
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub> = 1.236	

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	61.26	127.45	127.45	63.85	128.06	125.56	62.98	127.02	3.20	-36.18	0.00	61
2	63.85	128.06	125.56	66.43	128.66	123.87	65.27	126.51	3.08	-33.08	0.00	61

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>q</sub> [m]	Y <sub>q</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
3	66.43	128.66	123.87	67.83	128.99	123.04	67.16	126.14	1.63	-30.75	0.00	61
4	67.83	128.99	123.04	70.32	129.58	121.69	69.13	125.82	2.83	-28.54	0.00	66
5	70.32	129.58	121.69	73.26	130.27	120.28	71.85	125.45	3.26	-25.53	0.00	77
6	73.26	130.27	120.28	76.65	131.07	118.91	75.01	125.13	3.66	-22.12	0.00	77
7	76.65	131.07	118.91	80.50	131.97	117.63	78.63	124.89	4.06	-18.30	0.00	77
8	80.50	131.97	117.63	82.65	132.48	117.05	81.59	124.78	2.23	-15.20	0.00	77
9	82.65	132.48	117.05	84.80	132.99	116.55	83.74	124.77	2.21	-13.01	0.00	77
10	84.80	132.99	116.55	87.17	133.54	116.10	86.00	124.80	2.42	-10.73	0.00	77
11	87.17	133.54	116.10	89.55	134.10	115.75	88.37	124.88	2.40	-8.35	0.00	77
12	89.55	134.10	115.75	93.36	135.00	115.40	91.48	125.07	3.83	-5.27	0.00	77
13	93.36	135.00	115.40	94.75	135.00	115.34	94.06	125.18	1.39	-2.69	0.00	77
14	94.75	135.00	115.34	98.00	135.00	115.31	96.38	125.16	3.25	-0.40	0.00	77
15	98.00	135.00	115.31	100.41	135.57	115.41	99.21	125.32	2.41	2.40	0.00	77
16	100.41	135.57	115.41	103.46	136.28	115.69	101.94	125.74	3.06	5.10	0.00	77
17	103.46	136.28	115.69	106.51	137.00	116.12	104.99	126.27	3.08	8.14	0.00	77
18	106.51	137.00	116.12	109.79	137.77	116.78	108.15	126.92	3.34	11.31	0.00	77
19	109.79	137.77	116.78	113.07	138.55	117.63	111.43	127.68	3.39	14.64	0.00	77
20	113.07	138.55	117.63	115.95	139.22	118.56	114.51	128.49	3.03	17.81	0.00	77
21	115.95	139.22	118.56	118.84	139.90	119.66	117.39	129.34	3.09	20.83	0.00	75
22	118.84	139.90	119.66	120.09	140.20	120.19	119.46	129.99	1.36	23.03	0.00	61
23	120.09	140.20	120.19	123.82	141.07	121.99	121.94	130.86	4.14	25.74	0.00	61
24	123.82	141.07	121.99	127.55	141.95	124.13	125.66	132.28	4.30	29.91	0.00	61
25	127.55	141.95	124.13	129.84	142.49	125.64	128.68	133.55	2.74	33.40	0.00	61
26	129.84	142.49	125.64	133.28	143.30	128.22	131.53	134.90	4.30	36.87	0.00	61
27	133.28	143.30	128.22	135.47	143.30	130.09	134.35	136.22	2.88	40.42	0.00	61
28	135.47	143.30	130.09	138.78	143.30	133.30	137.05	137.46	4.61	44.12	0.00	61
29	138.78	143.30	133.30	141.31	142.63	136.14	139.96	138.80	3.80	48.27	0.00	61
30	141.31	142.63	136.14	143.84	141.95	139.40	142.39	139.93	4.13	52.19	0.00	61
31	143.84	141.95	139.40	145.32	141.56	141.56	144.33	140.97	2.62	55.52	0.00	61

**Forze applicate sulle strisce [FELLIUS]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	6907	0	5665	16212	0	0	0	0	0	
2	20148	0	17062	15616	0	0	0	0	0	
3	16094	0	13923	8249	0	0	0	0	0	
4	37277	0	32847	15515	0	0	0	0	0	
5	57173	0	51509	20691	0	0	0	0	0	
6	82546	0	75971	23238	0	0	0	0	0	
7	112938	0	105953	25752	0	0	0	0	0	
8	71095	0	67511	14148	0	0	0	0	0	
9	76215	0	72861	14013	0	0	0	0	0	
10	89613	0	86133	15351	0	0	0	0	0	
11	94761	0	91438	15244	0	0	0	0	0	
12	161254	0	155989	24298	0	0	0	0	0	
13	60898	0	58902	8837	0	0	0	0	0	
14	142841	0	137908	20639	0	0	0	0	0	
15	107270	0	103111	15318	0	0	0	0	0	
16	138747	0	132498	19446	0	0	0	0	0	
17	141049	0	133345	19566	0	0	0	0	0	
18	152885	0	142570	21242	0	0	0	0	0	
19	152661	0	139836	21528	0	0	0	0	0	
20	131973	0	118426	19243	0	0	0	0	0	
21	127923	0	112193	18985	0	0	0	0	0	
22	54363	0	46793	6878	0	0	0	0	0	
23	157553	0	132159	20969	0	0	0	0	0	
24	148728	0	119210	21791	0	0	0	0	0	
25	85769	0	65797	13889	0	0	0	0	0	
26	118649	0	86607	21776	0	0	0	0	0	
27	66930	0	46134	14567	0	0	0	0	0	
28	83010	0	53461	23348	0	0	0	0	0	
29	45074	0	26594	19249	0	0	0	0	0	
30	24491	0	13134	20899	0	0	0	0	0	
31	4047	0	1977	13255	0	0	0	0	0	

**Forze applicate sulle strisce [BISHOP]**

**Allegato B – Verifiche di Stabilità**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	6907	0	20114	16212	0	0	24476	0	0	
2	20148	0	33373	15616	0	24476	54364	0	0	
3	16094	0	22978	8249	0	54364	72075	0	0	
4	37277	0	49388	15515	0	72075	106693	0	0	
5	57173	0	71028	20691	0	106693	151977	0	0	
6	82546	0	95426	23238	0	151977	203653	0	0	
7	112938	0	123313	25752	0	203653	258926	0	0	
8	71095	0	74938	14148	0	258926	287252	0	0	
9	76215	0	78724	14013	0	287252	313293	0	0	
10	89613	0	90922	15351	0	313293	339025	0	0	
11	94761	0	94660	15244	0	339025	361215	0	0	
12	161254	0	158513	24298	0	361215	388684	0	0	
13	60898	0	59247	8837	0	388684	396032	0	0	
14	142841	0	137989	20639	0	396032	407637	0	0	
15	107270	0	102965	15318	0	407637	411126	0	0	
16	138747	0	132688	19446	0	411126	408986	0	0	
17	141049	0	134699	19566	0	408986	399420	0	0	
18	152885	0	146207	21242	0	399420	380874	0	0	
19	152661	0	146636	21528	0	380874	353963	0	0	
20	131973	0	127582	19243	0	353963	324027	0	0	
21	127923	0	124855	18985	0	324027	288419	0	0	
22	54363	0	54079	6878	0	288419	269790	0	0	
23	157553	0	158679	20969	0	269790	208731	0	0	
24	148728	0	153045	21791	0	208731	140884	0	0	
25	85769	0	89978	13889	0	140884	96952	0	0	
26	118649	0	126794	21776	0	96952	29982	0	0	
27	66930	0	72432	14567	0	29982	-10577	0	0	
28	83010	0	88941	23348	0	-10577	-61543	0	0	
29	45074	0	43767	19249	0	-61543	-84552	0	0	
30	24491	0	11618	20899	0	-84552	-82634	0	0	
31	4047	0	-12403	13255	0	-82634	-65190	0	0	

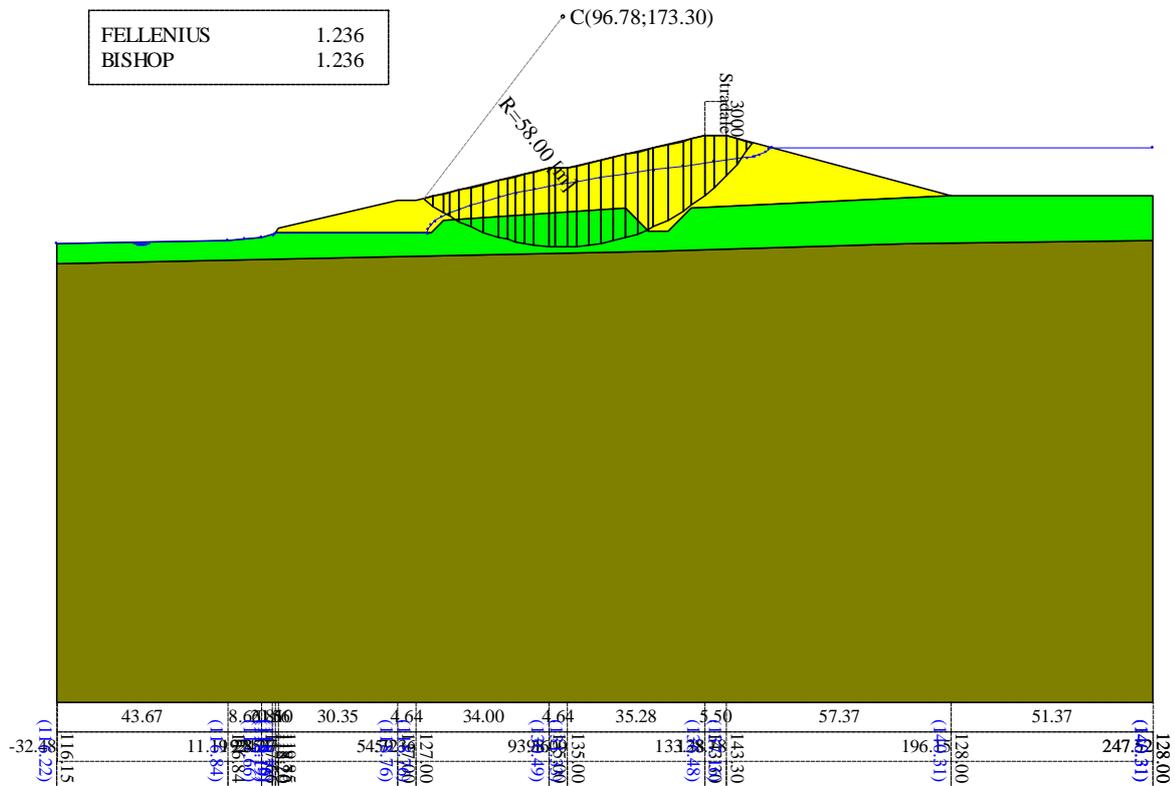


Figura 29 – Risultati verifica 11 secondo DM LL.PP. 24/03/1982 – cerchio critico con i metodi di Bishop e Fellenius