



# Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

## AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE Lavori di Potenziamento dello Svincolo Tiburtina 1° Stralcio Funzionale

### PROGETTAZIONE: PROGETTAZIONE GRANDI INFRASTRUTTURE – PROGIN SPA

PROGETTISTA:

Dott. Ing. Lorenzo Infante  
Ordine degli Ingegneri Provincia di Salerno n°3446

PROGETTAZIONE:

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Gianluca Pandolfi Elmi

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI  
SPECIALISTICHE:

Prof. Ing. Antonio Grimaldi

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Dott. Ing. Michele Curiale

VISTO IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Achille Devitofranceschi

PROTOCOLLO

DATA



PROGETTAZIONE  
GRANDI  
INFRASTRUTTURE  
**PROGIN** S.p.A.  
Mandataria



Mandante

## PROGETTO DEFINITIVO

STUDI E INDAGINI  
GEOTECNICA  
RELAZIONE GEOTECNICA

CODICE PROGETTO

NOME FILE

DG1909\_D\_1701\_P00\_GE00\_GET\_RE01\_B\_DOCX

REVISIONE

FOGLIO

SCALA

PROGETTO  
D G 1 0 9

LIV.PROG.  
D

N.PROG.  
1 7 0 1

CODICE  
ELAB.

P 0 0 G E 0 0 G E T R E 0 1

B

0 0 D I 0 0

| REV. | DESCRIZIONE                          | DATA       | REDATTO      | VERIFICATO | APPROVATO  |
|------|--------------------------------------|------------|--------------|------------|------------|
| C    |                                      |            |              |            |            |
| B    | EMISSIONE A SEGUITO OSSERVAZIONI CDS | Marzo 2020 | S. Gasperoni | R. Velotta | L. Infante |
| A    | EMISSIONE PER CDS                    | 06/2017    | S.GASPERONI  | P. IORIO   | L. INFANTE |
| REV. | DESCRIZIONE                          | DATA       | REDATTO      | VERIFICATO | APPROVATO  |



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

2 di 151

## INDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. PREMESSA</b> .....  | <b>4</b>  |
| 1.1 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....  | 4         |
| 1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....  | 5         |
| <b>2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, MORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO</b> .....         | <b>7</b>  |
| <b>3. INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE</b> .....                                 | <b>9</b>  |
| 3.1 CAMPAGNE GEOGNOSTICHE PREGRESSE .....                                     | 9         |
| 3.2 CAMPAGNA GEOGNOSTICA DEL 2011 .....                                       | 10        |
| 3.2.1 Prove di laboratorio .....  | 11        |
| <b>4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA</b> .....                                  | <b>14</b> |
| 4.1 CRITERI DI VALUTAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI .....                     | 15        |
| 4.1.1 Depositi incoerenti .....   | 15        |
| 4.1.2 Depositi coesivi .....  | 17        |
| 4.2 UNITA' R – TERRENO DI RIPORTO .....                                       | 18        |
| 4.3 UNITA' PI – PIROCLASTITE .....  | 19        |
| 4.4 UNITA' SG – SABBIA GHIAIOSA .....   | 20        |
| 4.5 UNITA' AG – ARGILLA LIMOSA GRIGIA .....                                   | 21        |
| 4.6 SINTESI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO .....                            | 23        |
| 4.7 CATEGORIA DI SUOLO SISMICA .....  | 24        |
| <b>5. OPERE D'ARTE MAGGIORI</b> .....   | <b>49</b> |
| 5.1 CAVALCAVIA .....  | 49        |
| 5.2 SOTTOVIA .....  | 50        |
| <b>6. CAPACITA' PORTANTE DI PALI E MICROPALI</b> .....                        | <b>51</b> |
| 6.1 METODOLOGIE DI CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE PALI .....                       | 51        |
| 6.1.1 Analisi agli stati limite .....   | 51        |
| 6.1.2 Metodologia di calcolo .....  | 52        |
| 6.2 METODOLOGIE DI CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE MICROPALI DI FONDAZIONE .....    | 54        |
| 6.3 CAPACITÀ PORTANTE PALI CAVALCAVIA .....                                   | 55        |
| 6.4 CAPACITÀ PORTANTE PALI SOTTOVIA .....                                     | 60        |
| 6.5 CAPACITÀ PORTANTE MICROPALI SOTTOVIA .....                                | 64        |
| <b>7. COMPORTAMENTO DEI PALI AI CARICHI ORIZZONTALI</b> .....                 | <b>65</b> |
| 7.1 MODULO DI REAZIONE ORIZZONTALE DEL TERRENO .....                          | 65        |
| 7.2 ANALISI SEMPLIFICATA .....  | 66        |
| 7.2.1 Cavalcavia .....  | 68        |
| <b>8. ANALISI DEI CEDIMENTI</b> .....   | <b>69</b> |
| 8.1 RISULTATI CEDIMENTI RILEVATI DI APPROCCIO AL SOTTOVIA .....               | 69        |
| 8.2 RISULTATI CEDIMENTI RILEVATI DI APPROCCIO AL CAVALCAVIA RAMP A NORD ..... | 70        |
| <b>9. ANALISI DI STABILITA'</b> .....   | <b>73</b> |
| 9.1 METODOLOGIA GENERALE .....  | 73        |
| 9.2 RISULTATI .....   | 76        |
| <b>10. PIANO DI POSA DEI RILEVATI</b> .....                                   | <b>78</b> |
| <b>ALLEGATO 1</b> .....   | <b>79</b> |
| ANALISI CAPACITÀ PORTANTE PALI. ELABORATI DI CALCOLO PAL .....                | 79        |
| Cavalcavia _ Approccio 2 – Combinazione 1 (A1+M1+R3) .....                    | 80        |
| Sottovia _ Approccio 2 – Combinazione 1 (A1+M1+R3) .....                      | 87        |



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

3 di 151

|  |            |
|--|------------|
| <b>ALLEGATO 2</b> .....  | <b>93</b>  |
| MOMENTO ADIMENSIONALE LUNGO IL PALO. ELABORATI DI CALCOLO MR.....  | 93         |
| Cavalcavia palo D=1200 mm .....  | 94         |
| <b>ALLEGATO 3</b> .....  | <b>100</b> |
| ANALISI DEI CEDIMENTI DEI RILEVATI. ELABORATI DI CALCOLO CED -<br>METODOLOGIA DI CALCOLO CEDIMENTI.....  | 100        |
| ANALISI DEI CEDIMENTI PER RILEVATI E FONDAZIONI DIRETTE - Analisi delle tensioni indotte nel<br>sottosuolo dai carichi applicati in superficie ..... | 101        |
| Calcolo dei cedimenti.....   | 102        |
| VALUTAZIONE DEI TEMPI DI CONSOLIDAZIONE Consolidazione monodimensionale .....  | 103        |
| Rilevato di approccio al sottovia – cedimenti totali .....   | 105        |
| Rilevato di approccio al sottovia – cedimenti immediati .....  | 113        |
| Rilevati di approccio al cavalcavia – cedimenti totali.....  | 121        |
| Rilevati di approccio al cavalcavia – cedimenti immediati.....   | 126        |
| Rilevati di approccio al cavalcavia – Decorso cedimenti nel tempo.....   | 131        |
| <b>ALLEGATO 4</b> .....  | <b>132</b> |
| ANALISI DI STABILITÀ. ELABORATI DI CALCOLO PCSTABL - METODOLOGIA DI<br>CALCOLO GENERALE.....   | 132        |
| VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALI DELLE SCARPATE .....  | 133        |
| Analisi statica .....  | 135        |
| Analisi sismica .....  | 143        |



## 1. PREMESSA

Il presente elaborato ha come obiettivo la caratterizzazione geotecnica dei terreni relativamente al potenziamento dello Svincolo Tiburtina sull'Autostrada Grande Raccordo Anulare nell'ambito della progettazione definitiva per appalto intergrato.

L'intervento prevede il potenziamento dello Svincolo Tiburtina sull'Autostrada Grande Raccordo Anulare nell'ambito della progettazione definitiva per appalto intergrato.

Le opere maggiori consistono:

- Realizzazione di nuovo cavalcavia costituito da 6 pile e due spalle con fondazione su pali di diametro  $D=1200$  mm (rampa nord);
- Ampliamento sottovia di attraversamento GRA con realizzazione di nuove spalle ed una pila di cui una spalla con fondazione su pali di diametro  $D=1200$  mm e la pila e l'altra spalla con fondazione su micropali.

In particolare nel seguito verranno affrontati i seguenti aspetti:

- Descrizione delle indagini in sito e delle prove di laboratorio eseguite nelle diverse campagne geognostiche;
- Interpretazione dei risultati delle indagini e definizione dei parametri geotecnici di progetto per le varie unità intercettate;
- Definizione delle curve di capacità portante per i pali ed i micropali di fondazione delle opere in progetto; analisi del comportamento dei pali sottoposti ai carichi orizzontali;
- Valutazione dei cedimenti dei rilevati e decorso dei cedimenti nel tempo;
- Analisi di stabilità delle scarpate dei rilevati;
- Piano di posa dei rilevati.

### 1.1 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

[D\_1]. T00GE00GEORE02\_A. Autostrada Grande Raccordo Anulare Intervento di potenziamento dello svincolo Tiburtina. "Studio idrogeologico-idraulico, geologico e geotecnico. Raccolta bibliografia indagini geognostiche. Schede stratigrafiche". Progetto Preliminare.

[D\_2]. T00GE00GEOCG01\_A. Autostrada Grande Raccordo Anulare Intervento di potenziamento dello svincolo Tiburtina. "Progetto Stradale Carta geologica-geomorfologica". Progetto Preliminare.



- [D\_3]. T00GE00GEOCG01\_A. Autostrada Grande Raccordo Anulare Intervento di potenziamento dello svincolo Tiburtina. "Progetto Stradale Carta idrogeologica". Progetto Preliminare.
- [D\_4]. T00GE00GEOPL02\_A. Autostrada Grande Raccordo Anulare Intervento di potenziamento dello svincolo Tiburtina. "Planimetria ubicazione sondaggi". Progetto Preliminare.
- [D\_5]. T00GE00GEO SZ01\_A. Autostrada Grande Raccordo Anulare Intervento di potenziamento dello svincolo Tiburtina. "Progetto Stradale Profilo geologico A-A'". Progetto Preliminare.
- [D\_6]. T00GE00GEO SZ02\_A. Autostrada Grande Raccordo Anulare Intervento di potenziamento dello svincolo Tiburtina. "Progetto Stradale Profilo geologico B-B'". Progetto Preliminare.
- [D\_7]. Progettazione definitiva per appalto integrato, comprensiva dei rilievi topografici, delle indagini geognostiche ed ambientali (escluso piano di sicurezza), necessaria per il potenziamento dello "svincolo Tiburtina sull'Autostrada Grande Raccordo Anulare - I stralcio funzionale". Sezione stratigrafica A-A' - Profilo lungo via Tiburtina. Progetto Definitivo per Appalto Integrato.
- [D\_8]. Progettazione definitiva per appalto integrato, comprensiva dei rilievi topografici, delle indagini geognostiche ed ambientali (escluso piano di sicurezza), necessaria per il potenziamento dello "svincolo Tiburtina sull'Autostrada Grande Raccordo Anulare - I stralcio funzionale". Sezione stratigrafica B-B' - Profilo lungo GRA. Progetto Definitivo per Appalto Integrato.
- [D\_9]. Progettazione definitiva per appalto integrato, comprensiva dei rilievi topografici, delle indagini geognostiche ed ambientali (escluso piano di sicurezza), necessaria per il potenziamento dello "svincolo Tiburtina sull'Autostrada Grande Raccordo Anulare - I stralcio funzionale". Profilo stratigrafico rampa nord. Progetto Definitivo per Appalto Integrato.

## 1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- [NT1]. D.M. 14 gennaio 2008: "*Nuove Norme tecniche per le costruzioni*".
- [NT2]. D.M. 11 Marzo 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*".
- [NT3]. *Istruzioni relative alle "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*



**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

**AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE**  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

6 di 151

*progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione". Circ. Dir. Centr. Tecn. N° 97/81.*



## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, MORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Le zone interessate dalle opere in progetto sono collocate nell'area a nord-est della città di Roma, a cavallo tra la S.S. 5 Tiburtina e il Grande Raccordo Anulare (GRA) .

L'area in esame risulta fortemente antropizzata, caratterizzata da un'articolata rete infrastrutturale e da uno sviluppato tessuto urbano a carattere sia industriale che residenziale.

Dal punto di vista geomorfologico l'area presenta rilievi di modesta altezza (circa 40 m s.l.m.) separati da zone pianeggianti, a circa 20 m s.l.m, nelle quali scorrono il Fiume Aniene e il suo affluente di destra Fosso di Pratolungo. Quest'ultimo interferisce direttamente con il progetto essendo intercettato dal GRA a circa 350 m dall'area di svincolo.

Gli elementi geomorfologici di maggior rilievo ritrovati in prossimità del settore di intervento consistono in orli di scarpata all'interno di formazioni tufacee, residui di una passata attività estrattiva.

Sotto l'aspetto geologico la configurazione attuale deriva da una sovrapposizione di diverse fasi di deposizione ed erosione in ambienti genetici diversi. Il substrato sedimentario è infatti costituito da unità in facies passanti da marina a transazionali e continentali.

Livelli argillosi e sabbiosi (unità marina di Monte Vaticano) sono seguiti da limi argillosi e sabbie grigie (Unità di Monte Mario) a cui succedono orizzonti di sabbie quarzose intercalate da ghiaie eterometriche (unità di Monte Ciocci). Il deposito successivo è rappresentato dalla serie argillosa della Formazione di Monte delle Picche seguita dalla Formazione di Ponte Galeria, comprendente successioni di argille, sabbie con ghiaie e limi.

Il deposito più recente deriva dalla messa in posto di prodotti vulcanici provenienti dall'attività dei vulcani Albano e Sabatino consistenti prevalentemente in piroclastiti. L'attività del complesso albano si è manifestata in fasi successive che hanno determinato il deposito di formazioni distinte, piroclastiti freatiche, "pozzolane rosse", "pozzolane nere", "Tufo Lionato" e "pozzolane grigie".

Nei settori più depressi, corrispondenti alla porzione centro-occidentale dell'area esaminata, affiorano invece le coperture alluvionali nonché depositi recenti interpretabili come epivulcanici, legati al rimaneggiamento in ambito alluvionale di materiali fini provenienti dalla degradazione degli adiacenti depositi piroclastici. Ad essi si uniscono, i terreni di riporto, spesso di natura pozzolanica.

L'area di progetto appartiene al bacino del Fosso di Pratolungo e la direzione principale di scorrimento delle acque superficiali risulta essere da Sud-Est a Nord-Ovest.

L'assetto idrogeologico è costituito dal complesso idrogeologico delle vulcaniti e piroclastiti albane che è dotato di una permeabilità tale da consentire la presenza di un acquifero a falda libera. La forte eterogeneità dei litotipi vulcanici determinano localmente condizioni strutturali favorevoli all'instaurarsi di acquiferi imprigionati. Il deposito sottostante di unità sedimentarie marine, transazionali e continentali risulta in continuità idraulica, presentandosi suddiviso verticalmente in più acquiferi sovrapposti. In profondità litoformazioni argillose del Pliocene e



**Anas SpA**

*Area Compartimentale Lazio*

**AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE**  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

8 di 151

Pleistocene inf. fungono da substrato impermeabile. La falda principale nell'area è contenuta nelle vulcaniti e drena in direzione NW con pendenza media dell'1.4%.





### 3. INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE

Nell'area in esame, per la caratterizzazione geotecnica dei terreni, sono state eseguite le seguenti campagne geognostiche che hanno compreso indagini in sito e prove di laboratorio:

- Campagne geognostiche pregresse a base del Progetto Preliminare;
- Campagna geognostica integrativa del 2011 a base del Progetto Definitivo.

#### 3.1 CAMPAGNE GEOGNOSTICHE PREGRESSE

Nell'area in esame sono stati eseguiti:

- Sondaggi geognostici a carotaggio continuo denominati "150L" nell'anno 1989;
- Pozzi denominati "30V".

Queste indagini sono elencate nella seguente tabella e sono mostrate nella planimetria ubicazione indagini.

In particolare tra le indagini pregresse disponibili nell'area in esame, sono state considerate quelle ubicate lungo l'asse di via Tiburtina e l'asse del GRA nel tratto interessato dall'intervento.

I certificati di queste indagini sono mostrate nel documento [D\_1].

Tabella 1 – Sondaggi campagne geognostiche pregresse

| Sondaggio / pozzo | Profondità [m] | Quota boccaforo [m] s.l.m. | Piezometro TA | Falda [m] | Prove SPT |
|-------------------|----------------|----------------------------|---------------|-----------|-----------|
| 30 V              | 23.0           | 24.2                       | -             | -         | -         |
| 13 V              | 100            | 23.7                       | -             | -         | -         |
| 31 V              | 32.0           | 23.0                       | -             | 13.0      | -         |
| 35L               | 15.0           | -                          | -             | -         | 3         |
| 150L              | 15.0           | -                          | -             | -         | -         |
| 160L              | 20.0           | 25.5                       | TA (2-20m)    | 4.0       | 1         |
| 162L              | 15.0           | 85.2                       | -             | -         | -         |
| 191L              | 17.5           | -                          | -             | -         | -         |
| 192L              | 22.0           | -                          | -             | -         | -         |
| 197L              | 20.0           | -                          | -             | -         | -         |
| 3M                | 25.0           | 38.0                       | -             | -         | 4         |

TA: piezometro a tubo aperto (tratto filtrante)

Inoltre tra le indagini pregresse, nella planimetria ubicazione indagine è indicata anche la presenza di:



- Sondaggi eseguiti per la progettazione definitiva ed esecutiva dell'Allargamento di via Tiburtina dal km 9+300 al km 15+800.

Di queste indagini non si hanno a disposizione i certificati stratigrafici.

### 3.2 CAMPAGNA GEOGNOSTICA DEL 2011

Relativamente alla campagna geognostica del dicembre 2011 sono state eseguite le seguenti indagini in sito:

- n. 4 sondaggi geotecnici a carotaggio continuo (A1÷A4) di lunghezza variabile da 25 a 33 m;
- n. 1 piezometro del tipo a tubo aperto (TA), installato nel foro di sondaggio A2;
- n. 2 prove sismiche tipo Down-Hole nei fori di sondaggio A1 e A3.

Durante le perforazioni dei sondaggi sono state eseguite le seguenti attività:

- catalogazione del materiale recuperato con documentazione fotografica;
- accurato riconoscimento stratigrafico, geotecnico dei materiali;
- prelievo di n. 9 campioni indisturbati per l'esecuzione di prove di laboratorio;
- prelievo di n. 2 campioni rimaneggiati per l'esecuzione di prove di laboratorio;
- n. 14 prove penetrometriche dinamiche Standard Penetration Test (SPT);
- rilievo del livello della falda.

La tabella seguente elenca i sondaggi e le prove eseguite durante la campagna geognostica del 2011.

Tabella 2– Sondaggi campagna geognostica 2011

| Sondaggio | Profondità [m] | Quota boccaforo o s.l.m. [m] | Piezometro TA | Falda [m] | Prove SPT | Campioni indisturbati | Campioni rimaneggiati | Prova DH |
|-----------|----------------|------------------------------|---------------|-----------|-----------|-----------------------|-----------------------|----------|
| A1        | 30.0           | -                            | -             | -         | 3         | 2                     | -                     | 1        |
| A2        | 33.0           | -                            | TA (2.5-33m)  | 4.8       | 4         | 3                     | 1                     | -        |
| A3        | 35.0           | -                            | -             | 4.8       | 4         | 3                     | 1                     | 1        |
| A4        | 25.0           | -                            | -             | 5.1       | 3         | 1                     | -                     | -        |

TA: piezometro a tubo aperto (tratto filtrante)



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

11 di 151

### 3.2.1 Prove di laboratorio

Nei campioni prelevati nei sondaggi del 2011 sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio:

- apertura e riconoscimento del materiale;
- determinazione del peso di volume naturale  $\gamma$ ,
- determinazione del contenuto naturale d'acqua  $w$ ;
- determinazione dei limiti di Atterberg e dei limiti di consistenza;
- analisi granulometriche per setacciatura e sedimentazione;
- prove di compressione edometrica;
- prove di taglio diretto;
- prove di compressione assiale semplice;
- prove triassiali non consolidate non drenate.

Per i risultati si rimanda ai certificati di laboratorio nel documento [D\_05]. Nella



**Anas SpA**

*Area Compartimentale Lazio*

**AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE**  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

12 di 151

Tabella 3 sono sintetizzati i risultati delle analisi di laboratorio.





Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

14 di 151

## 4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

L'insieme delle indagini in sito ed in laboratorio eseguite nelle campagne geognostiche ha consentito l'individuazione delle seguenti unità geotecniche:

### UNITA' R – Terreno di riporto

Terreno di riporto di natura vulcanica costituito generalmente da sabbia limosa con laterizi presente a partire dal p.c. con spessore di 2-3 m.

### UNITA' Pi – Piroclastite

Si tratta di terreno piroclastico costituito talvolta da limo argilloso sabbioso con scorie vulcaniche e femici (unità **PiL**), talvolta da sabbia limosa (unità **PiS**). Il mariale si presenta a tratti pseudo coerente ed a tratti argillificato per alterazione. E' stato individuato in alcuni sondaggi sotto il terreno di riporto fino a profondità di 7-14 m dal p.c..

### UNITA' SG – Sabbia ghiaiosa

Si tratta di sabbia ghiaiosa di natura travertinosa di colore marrone chiaro biancastra. Talvolta si trovano intercalati livelli decimetrici di limo di natura diatomitica e sabbia calcarea e localmente livelletti torbosi. Il materiale incoerente si rinviene sotto la piroclastite con spessori da 3 a 8 m circa.

### UNITA' Ag – Argilla limosa grigia

Si tratta di argilla limosa talvolta sabbiosa di colore grigio, grigio-verdastro da consistente a molto consistente, localmente si rinvencono livelli di sostanza organica torbosa nerastra. Talvolta l'unità Ag ha intercalati strati da 2 a 8 m circa di sabbia limosa grigia con sparse tracce di sostanza organica (unità S),

### UNITA' Tf – Tufo

Si tratta di tufo compatto pseudo coerente a granulometria prevalentemente sabbioso limosa. Rinvenuto nel sondaggio A4 con spessore di 1-2 m intercalato alla piroclastite.

La stratigrafia di progetto da assumere per il dimensionamento delle singole opere andrà valutata sulla base delle indagini più prossime all'opera in esame, a tal fine si rimanda alle sezioni stratigrafiche eseguite lungo via Tiburtina e lungo il pertinente tratto del GRA, dove sono riportate tutte le indagini eseguite, le correlazioni stratigrafiche ed il livello di falda.



## 4.1 CRITERI DI VALUTAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI

### 4.1.1 Depositi incoerenti

Per i depositi prevalentemente incoerenti, i parametri geotecnici di resistenza al taglio e di deformabilità possono essere stimati sulla base dell'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche SPT.

La densità relativa, in accordo a quanto indicato in Skempton (1986), può essere correlata al valore  $N_{SPT}$  con la seguente relazione

$$Dr = \left( \frac{1}{A + B \cdot \sigma_{vo}'} \cdot N_{SPT} \right)^{0.5}$$

essendo:

A, B = costanti empiriche in funzione della granulometria del terreno,

$\sigma_{vo}'$  = pressione verticale efficace esistente in sito alla quota della prova SPT (kg/cm<sup>2</sup>)

$N_{SPT}$  = numero di colpi per 30 cm di infissione

Dr = densità relativa

Nel caso in esame si è considerato, cautelativamente:

- per le unità R, PiL, PiS, la correlazione valida per sabbia fine normal consolidata;
- per l'unità SG la correlazione valida per sabbia grossa normal consolidata.

#### **Parametri di resistenza**

L'angolo di resistenza al taglio ( $\varphi'$ ) è stato stimato dalle prove SPT in base alla correlazione proposta da Schmertmann (1977) che correla l'angolo di resistenza al taglio alla densità relativa attraverso la seguente relazione:

$$\varphi = 34.5 + 0.10 \cdot D_R \quad \text{sabbia grossa-media uniformemente ben gradata}$$

$$\varphi = 31.5 + 0.115 \cdot D_R \quad \text{sabbia medio-fine uniformemente ben gradata}$$

$$\varphi = 28.0 + 0.14 \cdot D_R \quad \text{sabbia fine uniforme}$$

essendo:

Dr = densità relativa

Nel caso in esame si è considerato, cautelativamente:

- per le unità R, PiL, PiS, la correlazione valida medio fine uniformemente ben gradata;
- per l'unità SG la correlazione valida per sabbia medio grossa uniformemente ben gradata.



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

16 di 151

Per confronto è riportata anche la stima dei valori dell'angolo di resistenza al taglio con la correlazione di De Mello (1971) che correla i valori  $N_{SPT}$  con la tensione verticale efficace alla profondità di prova.

### **Caratteristiche di deformabilità**

Le caratteristiche di deformabilità dei depositi incoerenti possono essere stimati :

- dall'interpretazione delle prove penetrometriche SPT,
- da indagini sismiche Down-Hole.

In particolare dalle indagini sismiche, il modulo di taglio iniziale ( $G_0$ ) e quello di Young iniziale ( $E_0$ ) possono essere ricavati dai valori delle velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) utilizzando le seguenti correlazioni:

$$G_0 = (\gamma / \rho_a) \cdot V_s^2$$

$$E_0 = 2 \cdot (1 + \nu) \cdot G_0$$

dove:

$\gamma$  = peso di volume naturale del terreno assunto pari a  $19 \text{ kN/m}^3$ .

$\rho_a$  = pressione atmosferica pari a  $9.81 \text{ m/s}^2$ .

$V_s$  = velocità delle onde di taglio in m/s.

$\nu$  = coefficiente di Poisson assunto pari a 0.3.

Le velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) possono essere ricavate direttamente dalle prove sismiche in sito (Down-hole) oppure dai valori di  $N_{SPT}$  attraverso la correlazione di Ohta e Goto (1978) o la correlazione di Yoshida e al. (1988). Dalla velocità delle onde di taglio sono stati ricavati i valori del modulo di taglio iniziale e dei moduli elastici sulla base delle correlazioni precedentemente indicate.

$$v_s = C \cdot (N_{SPT})^{0.171} \cdot (z)^{0.199} \cdot f_A \cdot f_G \text{ (m/sec) Ohta e Goto (1978)}$$

essendo:

$$C = 53.3$$

$z$  = profondità dal p.c. in metri

$f_G$  = coefficiente funzione della composizione granulometrica

$f_A$  = coefficiente funzione dell'epoca geologica del deposito

Nel caso in esame si è considerato, cautelativamente:

- per i terreni di riporto (unità R),  $f_G = 1.09$  (sabbie fini);





- per la sabbia ghiaiosa e le piroclastiti (unità SG, PiL, PiS),  $f_G = 1.14$  (sabbie grosse).

$$v_s = C \cdot (N_{SPT})^{0.25} \cdot (\sigma_v')^{0.14} \quad (\text{m/sec}) \quad \text{Yoshida e al. (1988)}$$

essendo:

C = 56 per sabbie grosse con almeno il 25% di ghiaia (unità SG); C = 49 per sabbie fini (unità R, PiL, PiS).

$\sigma_{vo}'$  = pressione verticale efficace esistente in sito alla quota della prova.

I moduli di deformabilità "operativi" (E') da adottare per le opere di sostegno e per le fondazioni, saranno assunti pari a 1/3÷1/5 di quello iniziale (E<sub>0</sub>).

Nei paragrafi successivi verranno riportati a confronto per le varie unità geotecniche tutti i risultati delle prove in sito e dell'interpretazione delle prove eseguite.

#### 4.1.2 Depositi coesivi

Per i depositi coesivi la caratterizzazione geotecnica è stata fatta oltre che dall'interpretazione delle prove in sito anche dai risultati delle prove di laboratorio sui campioni indisturbati.

##### **Classificazione**

La classificazione dei terreni avverrà essenzialmente sui risultati delle seguenti prove di laboratorio:

- Analisi granulometriche;
- pesi di volume naturale ( $\gamma$ );
- grado di saturazione (S);
- contenuti d'acqua naturale ( $w_n$ );
- indici dei vuoti iniziali ( $e_0$ );
- limiti di Atterberg ( $W_L$ ,  $W_p$ , IP).

Per quanto concerne lo stato di tensione iniziale e la pressione di preconsolidazione si farà riferimento ai risultati delle prove edometriche di laboratorio.

##### **Caratteristiche di resistenza**

Per la determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio in tensioni efficaci dei depositi coesivi ci si è basati sui risultati delle prove di laboratorio che consiste essenzialmente in n. 2 prove di taglio diretto consolidate drenate (CD).

La resistenza al taglio in condizioni non drenate è stata determinata con prove di laboratorio triassiali non consolidate non drenate e prove a compressione assiale semplice e con prove di Pocket Penetrometer sulle carote di sondaggio. Inoltre può essere anche desunta dai risultati



delle prove penetrometriche dinamiche SPT in base alla seguente correlazione di Stroud (1974):

$$C_U \cong (5.0 \div 5.5) \cdot N_{SPT} \quad (\text{kPa})$$

### **Caratteristiche di deformabilità**

Le caratteristiche di deformabilità dei depositi coesivi sono stimati principalmente dai risultati delle indagini sismiche in sito (prove Down-Hole) secondo le correlazioni già precedentemente indicate per i terreni incoerenti. Inoltre possono essere stimati dalle prove edometriche di laboratorio e da correlazioni di letteratura.

Il modulo di deformazione E può essere stimato sulla base dei valori della resistenza al taglio non drenata  $c_u$ :  $E=120 \cdot c_u$ .

I moduli di deformabilità "operativi" ( $E'$ ) da adottare per le opere di sostegno e per le fondazioni, saranno assunti pari a  $1/3 \div 1/5$  di quello iniziale ( $E_0$ ).

I moduli di deformabilità "operativi" ( $E'$ ) da adottare per l'analisi dei cedimenti dei rilevati saranno assunti pari a  $1/10$  di quello iniziale ( $E_0$ ); cautelativamente nel caso in esame per le argille si è assunto anche  $E'=1/10 \cdot E_0$ , in relazione agli elevati valori dei moduli ricavati dalle prove sismiche.

Nella valutazione dei cedimenti immediati dei rilevati il modulo di Young "operativo"  $E_u$  verrà stimato essenzialmente sulla base della correlazione empirica proposta da Duncan & Buchignani (1976):  $E_u = k \cdot c_u$ .

## **4.2 UNITA' R – TERRENO DI RIPORTO**

Il terreno di riporto di natura vulcanica è costituito generalmente da sabbia limosa, talvolta argillosa, con laterizi e raro ghiaietto; è presente a partire dal p.c. con spessore di 2-3 m circa. Si tratta di terreno poco addensato, vedasi valore di  $N_{SPT}$  di 5 colpi/30 cm (vedasi Figura 1).

### **Parametri di resistenza**

La resistenza al taglio stimata dall'interpretazione delle prove SPT è compresa fra  $30$  e  $35^\circ$  (vedasi Figura 3 e Figura 4).

### **Caratteristiche di deformabilità**

Dalle prove sismiche Down Hole sono state stimate le caratteristiche di deformabilità (vedasi Figura 8÷Figura 13), da cui si sono ricavati i seguenti valori:

|                          |   |
|--------------------------|---|
| $V_s = 180 \div 200$ m/s | velocità delle onde di taglio             |
| $G_0 = 65 \div 80$ MPa   | modulo di deformazione a taglio iniziale  |
| $E_0 = 170 \div 200$ MPa | modulo di deformazione elastico iniziale. |



### 4.3 UNITA' PI – PIROCLASTITE

Si tratta di terreno piroclastico costituito talvolta da limo argilloso sabbioso con scorie vulcaniche e femici (unità **PiL**), talvolta da sabbia limosa (unità **PiS**). Il materiale si presenta a tratti pseudo coerente ed a tratti argillificato per alterazione. E' stato individuato in alcuni sondaggi sotto il terreno di riporto fino a profondità di 7-14 m dal p.c..

I valori di  $N_{SPT}$  variano da 5 a 30 colpi/30 cm negli strati più limosi (**PiL**) e tra 25 e 52 in quelli più sabbiosi (**PiS**) (vedasi Figura 1).

In corrispondenza degli strati a maggiore matrice fine coesiva sono stati eseguiti due campionamenti indisturbati su cui sono state eseguite prove di laboratorio.

Dalle analisi granulometriche (vedasi Figura 14) il materiale (**PiL**) risulta costituito da:

- percentuale di fine (limo + argilla) compresa tra il 89 e 87%, di cui argilla variabile tra il 17 e 34%;
- una percentuale di sabbia compresa tra il 11 e 12% e di ghiaia inferiore ad 1%.

Il peso di volume naturale è compreso fra 14 e 17 kN/m<sup>3</sup>.

Il contenuto naturale d'acqua è tra 40 e 83%. Il limite liquido è tra 52 e 72%, mentre il limite plastico è tra 35 e 50% (vedasi Figura 17), quindi l'indice plastico è compreso fra 17 e 22 % (vedasi Figura 20) L'indice di consistenza è 0.7 (vedasi Figura 21). Dalla carta di plasticità di Casagrande il materiale ricade nella zona dei limi inorganici di alta compressibilità (vedasi Figura 18).

#### Parametri di resistenza

Sui campioni indisturbati prelevati nell'unità piroclastica a maggiore matrice fine (unità **PiL**) sono state eseguite due prove di taglio diretto che hanno condotto ai seguenti risultati: coesione drenata  $c' = 6-14$  kPa e angolo di resistenza al taglio  $\varphi' = 30-33^\circ$  (vedasi Figura 19).

Dall'interpretazione delle prove penetrometriche SPT, si stimano valori dell'angolo di resistenza al taglio (vedasi Figura 3 e Figura 4):

- unità **PiL**: compresi fra 30 e 39°, i valori inferiori si ottengono dalla correlazione di De Mello;
- unità **PiS**: compresi fra 37 e 42°.

Per i livelli a prevalente matrice fine coesiva sono disponibili prove di Pocket Penetrometer per la misura della resistenza al taglio in condizioni non drenate ed una prova di laboratorio a compressione assiale semplice. I valori di resistenza al taglio non drenata variano da 100 a 200 kPa circa.



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

20 di 151

### Caratteristiche di deformabilità

Dalle prove sismiche Down Hole e dai risultati delle prove SPT sono state stimate le caratteristiche di deformabilità (vedasi Figura 8÷Figura 13), da cui si sono ricavati i seguenti valori:

unità PiL: dalla prova sismica A1-DH si osservano valori di velocità delle onde di taglio molto più alte (460 m/s) rispetto a quelle stimate dalle prove SPT (150÷200 m/s), ciò è probabilmente riconducibile al fatto che le correlazioni di letteratura usate per la stima di  $V_s$  da SPT non tengono conto della caratteristica pseudocoerente e/o argillificato del materiale:

$$V_s = 150\div 200, 460 \text{ m/s}$$

$$G_0 = 45\div 75, 420 \text{ MPa}$$

$$E_0 = 110\div 200, 1000 \text{ MPa}$$

velocità delle onde di taglio

modulo di deformazione a taglio iniziale

modulo di deformazione elastico iniziale.

unità PiS: dalla prova sismica A1-DH si osservano valori di velocità delle onde di taglio molto più alte (460 m/s) rispetto a quelle stimate dalle prove SPT (150÷200 m/s), ciò è probabilmente riconducibile al fatto che le correlazioni di letteratura usate per la stima di  $V_s$  da SPT non tengono conto della caratteristica pseudocoerente e/o argillificato del materiale:

$$V_s = 200\div 270, 460 \text{ m/s}$$

$$G_0 = 85\div 130, 420 \text{ MPa}$$

$$E_0 = 200\div 350, 1000 \text{ MPa}$$

velocità delle onde di taglio

modulo di deformazione a taglio iniziale

modulo di deformazione elastico iniziale.

In laboratorio è disponibile una prova edometrica che ha dato un modulo di 7 MPa (vedasi Figura 24).

## 4.4 UNITA' SG – SABBIA GHIAIOSA

Si tratta di sabbia ghiaiosa di natura travertinosa di colore marrone chiaro biancastra. Talvolta si trovano intercalati livelli decimetrici di limi bianchi ben addensati e sabbia calcarea, localmente livelletti torbosi. Il materiale incoerente si rinviene sotto la piroclastite con spessori da 3 a 8 m circa e poggia generalmente sulla argilla grigia.

I valori di  $N_{SPT}$  variano da 20 colpi/30 cm a rifiuto (100) con andamento generalmente crescente con la profondità (vedasi Figura 1).

### Parametri di resistenza

Dall'interpretazione delle prove penetrometriche SPT, si stimano valori dell'angolo di resistenza al taglio compresi fra 36 e 44° (vedasi Figura 3 e Figura 4).



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

21 di 151

### Caratteristiche di deformabilità

Dalle prove sismiche Down Hole e dai risultati delle prove SPT sono state stimate le caratteristiche di deformabilità (vedasi Figura 8÷Figura 13), da cui si sono ricavati i seguenti valori, in particolare dalla prova sismica A1-DH si osservano valori di velocità delle onde di taglio più alte (360 m/s) rispetto a quelle stimate dalle prove SPT (250 m/s):

$$V_s = 250\div 360 \text{ m/s}$$

$$G_0 = 45\div 260 \text{ MPa}$$

$$E_0 = 110\div 670 \text{ MPa}$$

velocità delle onde di taglio

modulo di deformazione a taglio iniziale

modulo di deformazione elastico iniziale.

## 4.5 UNITA' AG – ARGILLA LIMOSA GRIGIA

Si tratta di argilla limosa talvolta sabbiosa di colore grigio, grigio-verdastro da consistente a molto consistente, localmente si rinvencono livelli di sostanza organica torbosa nerastra. Nella stratigrafia del pozzo 13V (seppur molto scarna nella descrizione), è segnalata la presenza di argilla torbosa da 14 m alla massima profondità investigata (100 m).

Talvolta l'unità Ag ha intercalati strati di spessore molto variabile da 2 a 8 m circa di sabbia limosa grigia con sparse tracce di sostanza organica (denominata nei grafici come unità S), generalmente moderatamente addensata (è disponibile un valore di  $N_{SPT}$  di 20 colpi/30 cm).

Nella zona dove è previsto il cavalcavia, le indagini (sondaggi A2, A3, 197L) hanno rilevato in superficie terreni argillosi limosi scuri di natura epivulcanica, riconducibili ad una rielaborazione in ambito alluvionale dei materiali fini provenienti dalla disgregazione dei depositi piroclastici. Questi terreni sovrastano le argille limose sabbiose grigie addensate che costituiscono il substrato dell'area.

Nei campioni indisturbati prelevati nell'unità coesiva sono state eseguite prove di laboratorio che hanno condotto ai risultati di seguito sintetizzati.

Dalle analisi granulometriche (vedasi Figura 15) si ottiene:

- una percentuale di fine (limo + argilla) variabile tra 78 e 95%, di cui argilla tra il 23 e il 48%;
- una percentuale di sabbia variabile tra 4 e 21%, ghiaia inferiore a 1%.

Il peso di volume naturale è compreso fra 17 e 18 kN/m<sup>3</sup> per i terreni argilloso limosi di natura epivulcanica (sondaggi A2, A3, 197L) e tra 18 e 19.7 kN/m<sup>3</sup> per le argille grigie a profondità maggiore di 10-15 m dal p.c..

Il contenuto naturale d'acqua è compreso tra 29 e 59%. Il limite liquido è compreso tra 37 e 61% mentre il limite plastico tra 20 e 37% (vedasi Figura 17), quindi l'indice plastico tra 15 e 33% (vedasi Figura 20). L'indice di consistenza è valutato dunque 0.2÷0.9. (vedasi Figura 21).

Dalla carta di Plasticità di Casagrande il materiale si colloca nella zona delle argille – limi a medio-alta plasticità (vedasi Figura 18).



Dalle prove edometriche di laboratorio è stato stimato il valore della tensione di preconsolidazione e quindi è stato stimato il grado di sovraconsolidazione (OCR), graficato in Figura 23.

Nella Figura 25 è mostrato il valore del coefficiente di consolidazione ( $c_v$ ) ricavato dalle prove edometriche di laboratorio, che risulta mediamente pari a  $1.3 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ . Il coefficiente di consolidazione secondaria ( $c_{\alpha}$ ) è mediamente pari a 0.0008.

In corrispondenza del deposito in esame sono disponibili prove SPT che hanno dato valori tra 5 e 12 colpi/30 cm con un valore a rifiuto.

### Parametri di resistenza

In laboratorio sono state eseguite prove triassiali non consolidate non drenate e prove a compressione assiale semplice per la stima della resistenza al taglio in condizioni non drenate (vedasi Figura 19):

- da TXUU: valori di  $c_u$  compresi fra 51 e 76 kPa;
- da ELL: valori di  $c_u$  76 e 118 kPa.

Nella Figura 22 sono mostrati i valori della resistenza al taglio in condizioni non drenate stimati sia dall'interpretazione delle prove in sito, sia quelli ricavati dalle prove di laboratorio; si osserva un sostanziale accordo fra i risultati di tutte le indagini con valori di resistenza al taglio in condizioni non drenate tra 50 e 200 kPa, con andamento crescente con la profondità.

### Caratteristiche di deformabilità

Le caratteristiche di deformabilità del deposito sono state simulate principalmente sulla base dei risultati delle indagini sismiche Down-Hole (vedasi Figura 8÷Figura 13), da cui si sono ricavati i seguenti valori:

$$V_s = 250\div 350 \text{ m/s}$$

velocità delle onde di taglio

$$G_0 = 120\div 315 \text{ MPa}$$

modulo di deformazione a taglio iniziale

$$E_0 = 235\div 620 \text{ MPa}$$

modulo di deformazione elastico iniziale.

In laboratorio sono state eseguite prove edometriche sui campioni indisturbati prelevati nelle argille limose di natura epivolcanica che hanno dato valori compresi fra 5 e 14 MPa; tali valori sono in sostanziale buon accordo con i valori di modulo confinato stimati a partire dalle prove SPT (vedasi Figura 24). Questi valori sono comunque decisamente inferiori rispetto ai valori di modulo stimati dalle indagini sismiche. Per i calcoli dei cedimenti verranno considerati i valori stimati dalle indagini sismiche in quanto derivanti da prove dirette in sito eseguite in continuo con la profondità. del modulo stimati dalla correlazione proposta da Duncan & Buchignani (1976) secondo cui  $E_u = k \cdot c_u$ , con:

$$E_u = 550\div 600 \text{ cu}$$

per Ag a profondità inferiore a 15 m dal p.c. caratterizzato da IP=18%, OCR = 2-3.

$$E_u = 400\div 500 \text{ cu}$$

per Ag a profondità maggiore di 15-20 m dal p.c. caratterizzato da IP= 30%, OCR = 1.5.



## 4.6 SINTESI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

Sulla base dell'interpretazione di tutte le indagini eseguite in sito ed in laboratorio si stimano i seguenti valori dei parametri geotecnici di progetto per le varie unità intercettate. Ai fini del dimensionamento delle varie opere in progetto, per la stratigrafia di riferimento verranno considerate le indagini eseguite più vicine all'opera e quindi si rimanda alla rappresentazione delle sezioni stratigrafiche (vedasi 0, 0, 0).

### Unità R – Terreno di riporto

$$\gamma = 17\div 19 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 28\div 33^\circ$$

$$c' = 0 \text{ kPa}$$

$$V_s = 180\div 200 \text{ m/s}$$

$$G_0 = 65\div 80 \text{ MPa}$$

$$E_0 = 170\div 200 \text{ MPa}$$

peso di volume naturale

angolo di resistenza al taglio

coesione drenata

velocità delle onde di taglio

modulo di deformazione a taglio iniziale

modulo di deformazione elastico iniziale.

### Unità PiL – Piroclastite limoso argillosa

$$\gamma = 15\div 17 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 30\div 33^\circ$$

$$c' = 5\div 15 \text{ kPa}$$

$$c_u = 100\div 200 \text{ kPa}$$

$$V_s = 150\div 200, 460 \text{ m/s}$$

$$G_0 = 45\div 75, 420 \text{ MPa}$$

$$E_0 = 110\div 200, 1000 \text{ MPa}$$

peso di volume naturale

angolo di resistenza al taglio

coesione drenata

resistenza al taglio non drenata

velocità delle onde di taglio

modulo di deformazione a taglio iniziale

modulo di deformazione elastico iniziale.

### Unità PiS– Piroclastite sabbioso limosa

$$\gamma = 15\div 17 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 35\div 38^\circ$$

$$c' = 0\div 10 \text{ kPa}$$

$$V_s = 200\div 270, 460 \text{ m/s}$$

$$G_0 = 85\div 130, 420 \text{ MPa}$$

$$E_0 = 200\div 350, 1000 \text{ MPa}$$

peso di volume naturale

angolo di resistenza al taglio

coesione drenata

velocità delle onde di taglio

modulo di deformazione a taglio iniziale

modulo di deformazione elastico iniziale.

### Unità SG– Sabbia ghiaiosa

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 35\div 38^\circ$$

$$c' = 0 \text{ kPa}$$

$$V_s = 250\div 360 \text{ m/s}$$

peso di volume naturale

angolo di resistenza al taglio

coesione drenata

velocità delle onde di taglio

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

24 di 151

$G_0 = 45 \div 260$  MPa  
 $E_0 = 110 \div 670$  MPa

modulo di deformazione a taglio iniziale  
modulo di deformazione elastico iniziale.

**Unità Ag – Argilla limosa grigia** $\gamma = 17 \div 19$  kN/m<sup>3</sup>

peso di volume naturale

 $\varphi' = 26^\circ$ 

angolo di resistenza al taglio

 $c' = 5 \div 10$  kPa

coesione drenata

 $c_u = 50 \div 200$  kPa

resistenza al taglio non drenata

 $V_s = 250 \div 350$  m/s

velocità delle onde di taglio

 $G_0 = 120 \div 315$  MPa

modulo di deformazione a taglio iniziale

 $E_0 = 235 \div 620$  MPa

modulo di deformazione elastico iniziale.

Falda: il livello di falda massimo rilevato da lettura piezometrica è a 4 m dal p.c..

## 4.7 CATEGORIA DI SUOLO SISMICA

Per la definizione dell'azione sismica si può far riferimento all'approccio che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento (cfr tab 3.2. II DM 18/01/2008):

La classificazione si effettua sulla base dei valori della velocità equivalente  $V_{s,30}$  di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità e sulla base della resistenza penetrometrica dinamica equivalente  $N_{SPT,30}$ .

La velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,30}$  è definita dall'espressione:

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \text{ [m/s]}$$

dove:

$h_i$  = spessore (in metri) dell' $i$ -esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;

$V_{s,i}$  = velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato, ricavata dalle indagini sismiche;

In relazione ad una  $V_{s,30} = 340$  m/s si arriva ad attribuire ai terreni di fondazione nell'area in esame una categoria di suolo di tipo C.





Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO  
25 di 151

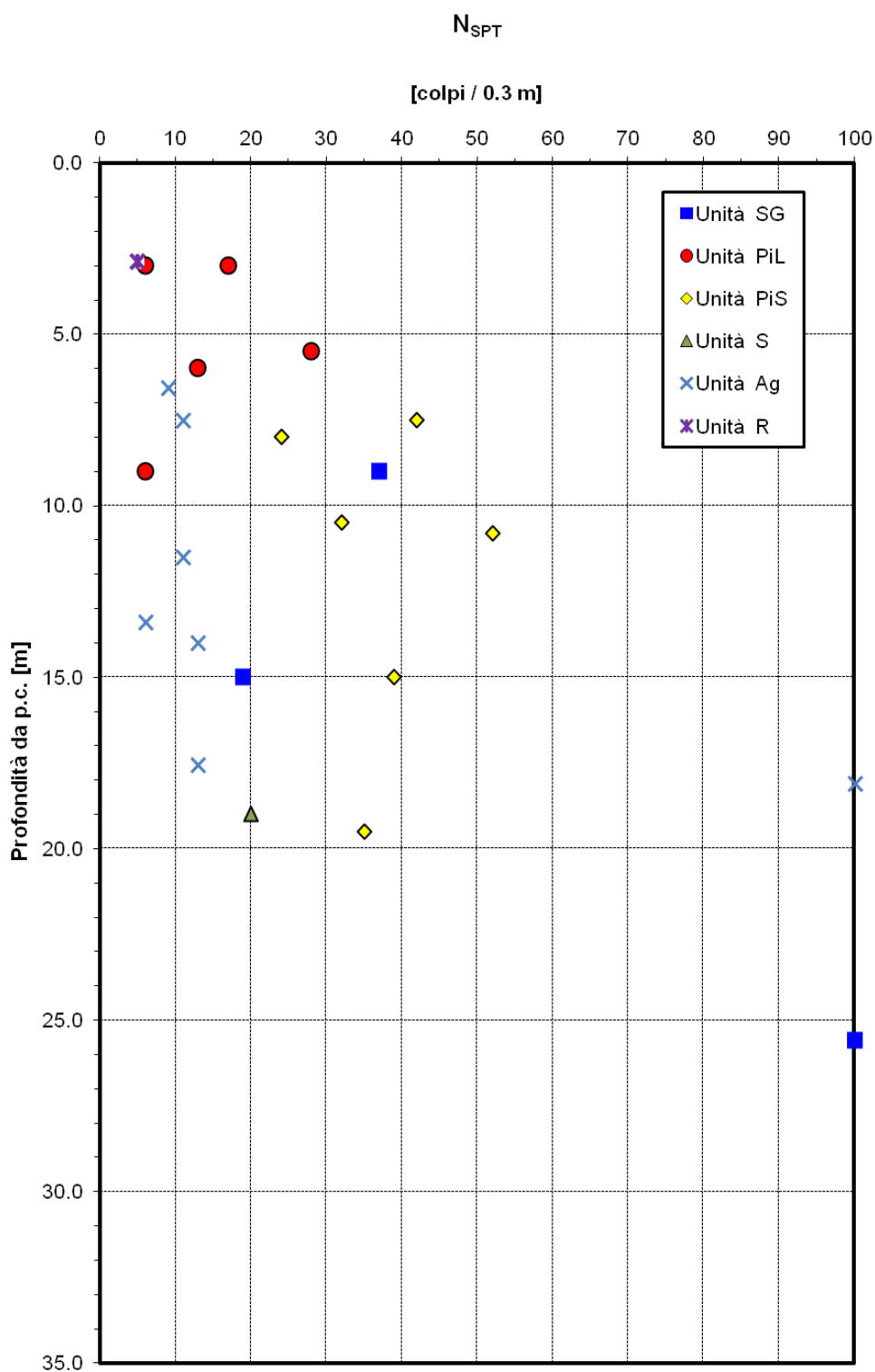


Figura 1: Valori di  $N_{spt}$



### Densità relativa da prove SPT

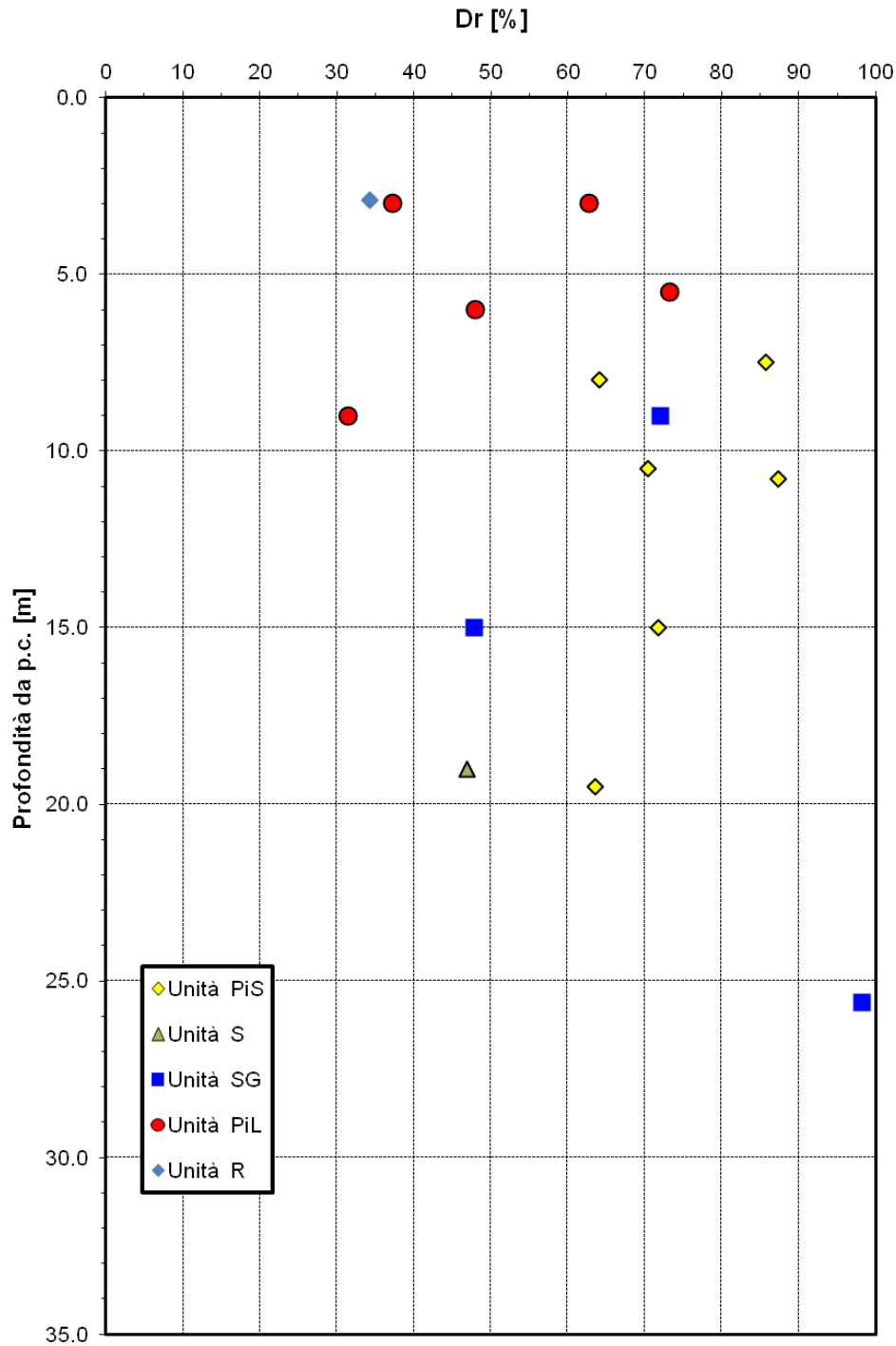


Figura 2: Densità relativa da prove SPT



### Angolo di resistenza al taglio da prove SPT

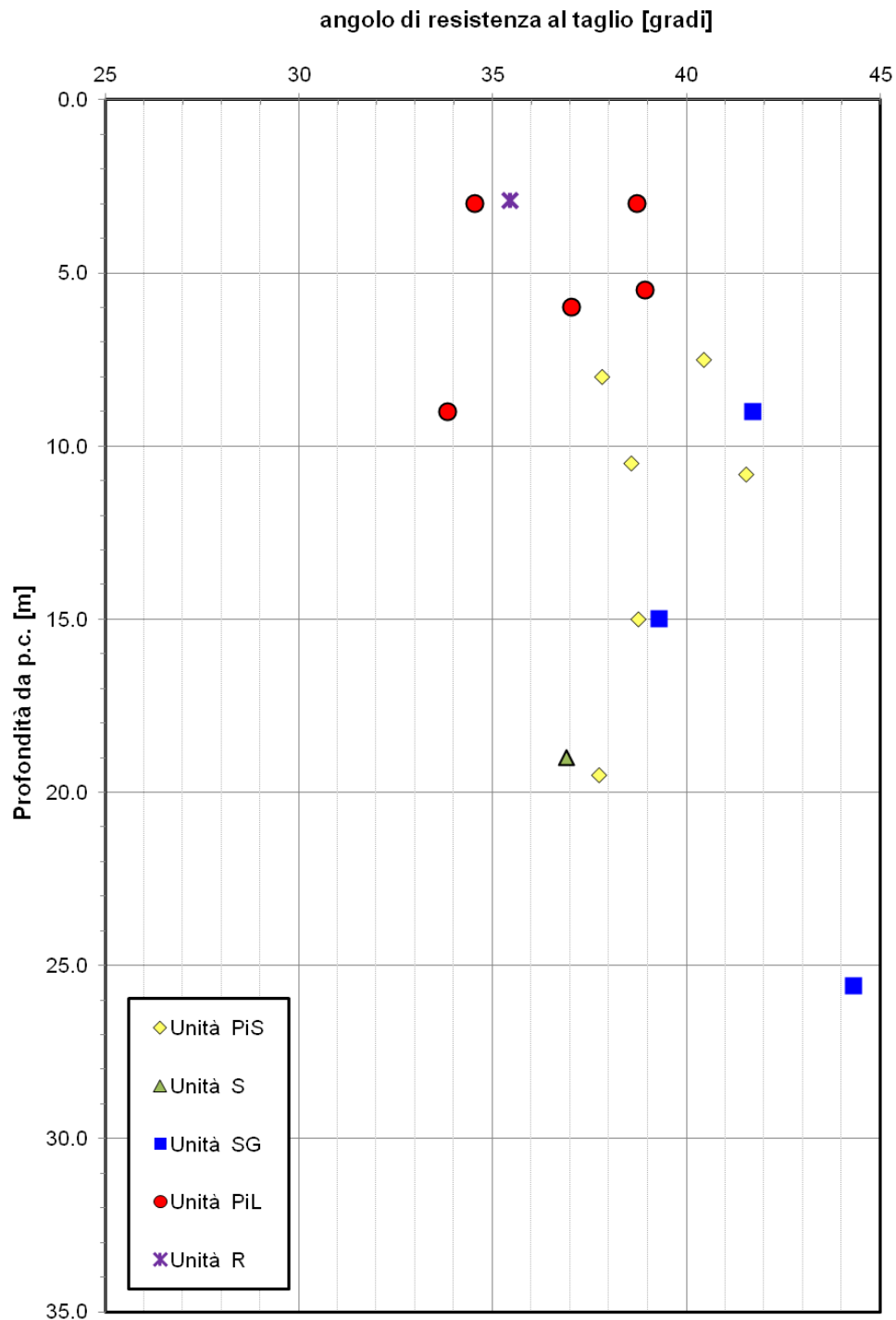


Figura 3: Angolo di resistenza al taglio da prove SPT (Schmertmann, 1977)



Correlazione  $N_{SPT}-\phi'$ , De Mello (1971)

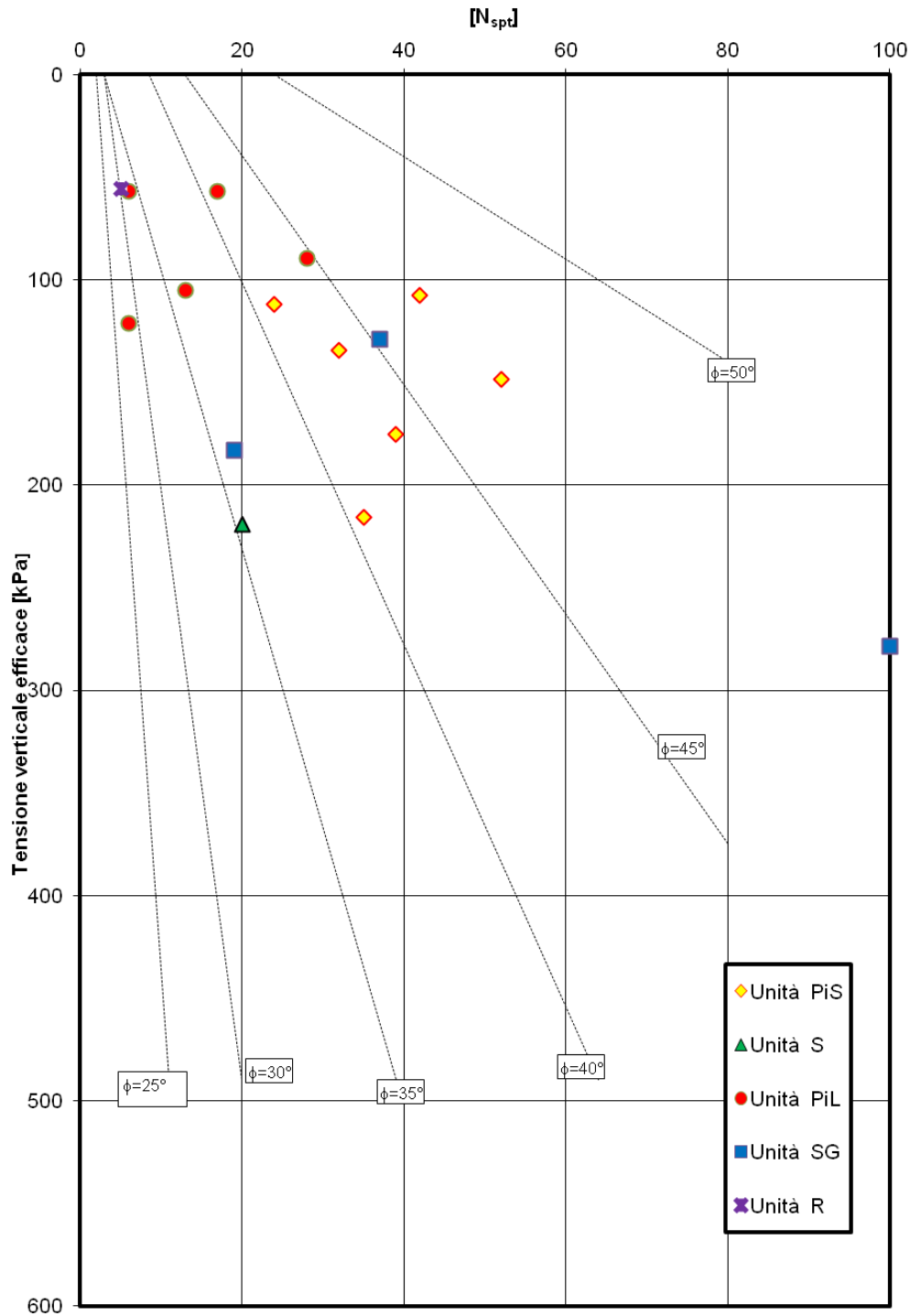


Figura 4: Angolo di resistenza al taglio da prove SPT (De Mello, 1971)



### Velocità delle onde di taglio confronto fra prove SPT e DOWN-HOLE

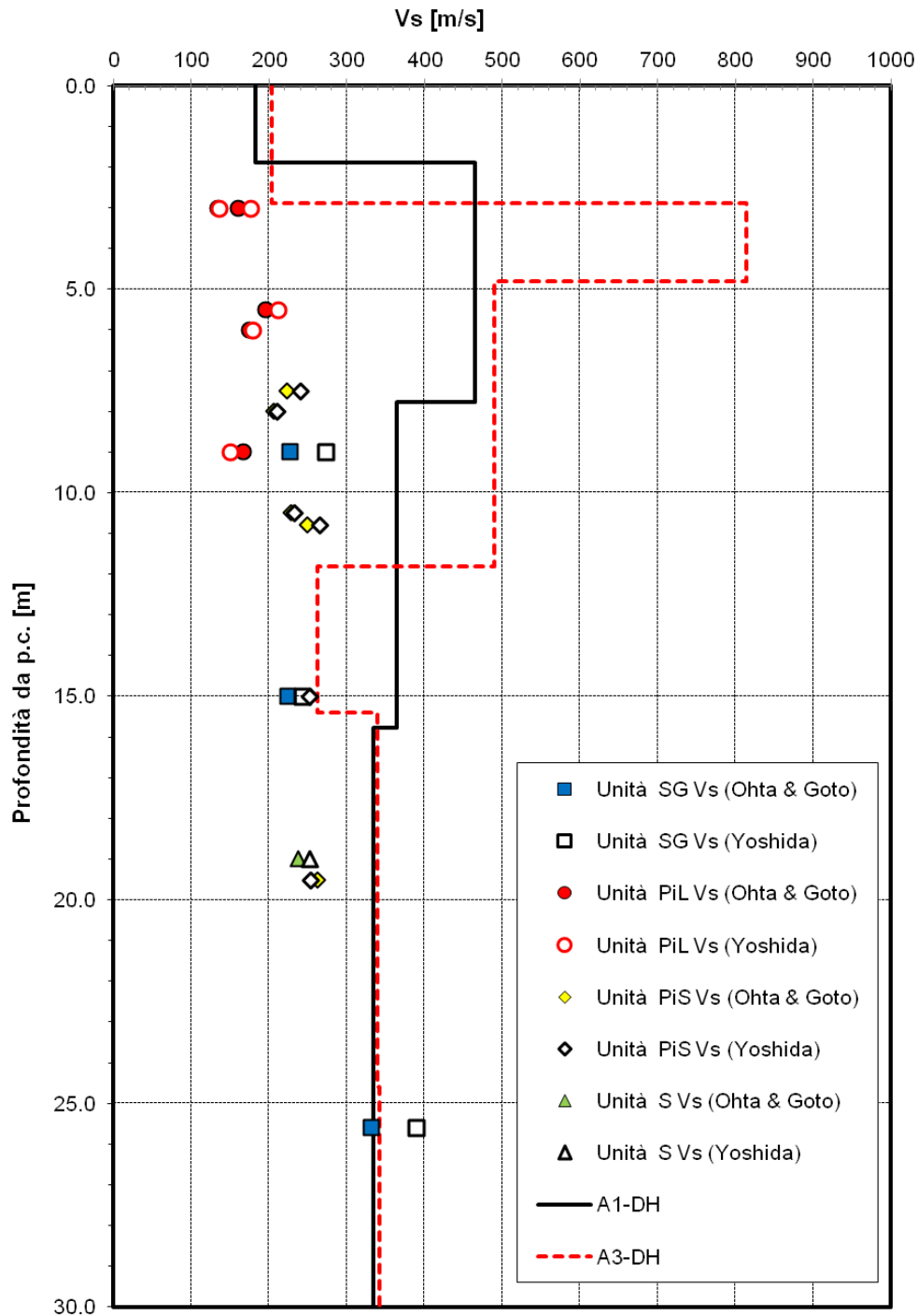


Figura 5: Velocità delle onde di taglio, confronto Down-Hole e prove SPT



Modulo di deformazione a taglio iniziale da prove SPT

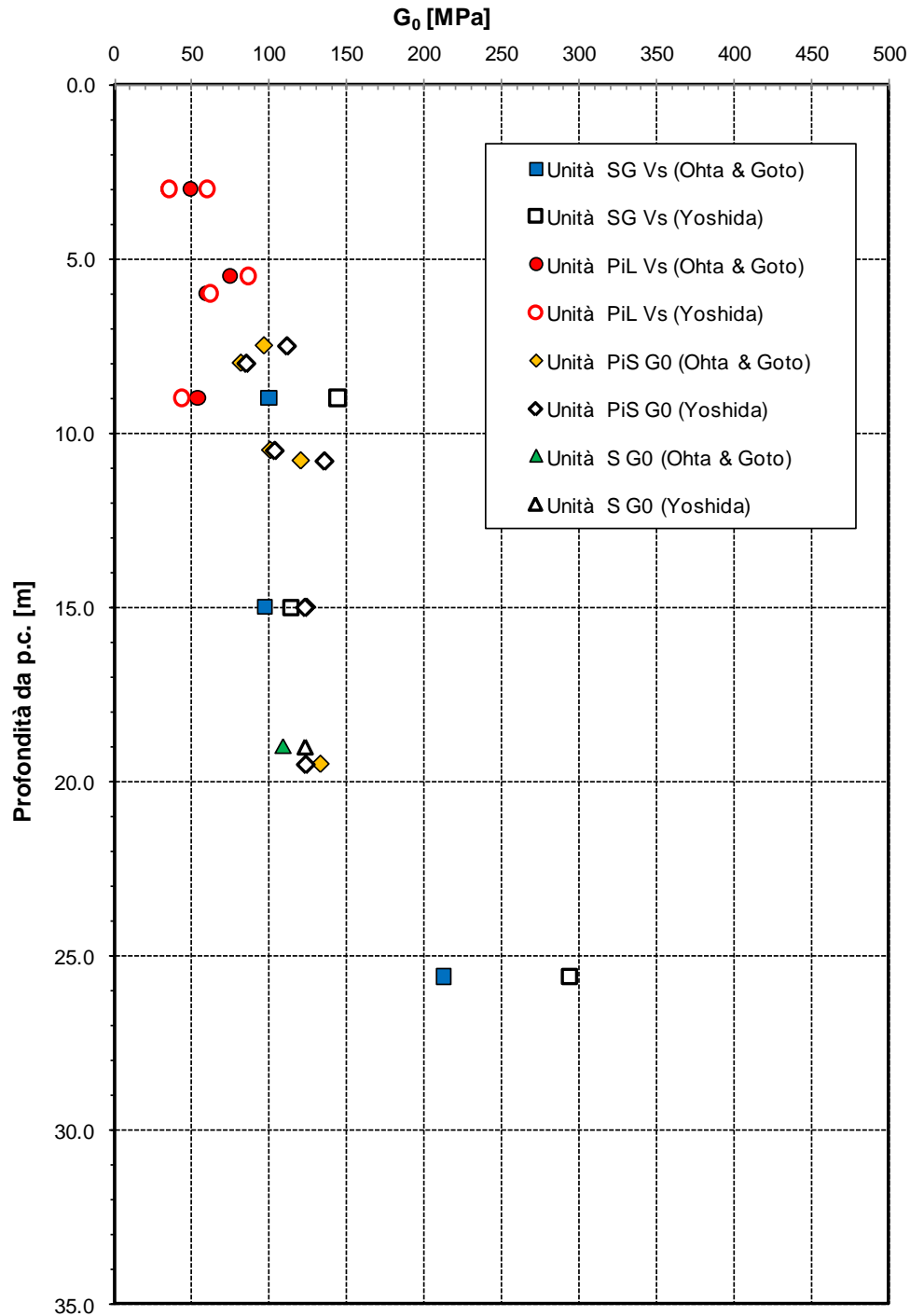


Figura 6: Modulo di deformazione a taglio iniziale da prove SPT



### Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT

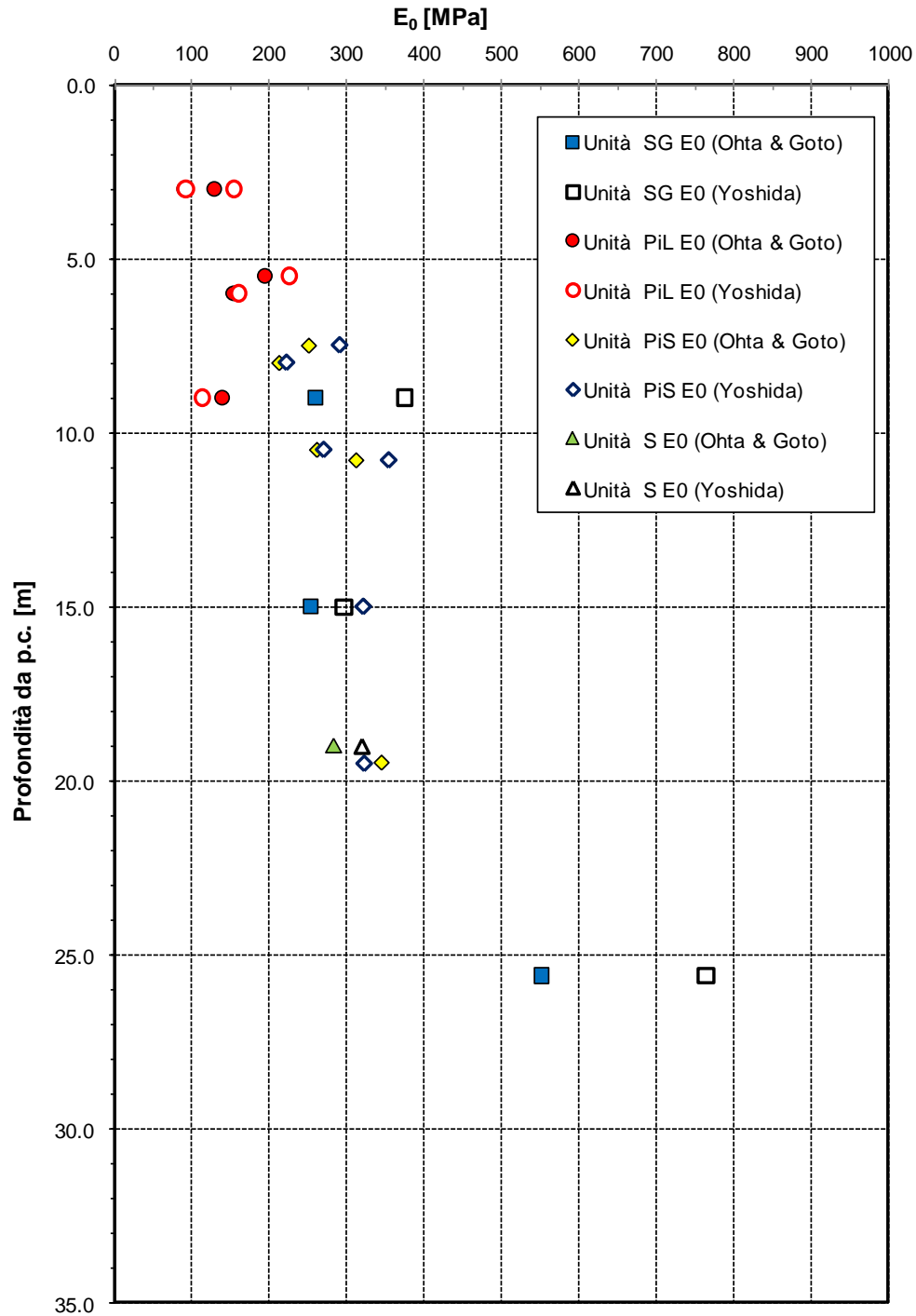


Figura 7: Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO  
32 di 151

### Velocità onde di taglio da prova Down-Hole

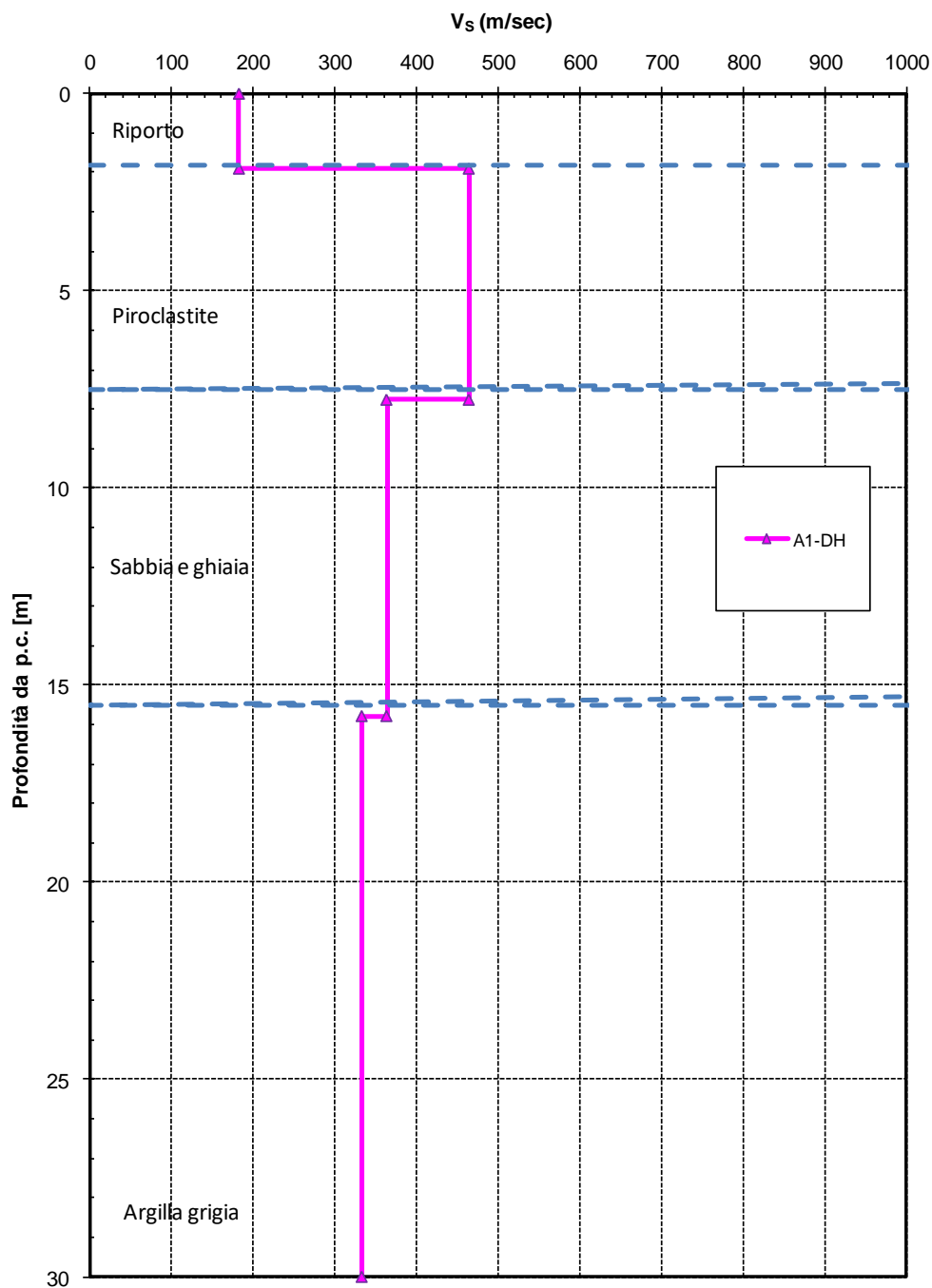


Figura 8: Velocità delle onde di taglio da prova Down- Hole in foro A1





Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO  
33 di 151

### Modulo di deformazione a taglio iniziale $G_0$ da prova Down-hole

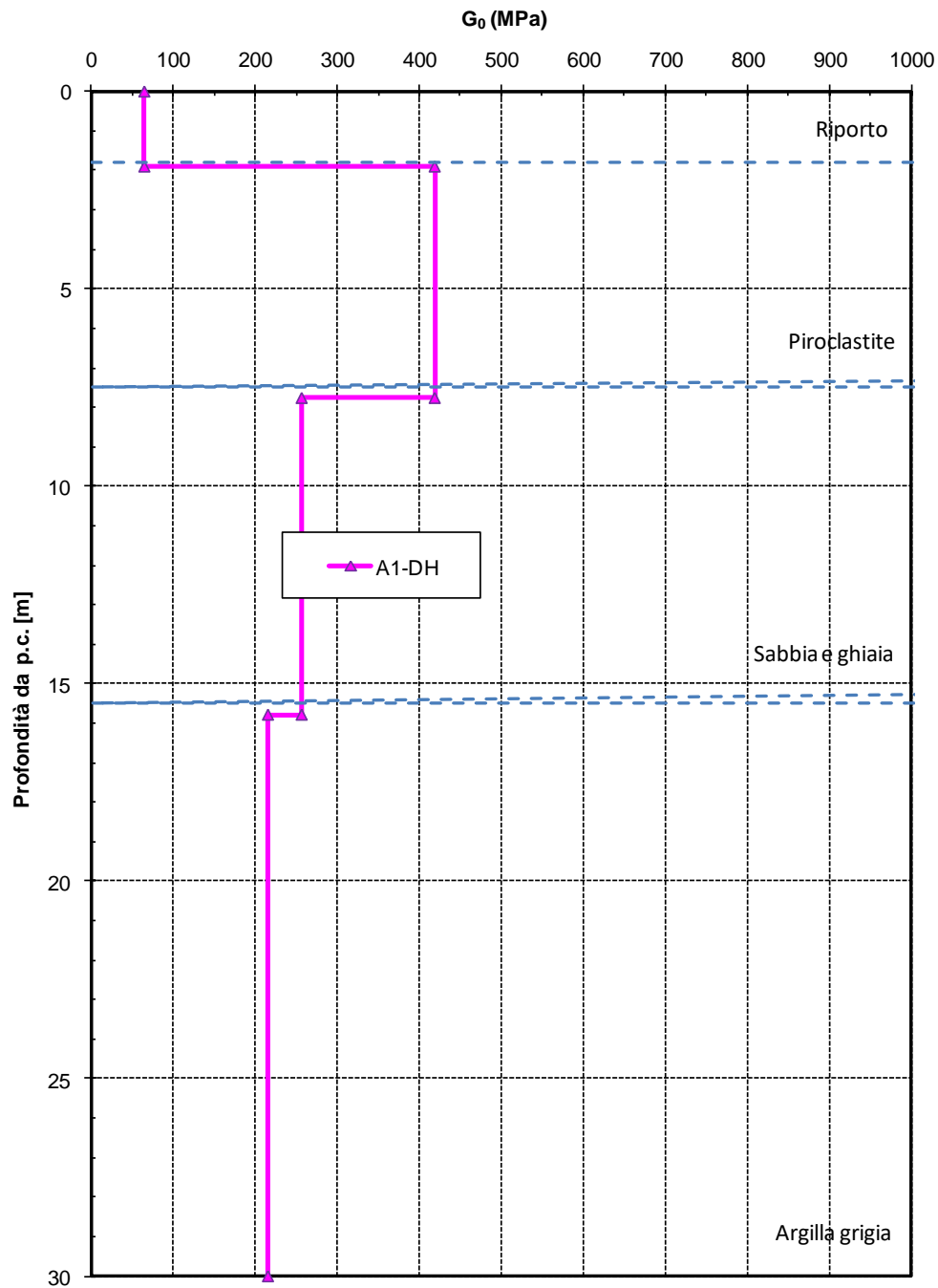


Figura 9: Modulo di deformazione a taglio iniziale da prova Down- Hole in foro A1



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO  
34 di 151

### Modulo di deformazione di Young iniziale $E_0$ da prova Down-hole

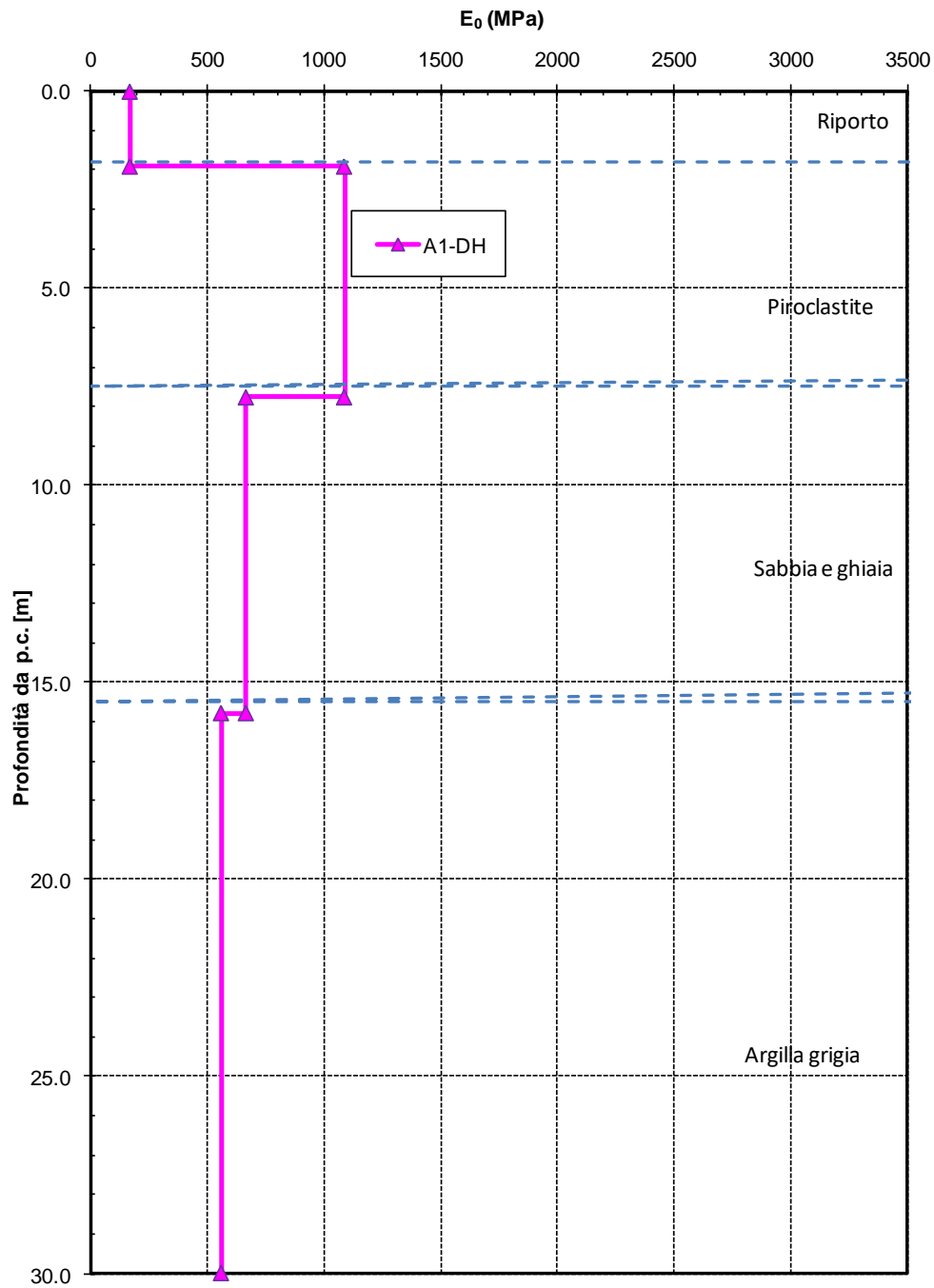


Figura 10: Modulo di deformazione elastico iniziale da prova Down- Hole in foro A1



### Velocità onde di taglio da prova Down-Hole

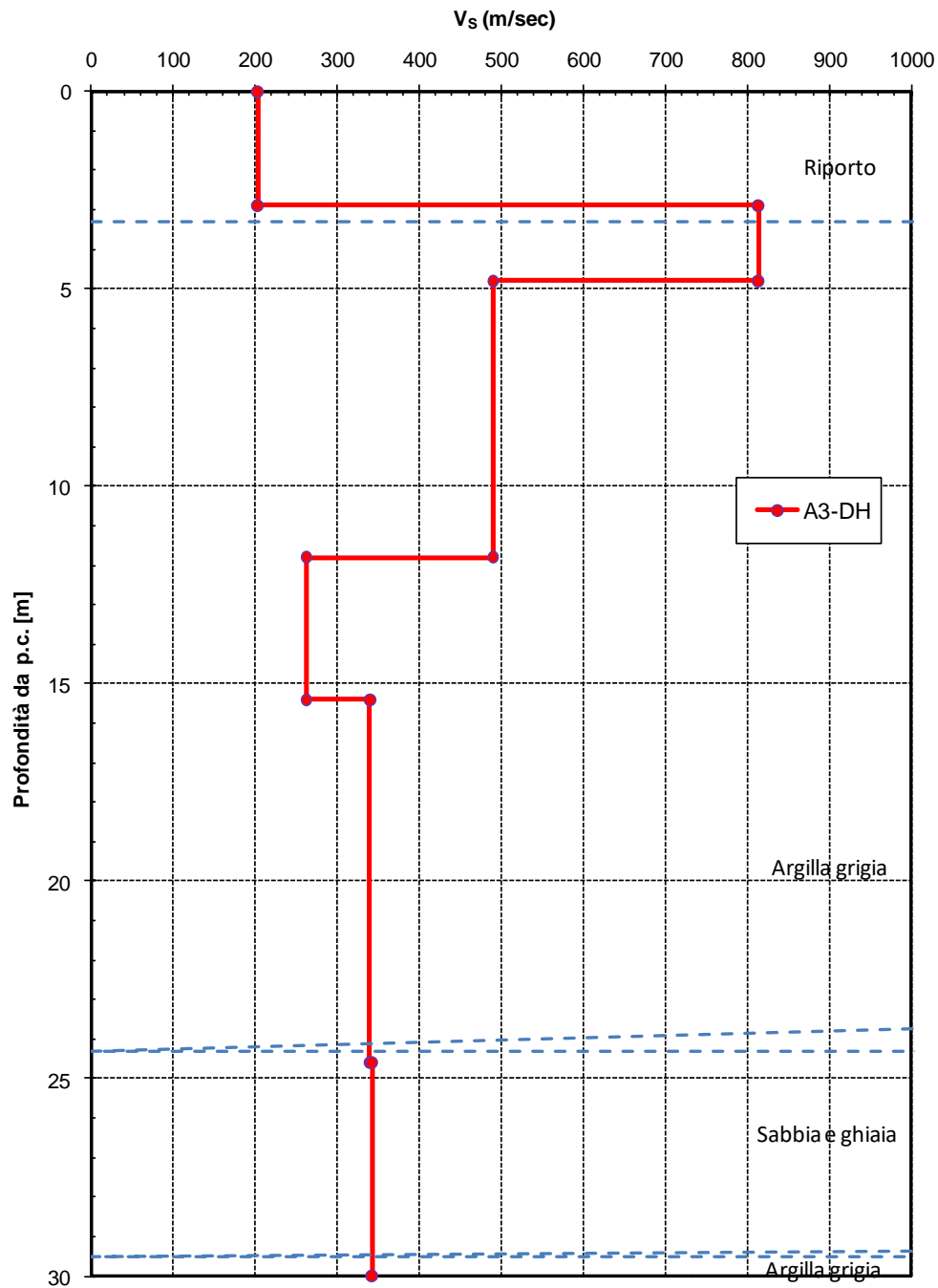


Figura 11: Velocità delle onde di taglio da prova Down- Hole in foro A3



### Modulo di deformazione a taglio iniziale $G_0$ da prova Down-hole

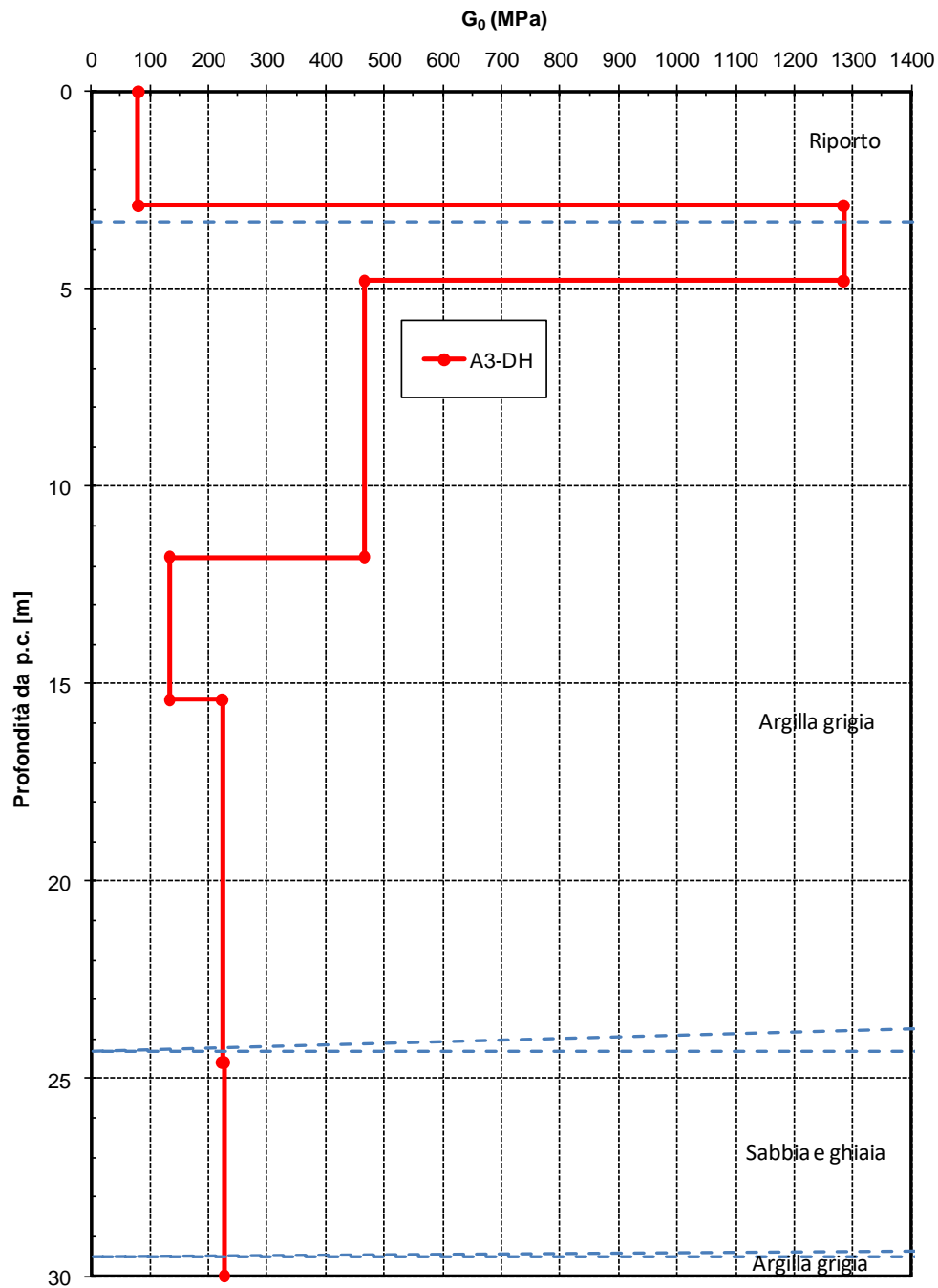


Figura 12: Modulo di deformazione a taglio iniziale da prova Down-Hole in foro A3



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

37 di 151

### Modulo di deformazione di Young iniziale $E_0$ da prova Down-hole

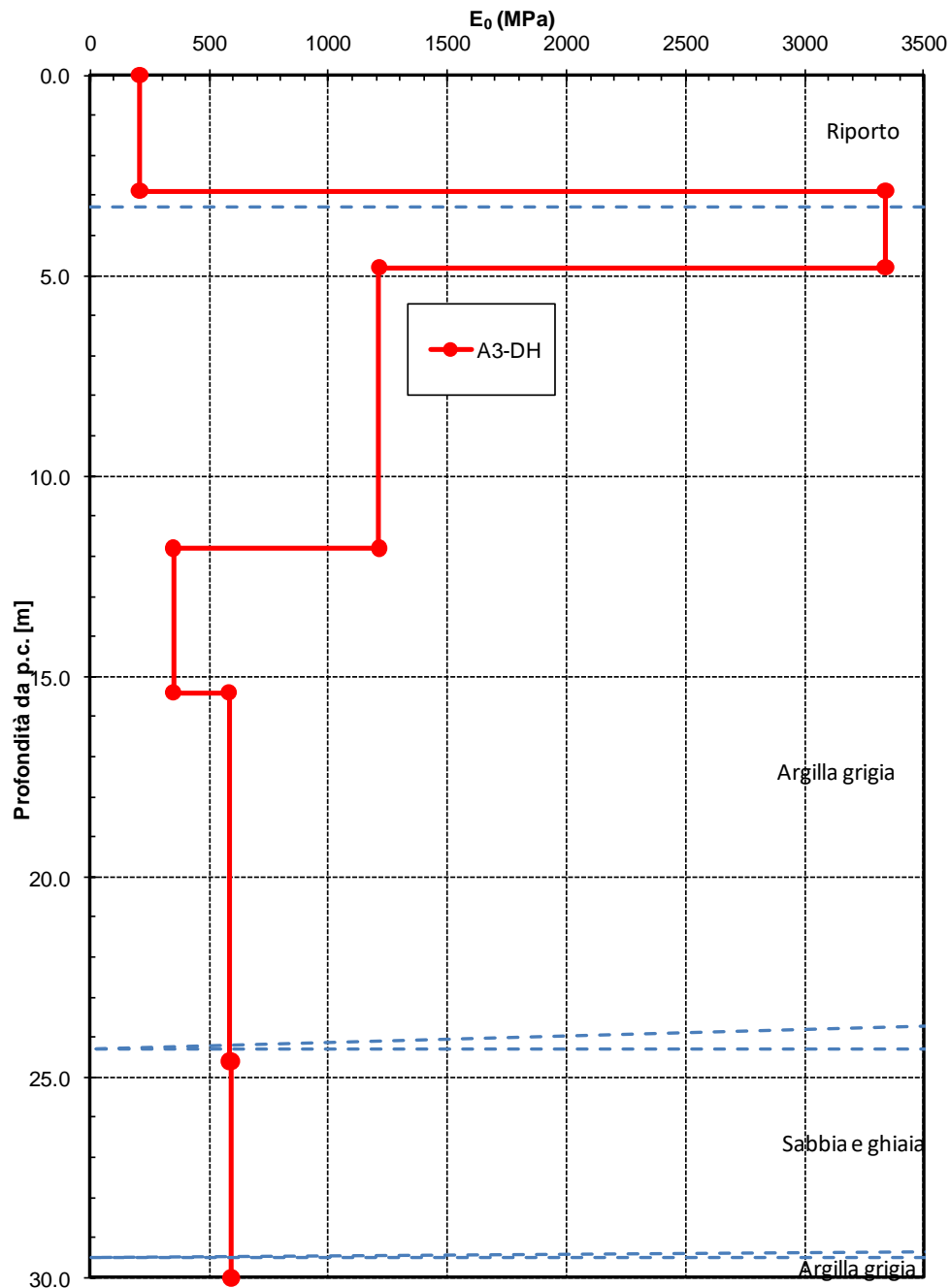


Figura 13: Modulo di deformazione elastico iniziale da prova Down- Hole in foro A3



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO  
38 di 151

### Granulometria unità PiL

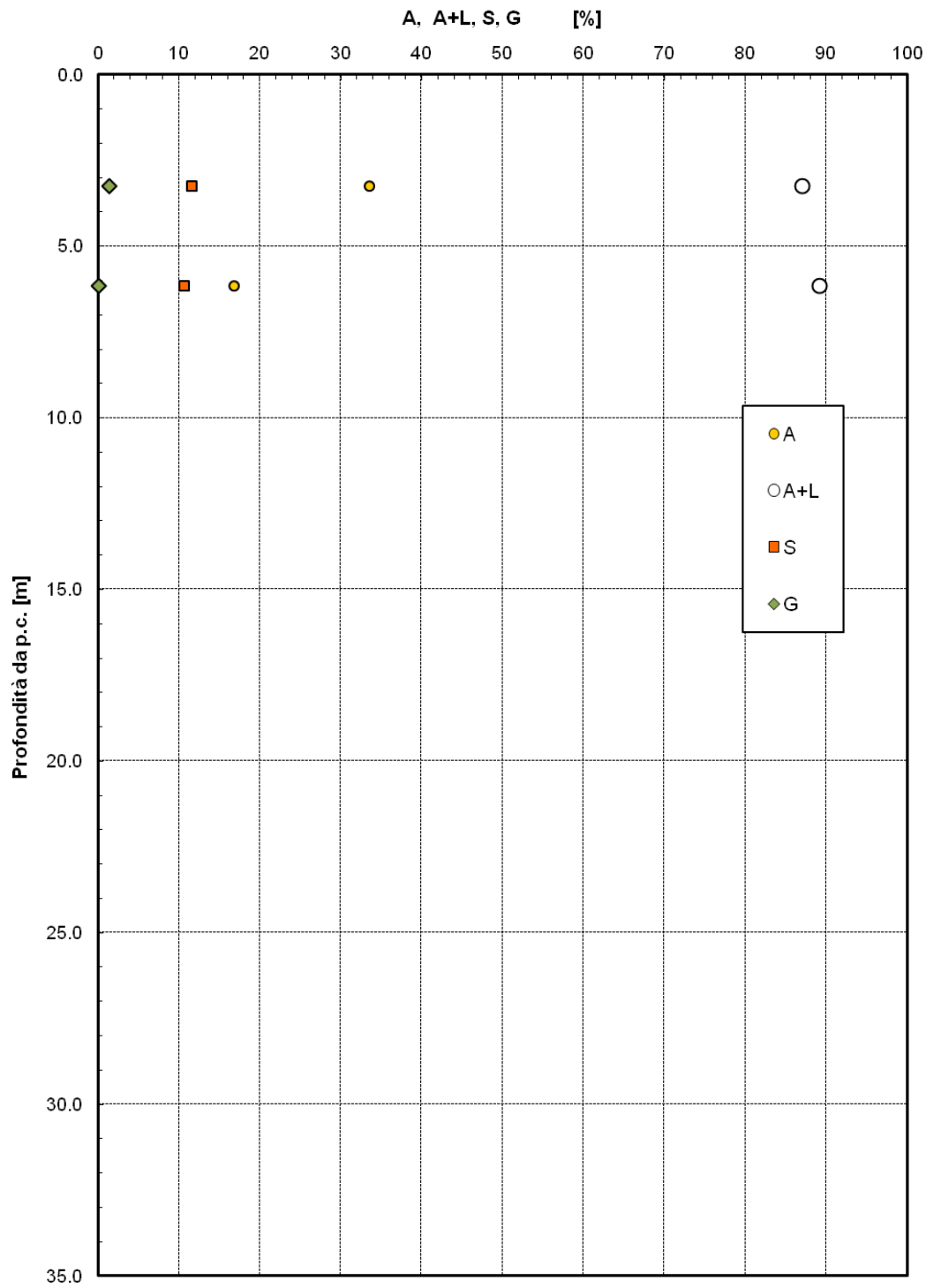


Figura 14: Granulometria unità PiL



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO  
39 di 151

### Granulometria unità Ag

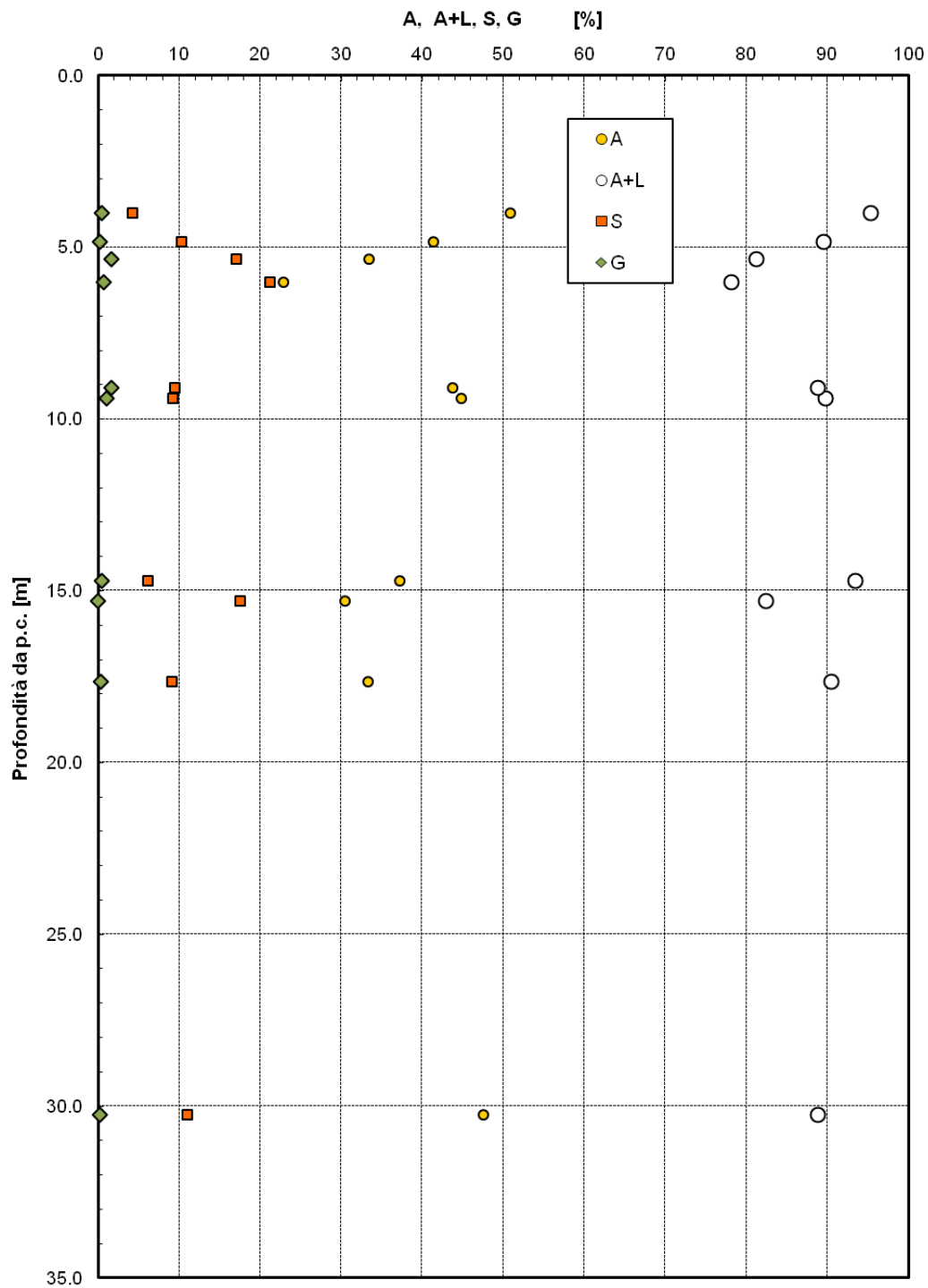


Figura 15: Granulometria unità Ag



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO  
40 di 151

### Peso di volume naturale

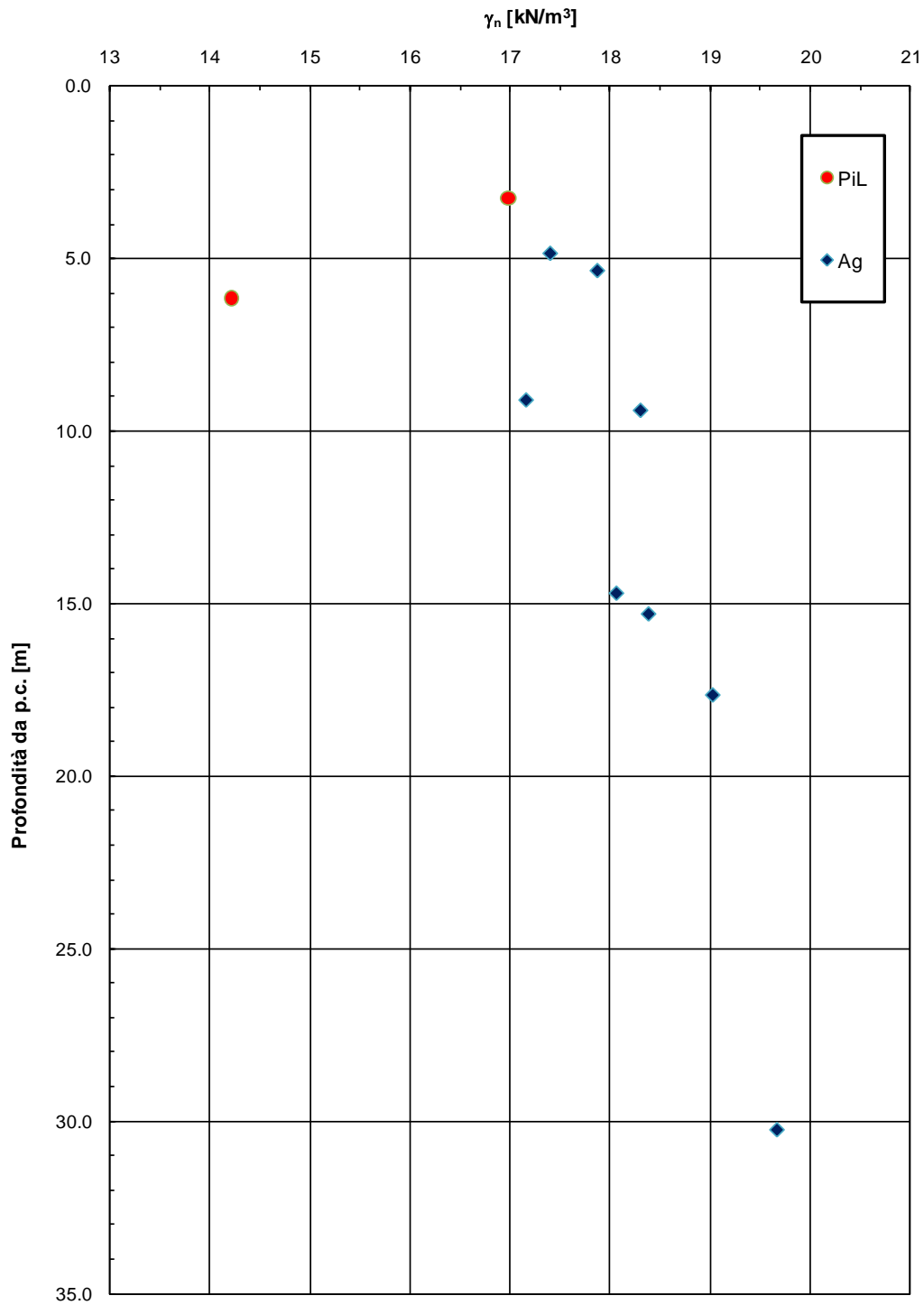


Figura 16: Peso di volume naturale





*Limiti di Atterberg e contenuto naturale d'acqua*

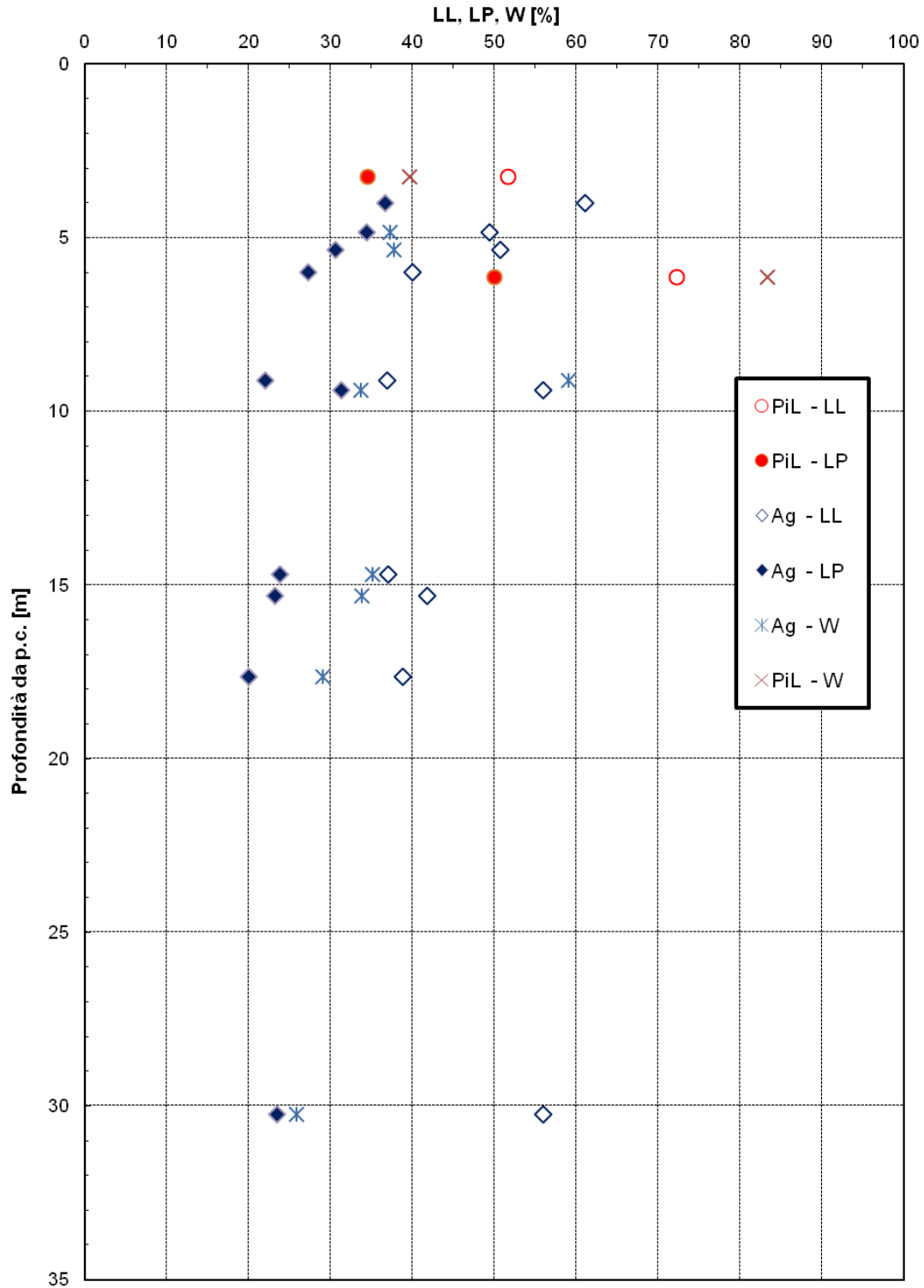


Figura 17: Limiti di Atterberg e contenuto d'acqua naturale



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

42 di 151

Carta di Plasticità di Casagrande

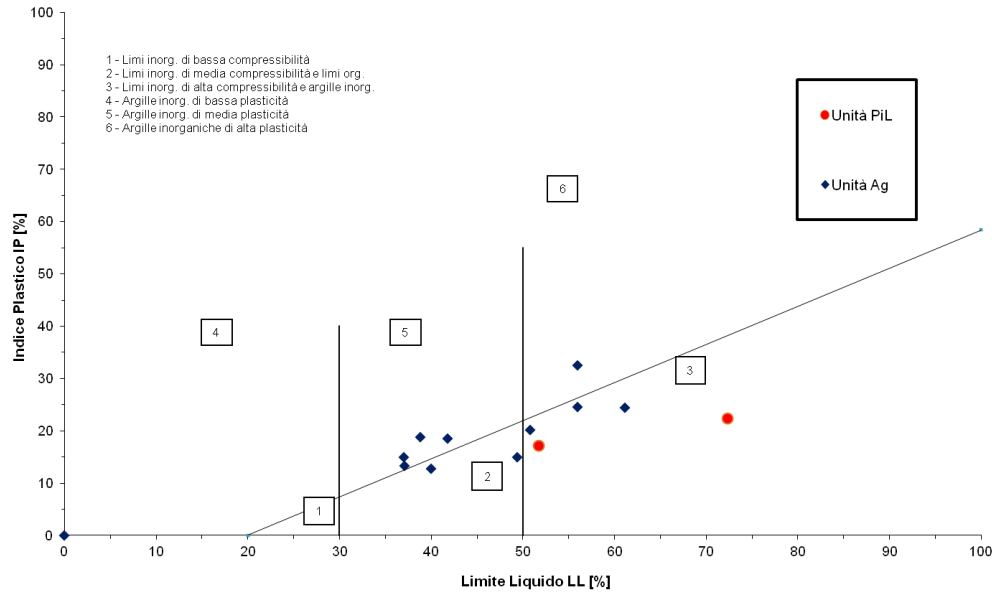


Figura 18: Carta di plasticità di Casagrande

Andamento della coesione e dell'angolo di resistenza al taglio

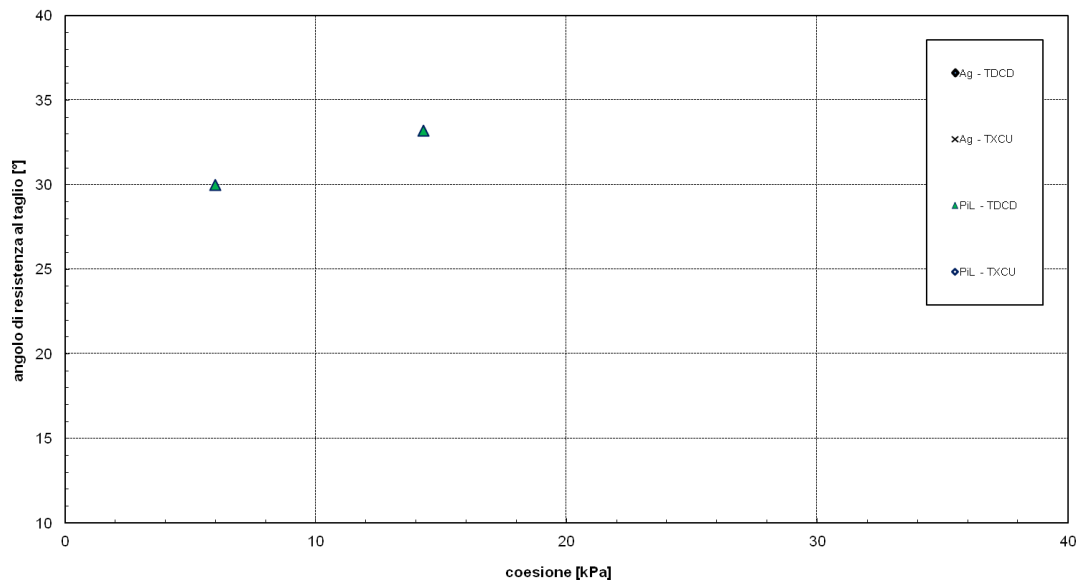


Figura 19: Angolo di resistenza al taglio e coesione drenata



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

43 di 151

### Andamento dell'indice plastico

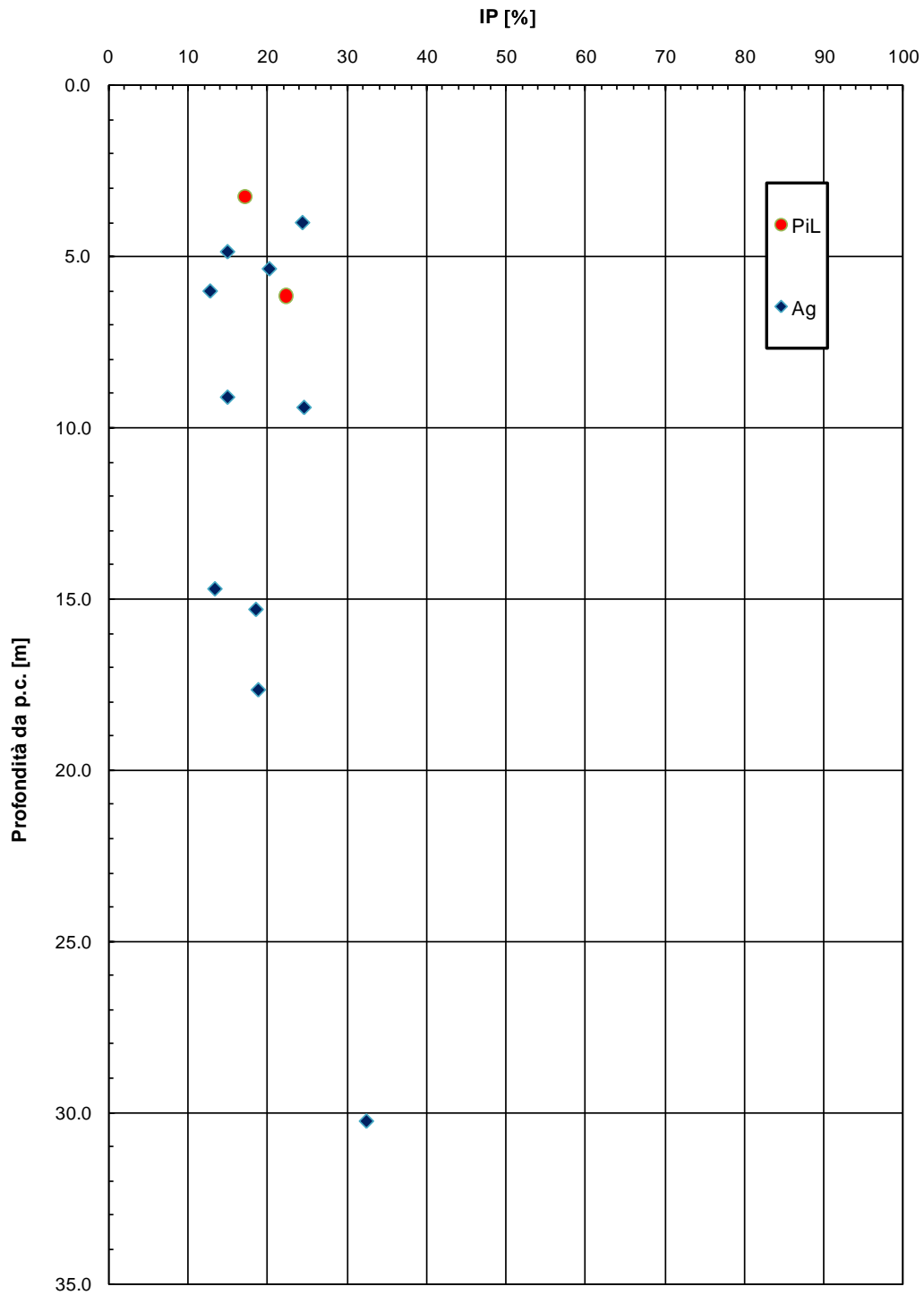


Figura 20: Andamento dell'indice plastico



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

44 di 151

### Andamento dell'indice di consistenza

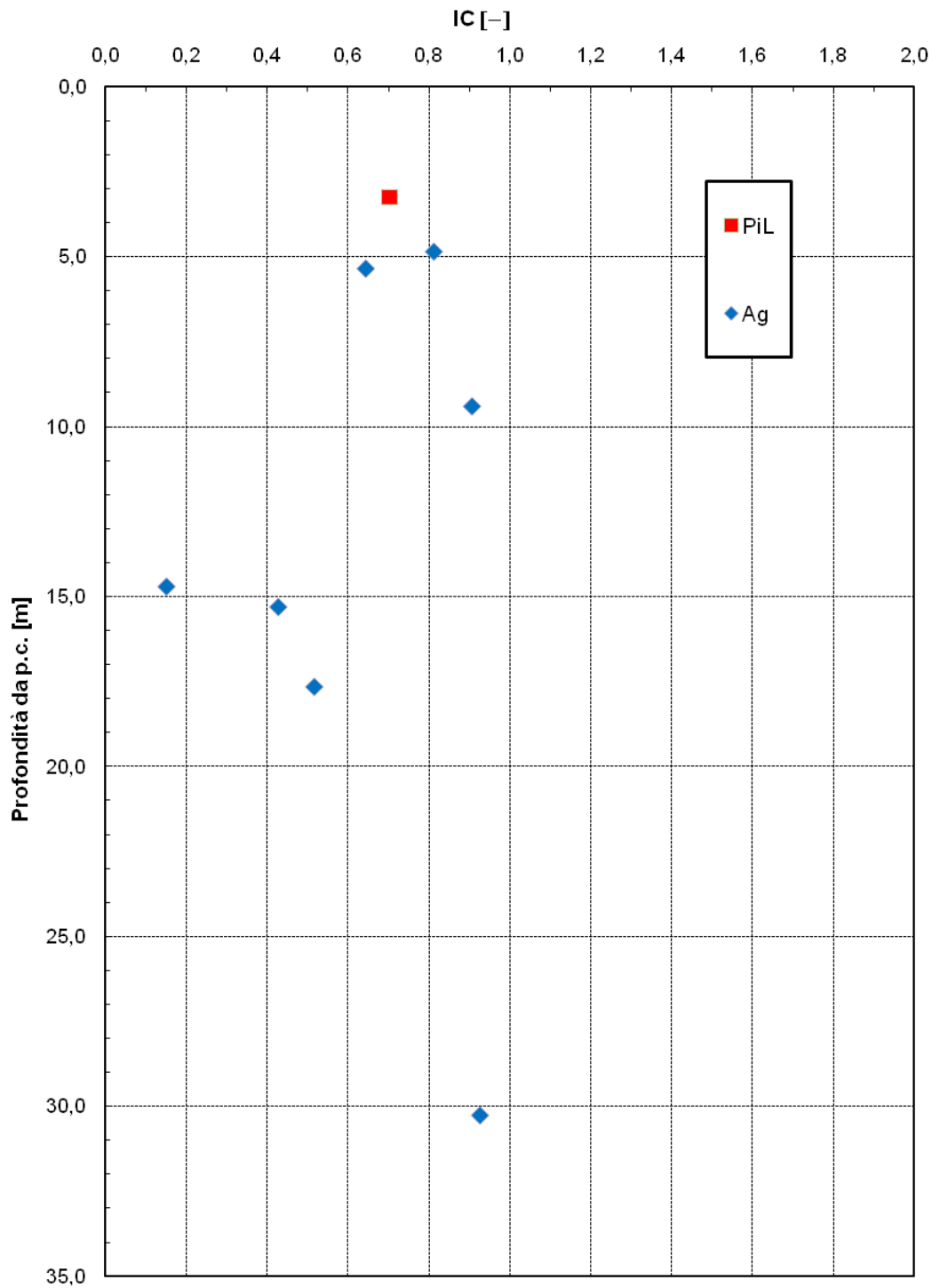


Figura 21: Andamento dell'indice di consistenza



### Andamento della resistenza al taglio non drenata

cu [kPa]

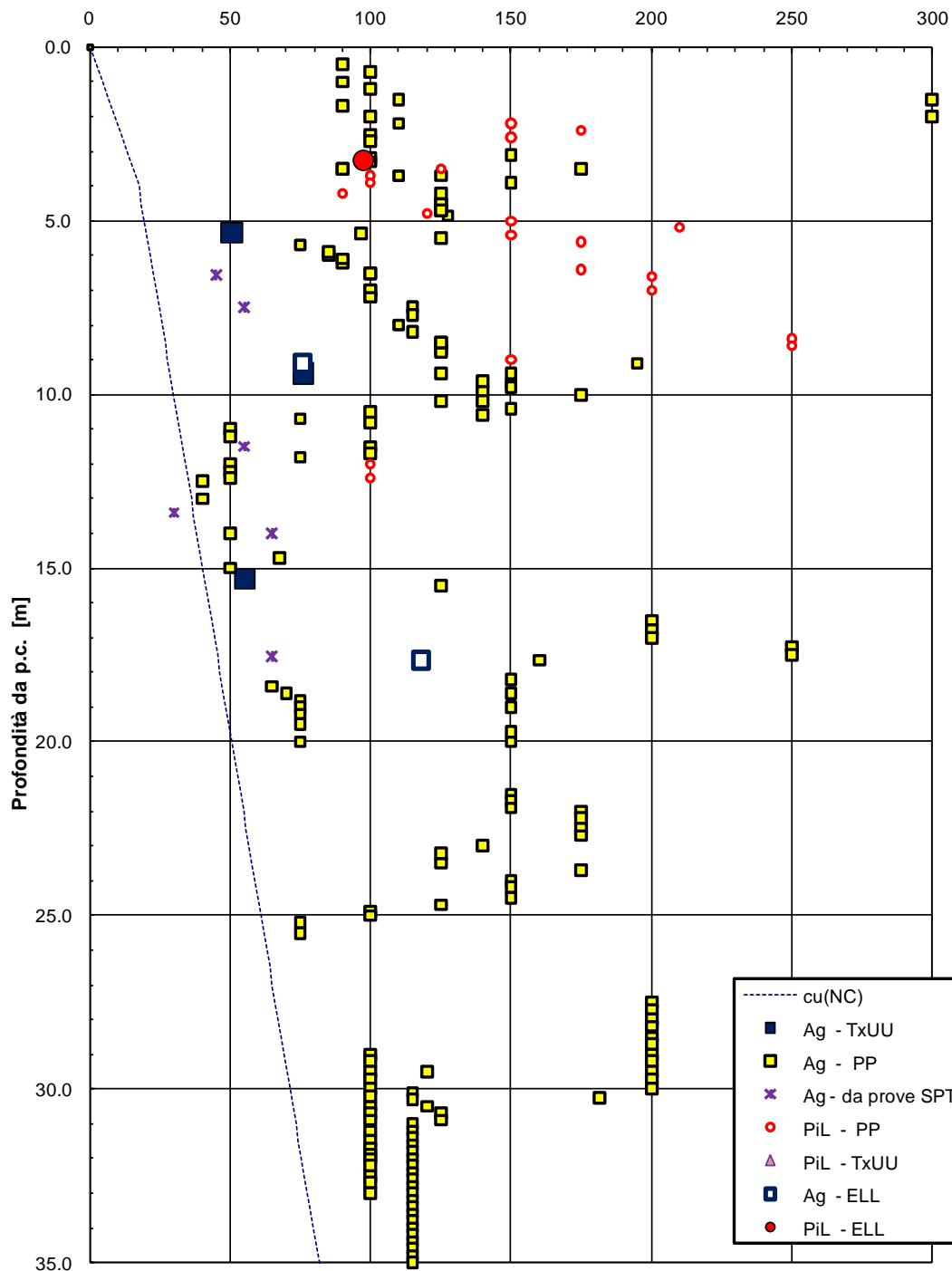


Figura 22: Resistenza al taglio non drenata



**Grado di sovraconsolidazione**

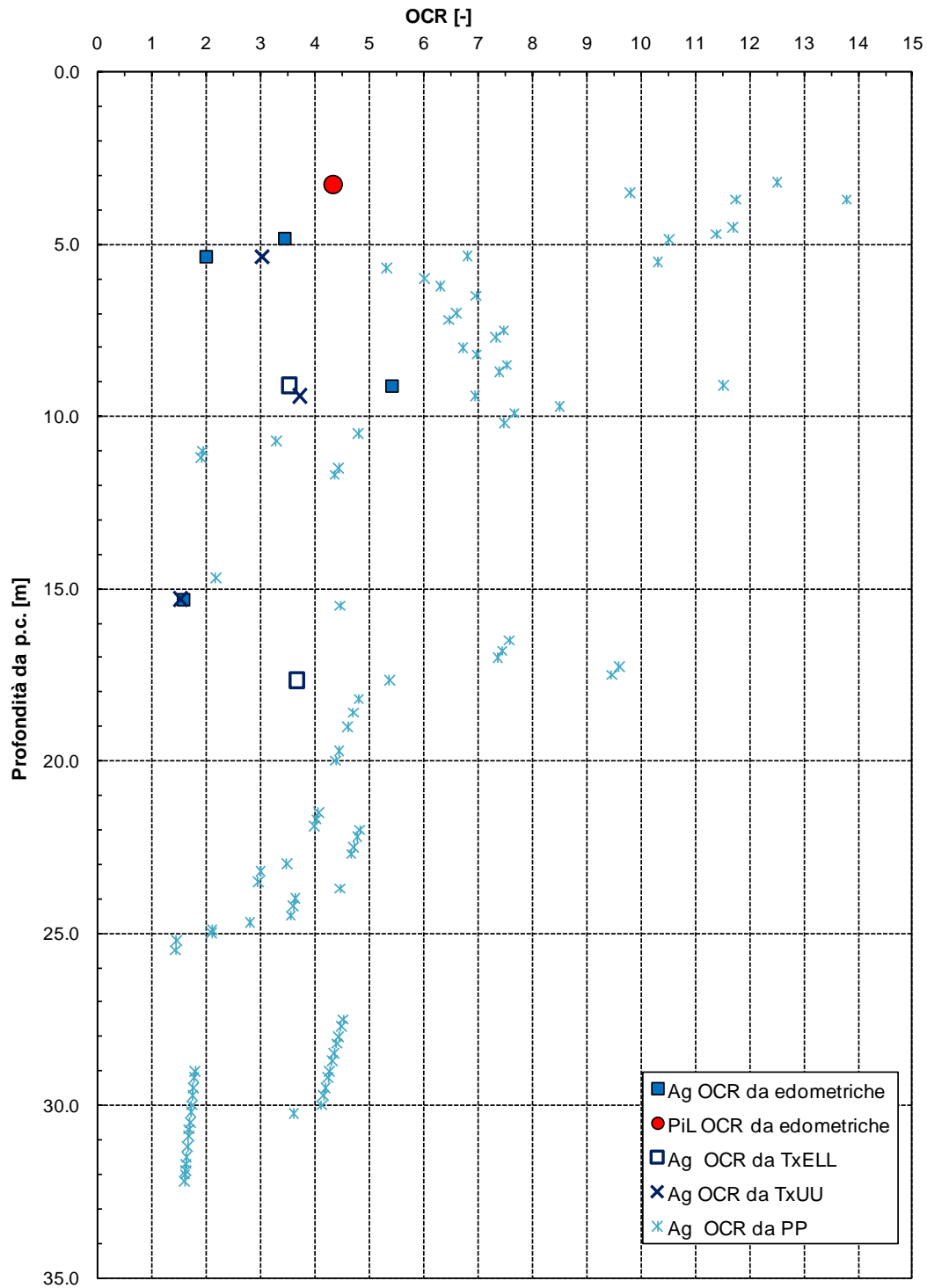


Figura 23: Grado di sovraconsolidazione



### Modulo di deformazione confinato

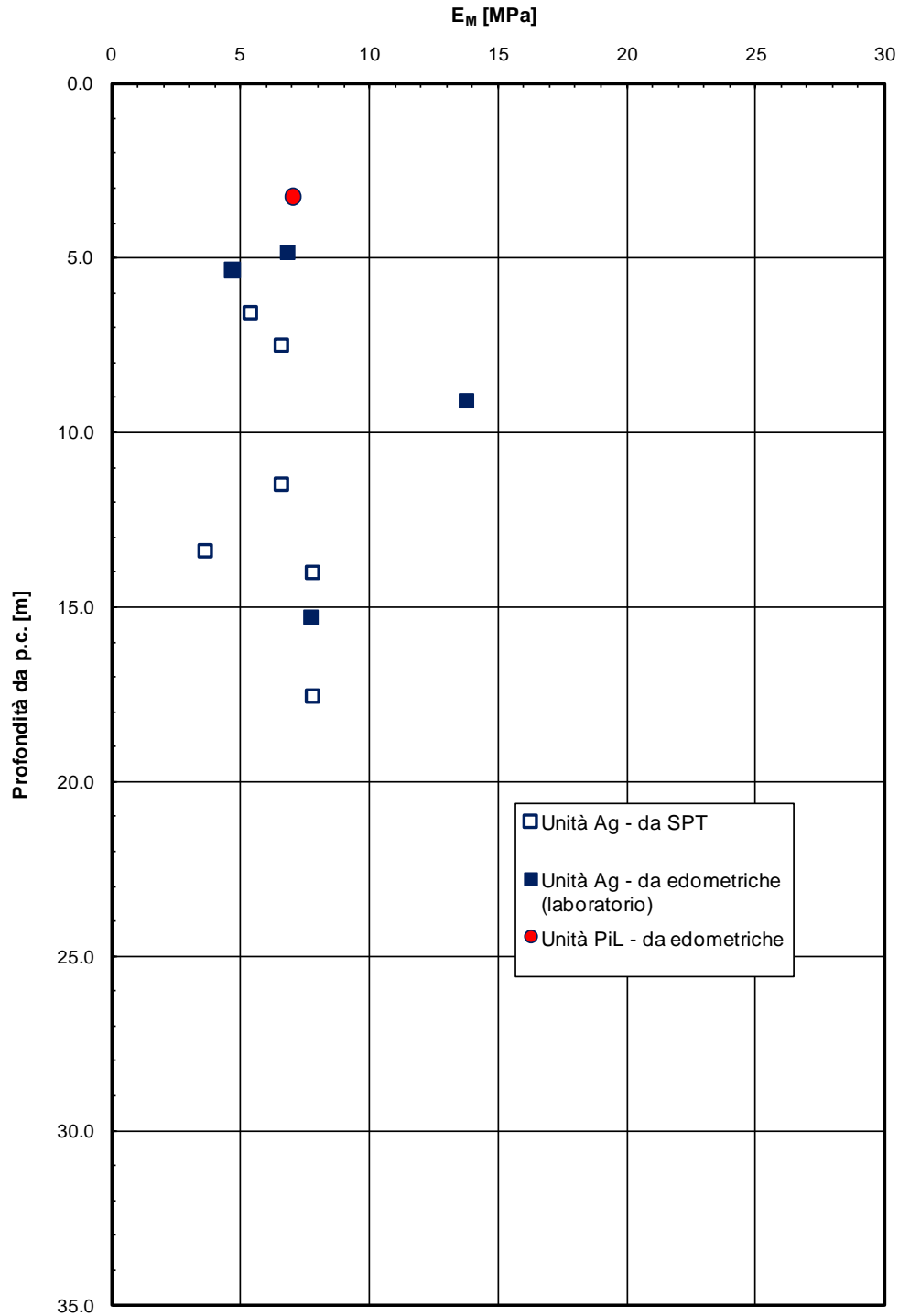


Figura 24: Modulo edometrico



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

48 di 151

### Coefficiente di consolidazione verticale

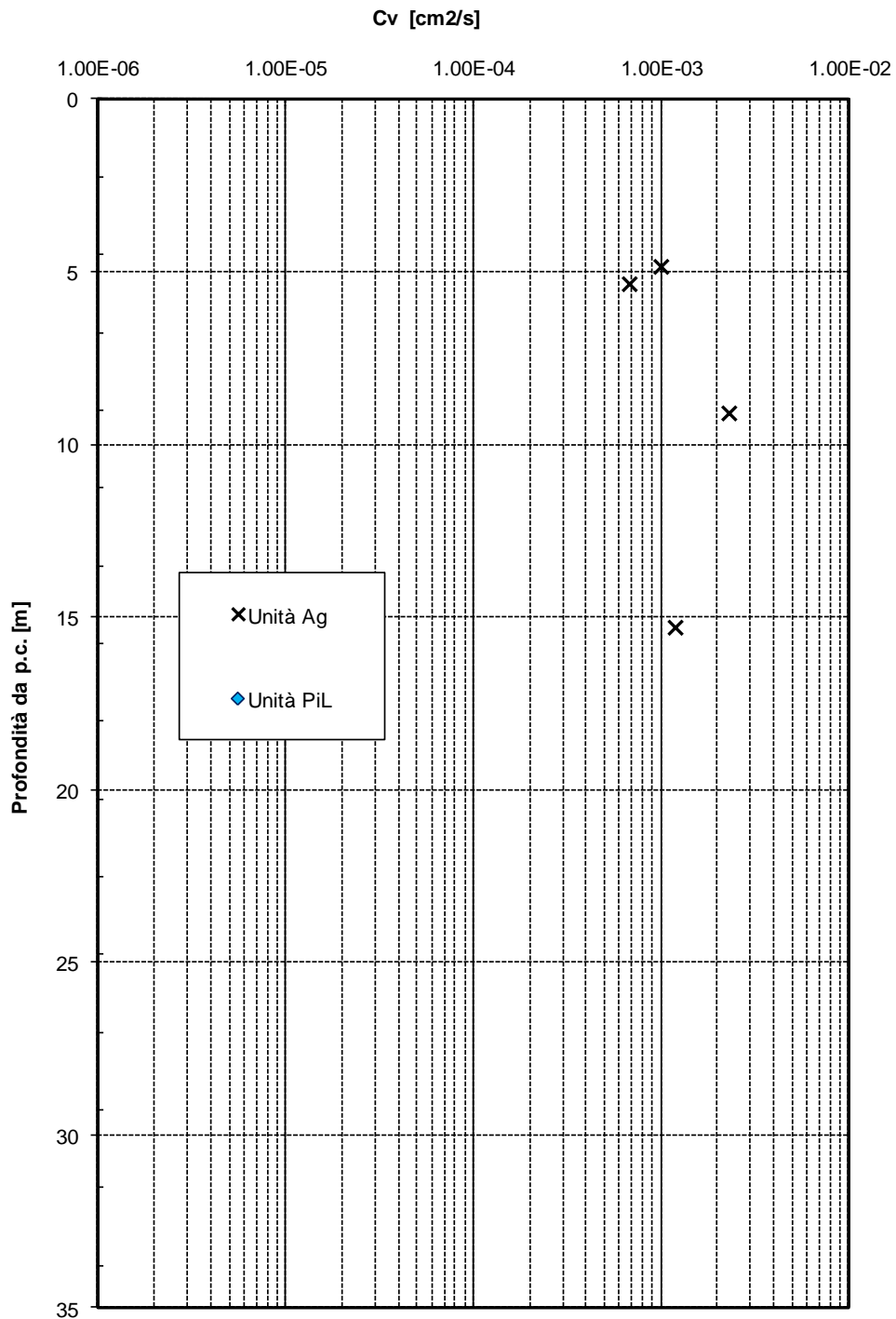


Figura 25: Coefficiente di consolidazione verticale da prova edometrica



**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

**AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE**  
 Lavori di Potenziamento dello  
 Svincolo Tiburtina  
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

49 di 151

## 5. OPERE D'ARTE MAGGIORI

Le opere d'arte maggiori del presente progetto comprendono un cavalcavia per la rampa nord ed un sottovia per l'intersezione fra il GRA e via Tiburtina. Nel presente documento si riporta la caratterizzazione geotecnica delle opere principali e le curve di capacità portante per le fondazioni profonde previste per le opere maggiori. I dimensionamenti delle fondazioni sono oggetto di apposito documento a cui si rimanda.

Inoltre nelle rampe sud che si sviluppano prevalentemente su rilevati sono presenti alcuni muri. Il dimensionamento di suddetti muri sarà oggetto di apposita relazione; la stratigrafia di riferimento è osservabile dalle sezioni stratigrafiche di progetto (vedasi 0, 0, 0), dove sono mostrate le indagini eseguite e le correlazioni stratigrafiche.

### 5.1 CAVALCAVIA

Il cavalcavia della rampa nord sarà costituito da 6 pile e due spalle con fondazione su pali trivellati di diametro D=1200 mm.

In corrispondenza dell'opera sono state eseguite le seguenti indagini:

- Campagna 2011: sondaggi A3 e A2;
- Campagne pregresse: 197L.

Le indagini hanno evidenziato la presenza di terreno di riporto (unità R) di natura vulcanica sabbioso limoso poco addensato nei primi 3 m circa. Poi terreni argilloso limosi scuri plastici di natura epivulcanica fino ai 13-16 m circa, ed a seguire le argille limose grigie (unità Ag) da consistenti a molto consistenti con intercalati strati/lenti di sabbia limosa con sparsa sostanza organica. Inoltre tra 23.6 e 29.5 si intercetta uno strato di sabbia ghiaiosa bianca travertinosa (unità SG) ben addensata.

I sondaggi del 2011 rilevano falda a 4.8 m da p.c..

Nella seguente tabella si sintetizza la stratigrafia ed i parametri geotecnici di progetto per il dimensionamento delle opere relative al cavalcavia.

| OPERA:   |      | CAVALCAVIA RAMP A NORD |                                       |                               |            |          |          |                               |           |                       |                    |              |
|--|------|------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|------------|----------|----------|-------------------------------|-----------|-----------------------|--------------------|--------------|
| STRATIGRAFIA   |      | profondità da p.c. [m] |                                       |                               |            |          |          |                               |           |                       |                    |              |
| Unità geotecnica   | da   | a                      | Descrizione litologica                | $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] | $\phi$ [°] | c' [kPa] | cu [kPa] | N <sub>SPT</sub> [colpi/30cm] | E'o [MPa] | E'op1 [MPa]           | E'op2 [MPa]        | Eu [MPa]     |
| R  | 0.0  | 3.0                    | Terreno di riporto                    | 18                            | 33         | 0        | -        | 5                             | 200       | E <sub>o</sub> /(4÷5) | E <sub>o</sub> /10 | -            |
| Ag   | 3.0  | 15.0                   | Argilla limosa di natura epivulcanica | 18                            | 26         | 5        | 50÷70    | 5-10                          | 350       | E <sub>o</sub> /(4÷5) | E <sub>o</sub> /15 | 600-cu       |
| Ag   | 15.0 | 24.0                   | Argilla grigia con livelli sabbiosi   | 19                            | 26         | 5÷10     | 50÷100   | 15-20                         | 350-500   | E <sub>o</sub> /(4÷5) | E <sub>o</sub> /15 | (400-500)-cu |
| SG   | 24.0 | 29.0                   | Sabbie e ghiaie                       | 19                            | 35         | 0        | -        | >30                           | 500       | E <sub>o</sub> /(4÷5) | E <sub>o</sub> /10 | -            |
| Ag   | 29.0 | 35.0                   | Argilla grigia                        | 19                            | 26         | 5÷10     | 100÷120  | -                             | 500       | E <sub>o</sub> /(4÷5) | E <sub>o</sub> /10 | (400-500)-cu |
| $\gamma$ = peso di volume naturale   |      |                        |                                       |                               |            |          |          |                               |           |                       |                    |              |
| $\phi$ = angolo di resistenza al taglio  |      |                        |                                       |                               |            |          |          |                               |           |                       |                    |              |
| c' = coesione drenata  |      |                        |                                       |                               |            |          |          |                               |           |                       |                    |              |
| cu = resistenza al taglio in condizioni non drenate  |      |                        |                                       |                               |            |          |          |                               |           |                       |                    |              |
| N <sub>SPT</sub> = numero di colpi da prova SPT  |      |                        |                                       |                               |            |          |          |                               |           |                       |                    |              |
| E <sub>o</sub> = modulo di deformazione elastico iniziale                                    |      |                        |                                       |                               |            |          |          |                               |           |                       |                    |              |
| E'op1 = modulo di deformazione elastico operativo per analisi di opere di sostegno (paratie) |      |                        |                                       |                               |            |          |          |                               |           |                       |                    |              |
| E'op2 = modulo di deformazione elastico operativo per analisi dei cedimenti                  |      |                        |                                       |                               |            |          |          |                               |           |                       |                    |              |
| Eu = modulo di deformazione in condizioni non drenate  |      |                        |                                       |                               |            |          |          |                               |           |                       |                    |              |
| Falda = 4.0 m da p.c. locale   |      |                        |                                       |                               |            |          |          |                               |           |                       |                    |              |

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

**AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE**  
 Lavori di Potenziamento dello  
 Svincolo Tiburtina  
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

50 di 151

## 5.2 SOTTOVIA

Il sottovia sarà costituito da 1 pila e due spalle di cui una spalla con fondazione su pali trivellati di diametro  $D=1200$  mm e la pila e l'altra spalla con fondazione su micropali.

In corrispondenza dell'opera sono state eseguite le seguenti indagini:

- Campagna 2011: sondaggio A1;
- Campagne pregresse: 192L.

Le indagini hanno evidenziato la presenza di terreno di riporto (unità R) di natura vulcanica sabbioso limoso poco addensato nei primi 2 m circa. Poi segue piroclastite a luoghi limosa (unità PiL) a luoghi sabbiosa (unità PiS), talvolta pseudo coerente fino a 7.5 m. Successivamente si intercetta uno strato di sabbia ghiaiosa bianca travertinosa (unità SG) che poggia su argilla limosa grigia (unità Ag) da consistente a molto consistente.

I sondaggi hanno rilevato falda massima a 4 m dal p.c..

Nella seguente tabella si sintetizza la stratigrafia ed i parametri geotecnici di progetto per il dimensionamento delle opere relative al sottovia.

| OPERA:  |      | SOTTOVIA TIBURTINA     |                                  |                               |            |            |             |                        |             |                  |                  |             |
|---|------|------------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------|------------|-------------|------------------------|-------------|------------------|------------------|-------------|
| STRATIGRAFIA  |      | profondità da p.c. [m] |                                  |                               |            |            |             |                        |             |                  |                  |             |
| Unità geotecnica  | da   | a                      | Descrizione litologica           | $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] | $\phi$ [°] | $c'$ [kPa] | $c_u$ [kPa] | $N_{SPT}$ [colpi/30cm] | $E_o$ [MPa] | $E'_{op1}$ [MPa] | $E'_{op2}$ [MPa] | $E_u$ [MPa] |
| R/Pi  | 0.0  | 7.5                    | Terreno di riporto, Piroclastite | 17                            | 33         | 0          | -           | 25                     | 150-200     | $E_o/(4+5)$      | $E_o/10$         | -           |
| SG  | 7.5  | 15.5                   | Sabbie e ghiaie                  | 19                            | 35         | 0          | -           | 30                     | 250         | $E_o/(4+5)$      | $E_o/11$         | -           |
| Ag  | 15.5 | 30.0                   | Argilla grigia                   | 19                            | 26         | 5÷10       | 150         | -                      | 500         | $E_o/(4+5)$      | $E_o/12$         | 400-cu      |
| $\gamma$ = peso di volume naturale  |      |                        |                                  |                               |            |            |             |                        |             |                  |                  |             |
| $\phi$ = angolo di resistenza al taglio   |      |                        |                                  |                               |            |            |             |                        |             |                  |                  |             |
| $c'$ = coesione drenata   |      |                        |                                  |                               |            |            |             |                        |             |                  |                  |             |
| $c_u$ = resistenza al taglio in condizioni non drenate  |      |                        |                                  |                               |            |            |             |                        |             |                  |                  |             |
| $N_{SPT}$ = numero di colpi da prova SPT  |      |                        |                                  |                               |            |            |             |                        |             |                  |                  |             |
| $E_o$ = modulo di deformazione elastico iniziale  |      |                        |                                  |                               |            |            |             |                        |             |                  |                  |             |
| $E'_{op1}$ = modulo di deformazione elastico operativo per analisi di opere di sostegno (paratie) |      |                        |                                  |                               |            |            |             |                        |             |                  |                  |             |
| $E'_{op2}$ = modulo di deformazione elastico operativo per analisi dei cedimenti                  |      |                        |                                  |                               |            |            |             |                        |             |                  |                  |             |
| $E_u$ = modulo di deformazione in condizioni non drenate  |      |                        |                                  |                               |            |            |             |                        |             |                  |                  |             |
| Falda = 4.0 m da p.c. locale  |      |                        |                                  |                               |            |            |             |                        |             |                  |                  |             |



## 6. CAPACITA' PORTANTE DI PALI E MICROPALI

### 6.1 METODOLOGIE DI CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE PALI

Nel presente paragrafo si riportano le metodologie di calcolo ed i valori della capacità portante per i pali D=1200 mm previsti per il sottovia ed il cavalcavia del presente progetto.

#### 6.1.1 Analisi agli stati limite

Le verifiche di capacità portante dei pali vengono svolte secondo la metodologia degli stati limite ultimi, in accordo alla normativa vigente ([NT1]). La verifica della capacità portante dei pali è soddisfatta se:

$$F_{cd} < R_{cd}$$

essendo

$$R_{cd} = R_k / \gamma_R$$

dove:

$F_{cd}$  = carico assiale di compressione di progetto;

$R_{cd}$  = capacità portante di progetto nei confronti dei carichi assiali;

$R_k$  = valore caratteristico della capacità portante limite del palo.

In particolare le verifiche di capacità portante dei pali agli stati limite ultimi (SLU) vengono condotte con riferimento a:

**Approccio 2:** A1 + M1 + R3

tenendo conto dei coefficienti parziali di riferimento normativo ([NT1]).

La resistenza di progetto a compressione  $R_{c,d}$  è calcolata applicando al valore caratteristico della resistenza  $R_{c,k}$  i coefficienti parziali  $\gamma_R$  riportati in tabella seguente, relativi alla condizione di pali trivellati. Il valore caratteristico della resistenza  $R_{c,k}$  a compressione è ottenuto applicando i fattori di correlazione  $\xi_3$  e  $\xi_4$  (vedasi tabella seguente) alle resistenze di calcolo  $R_{cal}$ ; tali fattori sono funzione del numero di verticali d'indagine rappresentative. Per il caso in esame si considera  $\xi_3$  pari a 1.4.

**Tabella 4 Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche**

| Resistenza               | Simbolo       | Pali infissi |      |      | Pali trivellati |      |      | Pali ad elica continua |      |      |
|--------------------------|---------------|--------------|------|------|-----------------|------|------|------------------------|------|------|
|                          |               | (R1)         | (R2) | (R3) | (R1)            | (R2) | (R3) | (R1)                   | (R2) | (R3) |
| Base                     | $\gamma_b$    | 1,0          | 1,45 | 1,15 | 1,0             | 1,7  | 1,35 | 1,0                    | 1,6  | 1,3  |
| Laterale in compressione | $\gamma_s$    | 1,0          | 1,45 | 1,15 | 1,0             | 1,45 | 1,15 | 1,0                    | 1,45 | 1,15 |
| Totale (*)               | $\gamma_t$    | 1,0          | 1,45 | 1,15 | 1,0             | 1,6  | 1,30 | 1,0                    | 1,55 | 1,25 |
| Laterale in trazione     | $\gamma_{st}$ | 1,0          | 1,6  | 1,25 | 1,0             | 1,6  | 1,25 | 1,0                    | 1,6  | 1,25 |

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

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

**Tabella 5 Fattori di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali d'indagine**

| Numero di verticali indagate | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 7    | $\geq 10$ |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| $\xi_3$                      | 1,70 | 1,65 | 1,60 | 1,55 | 1,50 | 1,45 | 1,40      |
| $\xi_4$                      | 1,70 | 1,55 | 1,48 | 1,42 | 1,34 | 1,28 | 1,21      |

## 6.1.2 Metodologia di calcolo

La portata di progetto di un palo trivellato (eseguito con completa asportazione del terreno) "Qd" può essere espressa dalla seguente relazione:

$$Qd = Qll / F_{SL} + Qbl / F_{SB} - W'_p$$

dove:

Qll = portata laterale limite,

Qbl = portata di base limite,

$W'_p$  = peso efficace del palo (al netto del peso del terreno asportato),

$F_{SL}$  = fattore di sicurezza per la portata laterale.

$F_{SB}$  = fattore di sicurezza per la portata di base.

### Portata laterale

La portata laterale limite viene valutata con la seguente relazione:

$$Qll = \pi \cdot D \cdot \sum_i (\tau_i \cdot h_i)$$



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

53 di 151

dove:

D = diametro palo,

$\tau_i$  = tensione di adesione laterale limite nello strato i-esimo,

$h_i$  = altezza dello strato i-esimo.

### Depositi incoerenti

La tensione tangenziale ultima lungo il fusto del palo, in accordo ad esempio a Burland [1973], Reese & O'Neill [1988], Chen & Kulhawy [1994], O'Neill & Hassan [1994], può essere valutata con riferimento alla seguente espressione:

$$\tau_i = \beta \cdot \sigma'_v \leq \tau_{i,max}$$

dove:

$\sigma'_v$  = tensione verticale efficace litostatica,

$\beta$  = coefficiente empirico

$\tau_{i,max}$  = valore massimo dell'adesione laterale limite palo-terreno (pari a 100 kPa per terreni coesivi e pari a 150 kPa per terreni incoerenti).

Per i depositi incoerenti in esame si valuta  $\beta = k \cdot \tan \phi$ , essendo

K = coefficiente di pressione laterale = 0.7 (a compressione);

$\phi$  = angolo di attrito.

### Depositi coesivi

La tensione tangenziale per i terreni coesivi viene valutata con la seguente espressione:

$$\tau_i = \alpha \cdot c_u$$

Dove:

$c_u$  = resistenza al taglio in condizioni non drenate

$\alpha$  = parametro empirico assunto secondo quanto previsto dalle raccomandazioni AGI:

$\alpha = 0.9$  per  $c_u \leq 25$  kPa;

$\alpha = 0.8$  per  $25 < c_u \leq 50$  kPa;

$\alpha = 0.6$  per  $50 < c_u \leq 75$  kPa;

$\alpha = 0.4$  per  $c_u > 75$  kPa.



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

54 di 151

### **Portata di base**

Per la valutazione della portata di base limite sono state utilizzate le seguenti relazioni:

$$Q_{bl} = A_p \cdot q_{bl}$$

dove:

$A_p$  = area della base del palo,

$q_{bl}$  = portata limite specifica di base.

### Depositi incoerenti

Nel caso dei terreni incoerenti in esame si opta per la seguente relazione:

$$q_{bl} = 67 \cdot N_{SPT} \text{ kPa}$$

### Depositi coesivi

La portata di base limite nei terreni coesivi viene valutata con la seguente relazione:

$$q_b = 9 \cdot c_u \text{ [kPa]}$$

dove:

$c_u$  = resistenza al taglio non drenata [kPa].

Nel caso di terreni stratificati, costituiti da alternanze di strati di limi e argille e di sabbie e ghiaie, i criteri di valutazione delle portate laterali limite rimangono analoghi a quelli descritti precedentemente. In accordo a quanto discusso in Meyerhof (1976) la portata di base negli strati sabbioso-ghiaiosi andrà abbattuta rispetto a quella caratteristica dello strato supposto omogeneo. In pratica nel caso di terreno stratificato, la mobilitazione dell'intera resistenza di base disponibile è subordinato alla condizione che il palo penetri nello strato portante per almeno 3 diametri; viceversa mano a mano che la base del palo si avvicina ad uno strato inferiore di minore resistenza, la resistenza comincia a diminuire fino ad uguagliare al confine il valore che compete alla rottura dello strato più debole.

Il carico di progetto sul palo dovrà essere compatibile con le caratteristiche resistenti della sezione del palo.

## **6.2 METODOLOGIE DI CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE MICROPALI DI FONDAZIONE**

Nel presente paragrafo si riportano le metodologie seguite per il calcolo della portata laterale dei micropali di fondazione previsti per la pila ed una spalla del sottovia del presente progetto.

Il diametro di perforazione (diametro nominale) è di 300 mm, con testa micropalo a circa 1.5 m dal p.c. locale.



La fondazione dei micropali sarà eseguita con iniezione a gravità a bassa pressione dal fondo (IGU).

In considerazione delle caratteristiche tecnologiche delle iniezioni e della natura dei terreni, si valuta una tensione di adesione laterale limite fondazione-terreno riferita al diametro nominale di perforazione pari a:

$$\alpha\tau_{lim} = 120 \text{ kPa} \quad 0.0 \text{ m} \leq z \leq 7.5 \text{ m} - \text{Strato 1 (unità R/Pi)}$$

$$\alpha\tau_{lim} = 150 \text{ kPa} \quad 7.5 \text{ m} < z \leq 15.5 \text{ m} - \text{Strato 2 (unità SG)}$$

$$\alpha\tau_{lim} = 120 \text{ kPa} \quad z > 15.5 \text{ m} - \text{Strato 3 (unità Ag)}$$

dove  $z$  = profondità da piano campagna

Tale valore della tensione di aderenza limite è in accordo a quanto suggerito dalla teoria di Bustamante M. Doix B. (1985) per il caso in esame.

La portata di progetto del micropalo viene valutata in base alla seguente relazione, trascurando la portata di base:

$$N_d = (\pi \cdot D_p \cdot \alpha\tau_{lim} \cdot Lu) / FS$$

dove:

$D_p$  = diametro nominale di perforazione = 200 mm,

$\alpha\tau_{lim}$  = tensione laterale limite, valutata come sopra specificato.

$Lu$  = lunghezza utile tratto di micropalo su cui si sviluppa la portanza; cautelativamente si trascura la portanza nei primi 2 m di micropalo, quindi la lunghezza utile del micropalo è pari a  $Lu = L_p - 2.0 \text{ m}$  ( $L_p$  = lunghezza del micropalo).

$FS$  = fattore di sicurezza indicato da normativa vigente per ottenere dalla portata laterale limite la portata di progetto. La resistenza di progetto a compressione  $R_{d,c}$  è calcolata applicando al valore caratteristico della resistenza  $R_{k,c}$  i coefficienti parziali  $\gamma_R$  relativi alla condizione di pali trivellati (resistenza laterale in compressione  $\gamma_s = 1.15$ ). Il valore caratteristico della resistenza  $R_{k,c}$  è ottenuto applicando i fattori di correlazione  $\xi_3$  e  $\xi_4$  alle resistenze di calcolo  $R_{cal}$ ; tali fattori sono funzione del numero di verticali d'indagine rappresentative. Per il caso in esame si considera  $\xi_3$  pari a 1.4, relativo a 10 verticali d'indagine. Quindi per portata laterale  $FS = 1.61$ .

### 6.3 CAPACITÀ PORTANTE PALI CAVALCAVIA

Per le pile e le spalle del cavalcavia si prevedono pali  $D=1200 \text{ mm}$ ; nel presente paragrafo si riportano i valori della capacità portante, valutati con il programma di calcolo PAL (G. Guiducci) con le metodologie precedentemente espone. Gli elaborati numerici di calcolo completi restituiti vengono riportati in allegato 1, al quale si rimanda per maggiori dettagli.



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

56 di 151

I calcoli sono stati sviluppati con riferimento alla stratigrafia e ai parametri geotecnici di progetto riportati nella seguente tabella, considerando quota testa palo a 2.0 m dal p.c. locale.

La falda è stata considerata ad una profondità di 4.0 m da piano campagna.

Tabella 6– Stratigrafia e parametri geotecnici Cavalcavia

| OPERA:           | CAVALCAVIA TIBURTINA   |      |                        |                               |            |          |          |                               |
|------------------|------------------------|------|------------------------|-------------------------------|------------|----------|----------|-------------------------------|
| STRATIGRAFIA     | profondità da p.c. [m] |      |                        |                               |            |          |          |                               |
| Unità geotecnica | da                     | a    | Descrizione litologica | $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] | $\phi$ [°] | c' [kPa] | cu [kPa] | N <sub>SPT</sub> [colpi/30cm] |
| R                | 0.0                    | 3.0  | Terreno di riporto     | 17                            | 33         | 0        | -        | 5                             |
| Ag               | 3.0                    | 24.0 | Argilla grigia         | 18                            | 26         | 5÷10     | 50÷100   | -                             |
| SG               | 24.0                   | 29.0 | Sabbie e ghiaie        | 19                            | 35         | 0        | -        | 40                            |
| Ag               | 29.0                   | 40.0 | Argilla grigia         | 19                            | 26         | 5÷10     | 100÷120  | -                             |

Le curve di capacità portante dei pali aventi diametro D = 1200 mm sono riportate per l'Approccio 2 - A1+M1+R3 in Figura 26. Nella Tabella 7 sono riportati i valori numerici della portata di progetto per lo stato limite analizzato.





Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

57 di 151

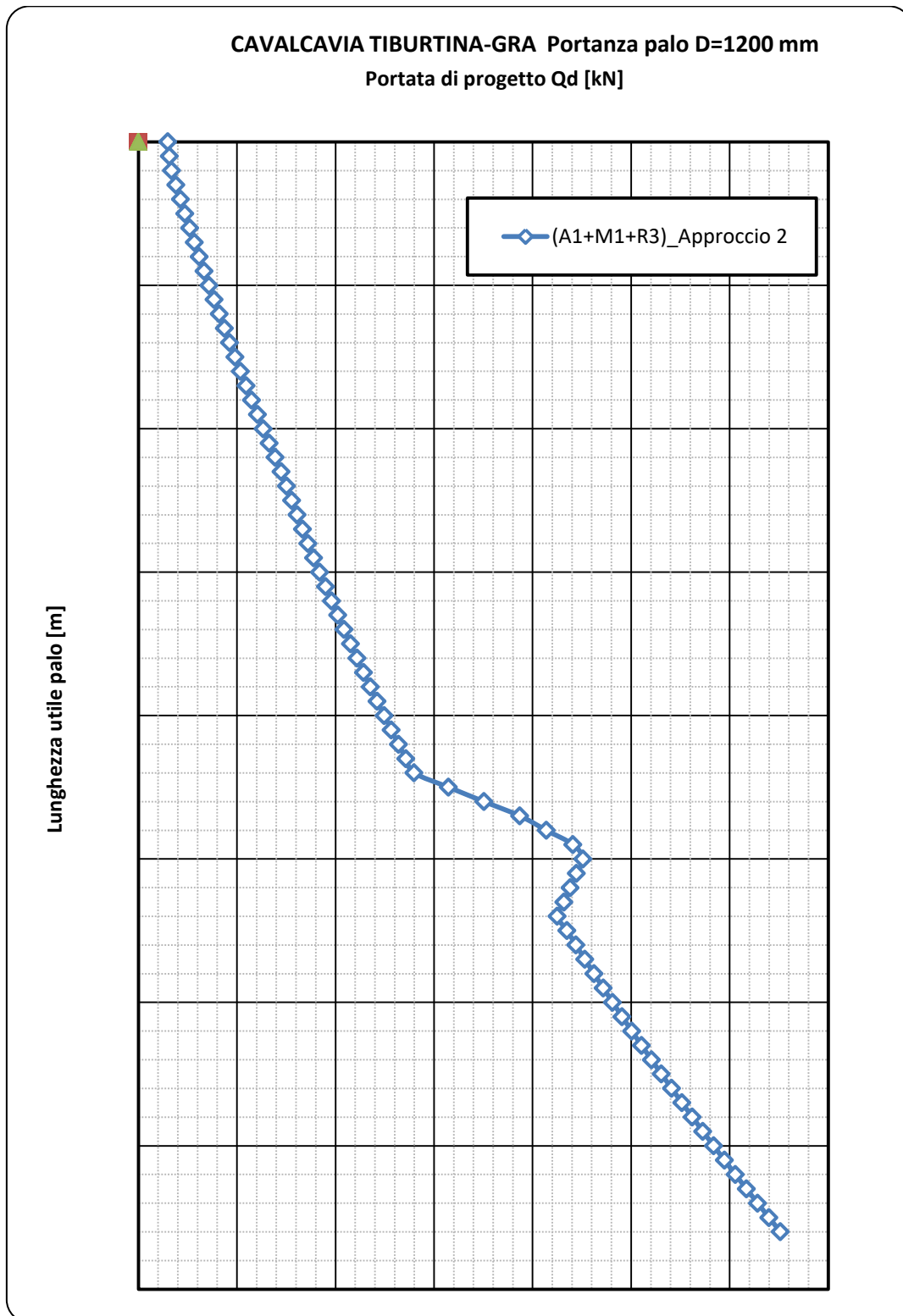


Figura 26: Curva di capacità portante cavalcavia Tiburtina

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

**AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE**

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

58 di 151

Tabella 7- Capacità portante cavalcavia Approccio 2 A1+M1+R3

| <b>(A1+M1+R3)_Approccio 2</b> |            |            |           |           |           |
|-------------------------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Lp</b>                     | <b>QII</b> | <b>Qbl</b> | <b>Wp</b> | <b>Qu</b> | <b>Qd</b> |
| <b>m</b>                      | <b>kN</b>  | <b>kN</b>  | <b>kN</b> | <b>kN</b> | <b>kN</b> |
| -----                         | -----      | -----      | -----     | -----     | -----     |
| 0                             | 0          | 565        | 0         | 565       | 299       |
| 0.5                           | 33         | 565        | 3         | 595       | 317       |
| 1                             | 74         | 565        | 6         | 634       | 339       |
| 1.5                           | 129        | 588        | 8         | 709       | 383       |
| 2                             | 188        | 610        | 11        | 787       | 428       |
| 2.5                           | 248        | 633        | 14        | 866       | 474       |
| 3                             | 309        | 655        | 17        | 947       | 522       |
| 3.5                           | 371        | 678        | 20        | 1029      | 569       |
| 4                             | 435        | 700        | 23        | 1113      | 618       |
| 4.5                           | 501        | 722        | 25        | 1198      | 668       |
| 5                             | 567        | 745        | 28        | 1284      | 718       |
| 5.5                           | 635        | 767        | 31        | 1372      | 770       |
| 6                             | 705        | 790        | 34        | 1460      | 822       |
| 6.5                           | 775        | 812        | 37        | 1551      | 874       |
| 7                             | 847        | 834        | 40        | 1642      | 928       |
| 7.5                           | 921        | 856        | 42        | 1735      | 983       |
| 8                             | 996        | 879        | 45        | 1829      | 1038      |
| 8.5                           | 1072       | 901        | 48        | 1925      | 1094      |
| 9                             | 1149       | 923        | 51        | 2021      | 1151      |
| 9.5                           | 1228       | 946        | 54        | 2120      | 1209      |
| 10                            | 1308       | 968        | 57        | 2219      | 1268      |
| 10.5                          | 1389       | 990        | 59        | 2320      | 1328      |
| 11                            | 1472       | 1013       | 62        | 2423      | 1388      |
| 11.5                          | 1556       | 1035       | 65        | 2526      | 1449      |
| 12                            | 1630       | 1057       | 68        | 2619      | 1504      |
| 12.5                          | 1701       | 1079       | 71        | 2710      | 1557      |
| 13                            | 1774       | 1102       | 74        | 2802      | 1611      |
| 13.5                          | 1849       | 1124       | 76        | 2897      | 1667      |
| 14                            | 1926       | 1146       | 79        | 2993      | 1723      |
| 14.5                          | 2004       | 1169       | 82        | 3091      | 1781      |
| 15                            | 2085       | 1191       | 85        | 3191      | 1840      |
| 15.5                          | 2167       | 1213       | 88        | 3293      | 1900      |
| 16                            | 2252       | 1236       | 90        | 3397      | 1962      |
| 16.5                          | 2338       | 1258       | 93        | 3502      | 2024      |
| 17                            | 2426       | 1280       | 96        | 3610      | 2088      |
| 17.5                          | 2516       | 1302       | 99        | 3720      | 2153      |
| 18                            | 2608       | 1325       | 102       | 3831      | 2219      |
| 18.5                          | 2702       | 1347       | 105       | 3944      | 2286      |
| 19                            | 2797       | 1369       | 107       | 4059      | 2355      |
| 19.5                          | 2895       | 1392       | 110       | 4176      | 2424      |
| 20                            | 2994       | 1414       | 113       | 4295      | 2495      |
| 20.5                          | 3096       | 1436       | 116       | 4416      | 2567      |
| 21                            | 3199       | 1458       | 119       | 4539      | 2640      |
| 21.5                          | 3304       | 1481       | 122       | 4663      | 2714      |



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

59 di 151

| <b>(A1+M1+R3)_Approccio 2</b> |            |            |           |           |           |
|-------------------------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Lp</b>                     | <b>Qll</b> | <b>Qbl</b> | <b>Wp</b> | <b>Qu</b> | <b>Qd</b> |
| <b>m</b>                      | <b>kN</b>  | <b>kN</b>  | <b>kN</b> | <b>kN</b> | <b>kN</b> |
| -----                         | -----      | -----      | -----     | -----     | -----     |
| 22                            | 3424       | 1503       | 124       | 4803      | 2798      |
| 22                            | 3424       | 1503       | 124       | 4803      | 2798      |
| 22.5                          | 3625       | 1935       | 127       | 5432      | 3148      |
| 23                            | 3842       | 2366       | 130       | 6079      | 3508      |
| 23.5                          | 4064       | 2798       | 133       | 6729      | 3872      |
| 24                            | 4291       | 3044       | 136       | 7199      | 4140      |
| 24.5                          | 4521       | 3291       | 139       | 7673      | 4411      |
| 25                            | 4755       | 3214       | 141       | 7828      | 4513      |
| 25.5                          | 4994       | 2813       | 144       | 7663      | 4446      |
| 26                            | 5237       | 2412       | 147       | 7502      | 4382      |
| 26.5                          | 5484       | 2011       | 150       | 7345      | 4320      |
| 27                            | 5719       | 1611       | 153       | 7177      | 4252      |
| 27.5                          | 5865       | 1631       | 156       | 7340      | 4350      |
| 28                            | 5997       | 1651       | 158       | 7489      | 4440      |
| 28.5                          | 6132       | 1670       | 161       | 7641      | 4531      |
| 29                            | 6268       | 1690       | 164       | 7795      | 4624      |
| 29.5                          | 6407       | 1710       | 167       | 7950      | 4718      |
| 30                            | 6547       | 1730       | 170       | 8108      | 4813      |
| 30.5                          | 6690       | 1750       | 172       | 8268      | 4909      |
| 31                            | 6835       | 1770       | 175       | 8431      | 5007      |
| 31.5                          | 6983       | 1790       | 178       | 8595      | 5106      |
| 32                            | 7132       | 1810       | 181       | 8761      | 5207      |
| 32.5                          | 7283       | 1830       | 184       | 8930      | 5308      |
| 33                            | 7437       | 1850       | 187       | 9101      | 5412      |
| 33.5                          | 7592       | 1870       | 189       | 9273      | 5516      |
| 34                            | 7750       | 1890       | 192       | 9448      | 5622      |
| 34.5                          | 7910       | 1910       | 195       | 9625      | 5729      |
| 35                            | 8072       | 1930       | 198       | 9805      | 5837      |
| 35.5                          | 8236       | 1950       | 201       | 9986      | 5947      |
| 36                            | 8402       | 1970       | 204       | 10169     | 6058      |
| 36.5                          | 8571       | 1990       | 206       | 10355     | 6170      |
| 37                            | 8741       | 2010       | 209       | 10542     | 6284      |
| 37.5                          | 8914       | 2030       | 212       | 10732     | 6399      |
| 38                            | 9088       | 2050       | 215       | 10924     | 6515      |

Lp = Lunghezza utile del palo

Qll = Portata laterale limite

Qbl = Portata di base limite

Wp = Peso efficace del palo

Qu = Portata totale limite

Qd = Portata di progetto =  $Qll/FS,l + Qbl/FS,b - Wp$

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

**AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE**  
 Lavori di Potenziamento dello  
 Svincolo Tiburtina  
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO  
60 di 151

## 6.4 CAPACITÀ PORTANTE PALI SOTTOVIA

Una spalla del sottovia avrà fondazione su pali  $D=1200$  mm, disposti a quinconce, che costituiscono anche la paratia di sostegno del rilevato a tergo. Nel presente paragrafo si riportano i valori della capacità portante, valutati con il programma di calcolo PAL (G. Guiducci) con le metodologie precedentemente esposte. Gli elaborati numerici di calcolo completi restituiti vengono riportati in allegato 1, al quale si rimanda per maggiori dettagli.

I calcoli sono stati sviluppati con riferimento alla stratigrafia e ai parametri geotecnici di progetto riportati nella seguente tabella, considerando quota testa palo a p.c.. La lunghezza definitiva di palo sarà data quindi dalla lunghezza utile di palo più il tratto di palo da intradosso cordolo a piano campagna. La lunghezza di progetto di palo dovrà inoltre essere tale da soddisfare le verifiche SLU GEO relativamente all'analisi paratia.

Poiché si tratta di pali disposti a quinconce su due file con interasse longitudinale di 1 m, la portata di un palo viene valutata considerando come area di base quella di un palo e come superficie laterale quella relativa a metà perimetro del palo  $D=1200$  mm.

La falda è stata considerata ad una profondità di 4.0 m da piano campagna.

Tabella 8– Stratigrafia e parametri geotecnici Sottovia Tiburtina

| OPERA:  |      | SOTTOVIA TIBURTINA     |                                  |                               |            |            |             |                        |                        |  |
|---|------|------------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------|------------|-------------|------------------------|------------------------|--|
| STRATIGRAFIA  |      | profondità da p.c. [m] |                                  |                               |            |            |             |                        |                        |  |
| Unità geotecnica  | da   | a                      | Descrizione litologica           | $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] | $\phi$ [°] | $c'$ [kPa] | $c_u$ [kPa] | $N_{SPT}$ [colpi/30cm] | $E'_{op1}=E_0/5$ [MPa] |  |
| R/Pi  | 0.0  | 7.5                    | Terreno di riporto, Piroclastite | 17                            | 33         | 0          | -           | 25                     | 35                     |  |
| SG  | 7.5  | 15.5                   | Sabbie e ghiaie                  | 19                            | 35         | 0          | -           | 30                     | 50                     |  |
| Ag  | 15.5 | 30.0                   | Argilla grigia                   | 19                            | 26         | 5÷10       | 150         | -                      | 100                    |  |
| $\gamma$ = peso di volume naturale  |      |                        |                                  |                               |            |            |             |                        |                        |  |
| $\phi$ = angolo di resistenza al taglio   |      |                        |                                  |                               |            |            |             |                        |                        |  |
| $c'$ = coesione drenata   |      |                        |                                  |                               |            |            |             |                        |                        |  |
| $c_u$ = resistenza al taglio in condizioni non drenate  |      |                        |                                  |                               |            |            |             |                        |                        |  |
| $N_{SPT}$ = numero di colpi da prova SPT  |      |                        |                                  |                               |            |            |             |                        |                        |  |
| $E'_{op1}$ = modulo di deformazione elastico operativo per analisi di opere di sostegno (paratie) |      |                        |                                  |                               |            |            |             |                        |                        |  |
| Falda = 4.0 m da p.c. locale  |      |                        |                                  |                               |            |            |             |                        |                        |  |

La stratigrafia descritta è considerata a partire dal p.c. locale, circa 23.5 – 24.0 m s.l.m. Per il terreno di riporto del rilevato a tergo delle spalle si possono considerare i seguenti parametri di progetto:

$$c' = 0 \text{ kPa};$$

$$\phi' = 35^\circ;$$

$$E' = E_0/5 = 30 \text{ MPa}$$

Le curve di capacità portante dei pali aventi diametro  $D = 1200$  mm sono riportate per l'Approccio 2 - A1+M1+R3 in Figura 27. Nella Tabella 9 sono riportati i valori numerici della portata di progetto per lo stato limite analizzato.



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO  
61 di 151

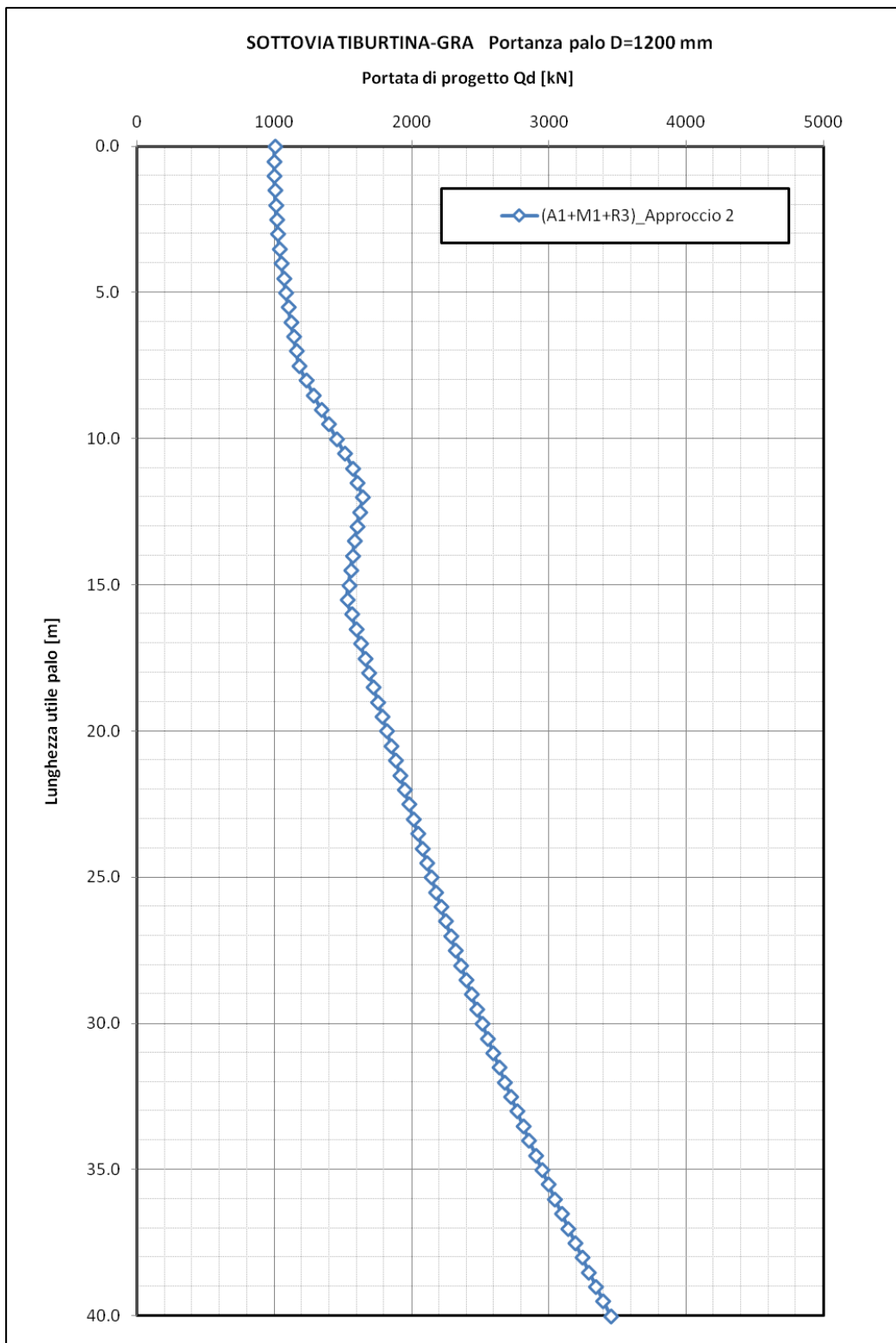


Figura 27: Curva di capacità portante sottovia Tiburtina

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

**AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE**

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

62 di 151

Tabella 9\_ Capacità portante sottovia\_ Approccio 2 A1+M1+R3

| <b>(A1+M1+R3)_ Approccio 2</b> |            |            |           |           |           |
|--------------------------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Lp</b>                      | <b>Qll</b> | <b>Qbl</b> | <b>Wp</b> | <b>Qu</b> | <b>Qd</b> |
| <b>m</b>                       | <b>kN</b>  | <b>kN</b>  | <b>kN</b> | <b>kN</b> | <b>kN</b> |
| -----                          | -----      | -----      | -----     | -----     | -----     |
| 0                              | 0          | 1893       | 0         | 1893      | 1001      |
| 0.5                            | 2          | 1893       | 3         | 1892      | 1000      |
| 1                              | 7          | 1893       | 6         | 1894      | 1000      |
| 1.5                            | 16         | 1893       | 8         | 1901      | 1003      |
| 2                              | 29         | 1893       | 11        | 1911      | 1008      |
| 2.5                            | 45         | 1893       | 14        | 1924      | 1016      |
| 3                              | 65         | 1893       | 17        | 1941      | 1025      |
| 3.5                            | 89         | 1893       | 20        | 1962      | 1037      |
| 4                              | 116        | 1893       | 23        | 1986      | 1051      |
| 4.5                            | 146        | 1893       | 25        | 2013      | 1067      |
| 5                              | 177        | 1893       | 28        | 2042      | 1083      |
| 5.5                            | 210        | 1893       | 31        | 2072      | 1101      |
| 6                              | 244        | 1893       | 34        | 2103      | 1119      |
| 6.5                            | 280        | 1893       | 37        | 2136      | 1139      |
| 7                              | 317        | 1893       | 40        | 2171      | 1159      |
| 7.5                            | 357        | 1893       | 42        | 2207      | 1181      |
| 8                              | 400        | 1945       | 45        | 2300      | 1232      |
| 8.5                            | 446        | 1998       | 48        | 2395      | 1286      |
| 9                              | 493        | 2050       | 51        | 2493      | 1340      |
| 9.5                            | 543        | 2103       | 54        | 2592      | 1396      |
| 10                             | 595        | 2155       | 57        | 2694      | 1453      |
| 10.5                           | 649        | 2208       | 59        | 2798      | 1512      |
| 11                             | 705        | 2260       | 62        | 2903      | 1572      |
| 11.5                           | 764        | 2260       | 65        | 2959      | 1605      |
| 12                             | 824        | 2260       | 68        | 3016      | 1640      |
| 12.5                           | 886        | 2155       | 71        | 2971      | 1620      |
| 13                             | 951        | 2050       | 73        | 2927      | 1602      |
| 13.5                           | 1017       | 1945       | 76        | 2886      | 1585      |
| 14                             | 1086       | 1840       | 79        | 2847      | 1569      |
| 14.5                           | 1156       | 1735       | 82        | 2810      | 1554      |
| 15                             | 1229       | 1630       | 85        | 2774      | 1541      |
| 15.5                           | 1301       | 1526       | 88        | 2739      | 1528      |
| 16                             | 1360       | 1526       | 90        | 2795      | 1561      |
| 16.5                           | 1416       | 1526       | 93        | 2849      | 1594      |
| 17                             | 1473       | 1526       | 96        | 2902      | 1626      |
| 17.5                           | 1529       | 1526       | 99        | 2956      | 1658      |
| 18                             | 1586       | 1526       | 102       | 3009      | 1690      |
| 18.5                           | 1642       | 1526       | 105       | 3063      | 1722      |
| 19                             | 1698       | 1526       | 107       | 3116      | 1755      |
| 19.5                           | 1755       | 1526       | 110       | 3170      | 1787      |
| 20                             | 1811       | 1526       | 113       | 3224      | 1819      |
| 20.5                           | 1868       | 1526       | 116       | 3277      | 1851      |

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

**AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE**  
 Lavori di Potenziamento dello  
 Svincolo Tiburtina  
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

63 di 151

| <b>(A1+M1+R3)_Approccio 2</b> |            |            |           |           |           |
|-------------------------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Lp</b>                     | <b>Qll</b> | <b>Qbl</b> | <b>Wp</b> | <b>Qu</b> | <b>Qd</b> |
| <b>m</b>                      | <b>kN</b>  | <b>kN</b>  | <b>kN</b> | <b>kN</b> | <b>kN</b> |
| -----                         | -----      | -----      | -----     | -----     | -----     |
| 21                            | 1924       | 1526       | 119       | 3331      | 1883      |
| 21.5                          | 1980       | 1526       | 121       | 3384      | 1916      |
| 22                            | 2037       | 1526       | 124       | 3438      | 1948      |
| 22.5                          | 2093       | 1526       | 127       | 3492      | 1980      |
| 23                            | 2150       | 1526       | 130       | 3545      | 2012      |
| 23.5                          | 2206       | 1526       | 133       | 3599      | 2045      |
| 24                            | 2262       | 1526       | 136       | 3652      | 2077      |
| 24.5                          | 2320       | 1526       | 138       | 3707      | 2109      |
| 25                            | 2378       | 1526       | 141       | 3762      | 2143      |
| 25.5                          | 2437       | 1526       | 144       | 3818      | 2177      |
| 26                            | 2497       | 1526       | 147       | 3876      | 2211      |
| 26.5                          | 2559       | 1526       | 150       | 3935      | 2247      |
| 27                            | 2621       | 1526       | 153       | 3994      | 2283      |
| 27.5                          | 2685       | 1526       | 155       | 4055      | 2319      |
| 28                            | 2749       | 1526       | 158       | 4117      | 2357      |
| 28.5                          | 2815       | 1526       | 161       | 4179      | 2395      |
| 29                            | 2882       | 1526       | 164       | 4243      | 2433      |
| 29.5                          | 2949       | 1526       | 167       | 4308      | 2472      |
| 30                            | 3018       | 1526       | 170       | 4374      | 2512      |
| 30.5                          | 3088       | 1526       | 172       | 4441      | 2553      |
| 31                            | 3159       | 1526       | 175       | 4509      | 2594      |
| 31.5                          | 3231       | 1526       | 178       | 4578      | 2636      |
| 32                            | 3304       | 1526       | 181       | 4649      | 2678      |
| 32.5                          | 3378       | 1526       | 184       | 4720      | 2722      |
| 33                            | 3453       | 1526       | 186       | 4792      | 2766      |
| 33.5                          | 3529       | 1526       | 189       | 4866      | 2810      |
| 34                            | 3607       | 1526       | 192       | 4940      | 2855      |
| 34.5                          | 3685       | 1526       | 195       | 5015      | 2901      |
| 35                            | 3764       | 1526       | 198       | 5092      | 2947      |
| 35.5                          | 3845       | 1526       | 201       | 5170      | 2995      |
| 36                            | 3926       | 1526       | 203       | 5248      | 3042      |
| 36.5                          | 4009       | 1526       | 206       | 5328      | 3091      |
| 37                            | 4092       | 1526       | 209       | 5409      | 3140      |
| 37.5                          | 4177       | 1526       | 212       | 5491      | 3190      |
| 38                            | 4263       | 1526       | 215       | 5574      | 3240      |
| 38.5                          | 4349       | 1526       | 218       | 5657      | 3291      |
| 39                            | 4437       | 1526       | 220       | 5742      | 3343      |
| 39.5                          | 4526       | 1526       | 223       | 5829      | 3395      |
| 40                            | 4616       | 1526       | 226       | 5916      | 3448      |

Lp = Lunghezza utile del palo

Qll = Portata laterale limite

Qbl = Portata di base limite

Wp = Peso efficace del palo

Qu = Portata totale limite

Qd = Portata di progetto =  $Qll/FS,l + Qbl/FS,b - Wp$



## 6.5 CAPACITÀ PORTANTE MICROPALI SOTTOVIA

Per la pila ed una spalla delle fondazioni del sottovia si prevedono micropali con diametro di perforazione 300 mm, testa micropalo a circa 1.5 m dal p.c. locale. La fondazione dei micropali sarà eseguita con iniezione a gravità a bassa pressione dal fondo (IGU). In accordo alle metodologie di calcolo indicate al paragrafo 6.2, ed alla stratigrafia esposta al precedente paragrafo, si valutano i seguenti valori di portata di progetto per i micropali.

Tabella 10 - Capacità portante micropali

| Lunghezza micropalo<br>Lp (m) | Lunghezza utile<br>Lu (m) |   | Portata limite<br>(kN) | Portata di progetto<br>(FS=1.61)<br>(kN) |
|-------------------------------|---------------------------|---|------------------------|--|
| <b>35.0</b>                   | 33.0                      | 4.0 m strato 1;<br>8.0 m strato 2;<br>21.0 m strato 3 | 3937                   | <b>2445</b>                              |
| <b>30.0</b>                   | 28.0                      | 4.0 m strato 1;<br>8.0 m strato 2;<br>16.0 m strato 3 | 3375                   | <b>2097</b>                              |
| <b>25.0</b>                   | 23.0                      | 4.0 m strato 1;<br>8.0 m strato 2;<br>11.0 m strato 3 | 2812                   | <b>1747</b>                              |
| <b>20.0</b>                   | 18.0                      | 4.0 m strato 1;<br>8.0 m strato 2;<br>6.0 m strato 3  | 2250                   | <b>1378</b>                              |
| <b>15.0</b>                   | 13.0                      | 4.0 m strato 1;<br>8.0 m strato 2;<br>1.0 m strato 3  | 1687                   | <b>1003</b>                              |
| <b>10.0</b>                   | 8.0                       | 4.0 m strato 1;<br>4.0 m strato 2;                    | 1014                   | <b>630</b>                               |





## 7. COMPORTAMENTO DEI PALI AI CARICHI ORIZZONTALI

### 7.1 MODULO DI REAZIONE ORIZZONTALE DEL TERRENO

La valutazione dei parametri necessari ad individuare il comportamento di un palo libero di ruotare in testa, soggetto a carico orizzontale e momento flettente applicati in testa, viene effettuata attraverso la risoluzione del problema di un palo infisso in un semispazio elastico sollecitato da una forza concentrata  $H_t$  agente in sommità del palo ed una coppia  $M_t$ ; tale problema è governato dalla risoluzione dell'equazione differenziale:

$$E_p J \frac{d^4 y}{dx^4} + Q \frac{d^2 y}{dx^2} = p$$

con:

$p = -E_s y$  = reazione orizzontale del terreno per unità di lunghezza;

$E_s$  = modulo di reazione orizzontale del terreno (modulo secante della curva di reazione del terreno  $p$ - $y$ );

$E_p$  = modulo elastico del palo;

$J$  = modulo di inerzia della sezione del palo;

$Y$  = spostamento orizzontale del palo alla quota  $x$  lungo il fusto del palo;

$Q$  = carico assiale agente sul palo;

Per pali caricati lateralmente di rigidità flessionale  $E_p J$  costante con la profondità si può fare riferimento alle soluzioni in forma chiusa individuate da Matlock-Reese [1960], che si basa sul noto modello di suolo alla Winkler (elastico-lineare), caratterizzato da un modulo di reazione orizzontale del terreno ( $E_s$ ) definito come il rapporto fra la reazione del terreno per unità di lunghezza del palo ( $p$ ) ed il corrispondente spostamento orizzontale ( $y$ ):

$$E_s = p / y \quad [FL^{-2}]$$

Si osservi che, definito  $K_w$  [ $FL^{-3}$ ] il coefficiente di sottofondo di Winkler, per un palo di diametro  $D$  si ha:

$$E_s = K_w \cdot D \quad [FL^{-2}]$$

L'andamento del modulo di reazione orizzontale con la profondità è funzione principalmente del tipo di terreno.

I moduli di reazione orizzontale alla Matlock & Reese (1960) per caratterizzare la reazione orizzontale dei pali di fondazione possono essere valutati con le seguenti relazioni:

Per i terreni coesivi si assume una legge del tipo:

$$E_s = \xi \cdot c_u$$

dove:



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO  
66 di 151

$c_u$  = resistenza al taglio in condizioni non drenate

$\xi$  = coefficiente adimensionale pari a 350

Per i terreni incoerenti si assume in genere invece una legge di variazione lineare caratterizzata dai seguenti parametri:

$$E_s = E_{s,0} + kh \cdot z$$

dove:

$E_{s,0}$  = valore del modulo di reazione a testa palo;

$kh$  = gradiente del modulo di reazione del terreno funzione principalmente della densità relativa ( $D_r$ );

$z$  = profondità a partire dal p.c. locale.

Per il caso in esame si considera cautelativamente:

$$kh = 8000 \quad [\text{kN/m}^3] \quad \text{per l'unità R}$$

$$kh = 10000 \quad [\text{kN/m}^3] \quad \text{per l'unità SG}$$

Per i micropali ( $D_p = 300$  mm) di fondazione della pila e della spalla del sottovia si può considerare il seguente modulo di reazione orizzontale del terreno lungo il fusto del micropalo:

$$E_s = 8000 \div 60000 \text{ kN/m}^2 \quad \text{da testa palo (p.c.) a 7.5 m da p.c. (andamento lineare)}$$

$$E_s = 75000 \text{ kN/m}^2 \quad \text{da 7.5 m alla massima profondità indagata (costante).}$$

## 7.2 ANALISI SEMPLIFICATA

Vengono valutate le sollecitazioni derivanti da una schematizzazione del problema a palo singolo con testa impedita di ruotare (rigidezza assiale dei pali infinita), caricato da una forza tagliante.

La base teorica generale che permette la soluzione del problema dei pali caricati trasversalmente è la stessa delle travi inflesse soggette a carichi non uniformi che, nel caso in esame, consente di scrivere la seguente equazione differenziale della linea elastica:

$$E_p J_p \frac{d^4 y}{dz^4} + P = 0$$

essendo:

$P$  = reazione del terreno;

$y$  = spostamento del palo;

$z$  = profondità riferita alla quota del terreno;



$E_p$  = modulo di elasticità del materiale con il quale è costituito il palo.

$J_p$  = momento di inerzia della sezione del palo ( $m^4$ ).

La risoluzione dell'equazione impone la scelta di una adeguata legge costitutiva, che leghi tra di loro la "p" e la "y", che compaiono come incognite nell'equazione differenziale della linea elastica del palo. In generale tale relazione viene determinata ricorrendo al ben noto modello semplificato di suolo alla Winkler, caratterizzato dal seguente legame tra "p" e "y":

$$P(z) = E_s \cdot y(z)$$

essendo:

$E_s$  = modulo di reazione orizzontale del terreno.

L'adozione di questo modello semplificato, che equivale alla schematizzazione del terreno circostante il palo con una serie di molle tra di loro indipendenti, permette di semplificare notevolmente la formulazione matematica del problema consentendo di scrivere:

$$E_p J_p \frac{d^4 y(z)}{dz^4} + E_{MR}(z) \cdot y(z) = 0$$

In questo modo si perviene all'equazione differenziale della linea elastica la cui risoluzione permette la determinazione dei valori di  $y(z)$ ; mediante derivazioni successive si possono poi determinare le sollecitazioni.

La risoluzione analitica è in generale alquanto complessa, per cui risulta di solito conveniente ricorrere a metodi numerici.

Matlock e Reese (1956) utilizzando il metodo delle differenze finite, hanno risolto il problema del palo soggetto ad un carico orizzontale, mediante l'impiego di parametri adimensionali, ottenuti esprimendo l'equazione della linea elastica attraverso equazioni differenziali funzione del tipo di sollecitazione agente.

Nel nostro caso, per il reale andamento di  $E_s$ , si ricorre al metodo degli elementi finiti, adimensionalizzando la soluzione come segue:

$$M_0 = \alpha \cdot T_0$$

$$M(z) = M_0 \cdot M_{ad}(z)$$

essendo:

$T_0$  = azione tagliante in testa palo;

$M_0$  = azione flettente, conseguente ad  $T_0$ , in testa al palo;

$\alpha$  = rapporto momento taglio in testa palo nell'ipotesi di rotazione impedita;

$M_{ad}$  = momento flettente adimensionale lungo il fusto del palo.



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

68 di 151

## 7.2.1 Cavalcavia

Per le pile e le spalle del cavalcavia si può considerare il seguente modulo di reazione orizzontale del terreno lungo il fusto del palo:

- $E_s = 8000 \text{ kN/m}^2$  da testa palo (2 m da p.c.) a 1 m da testa palo;
- $E_s = 17500 \div 35000 \text{ kN/m}^2$  da 1.0 m a 22.0 m da testa palo (andamento lineare);
- $E_s = 120000 \text{ kN/m}^2$  da 22.0 m da testa palo a 27.0 m da testa palo;
- $E_s = 35000 \div 42000 \text{ kN/m}^2$  da 27.0 m da testa palo alla massima profondità indagata.

Da cui si è ricavato:

- considerando un palo di diametro  $D=1200 \text{ mm}$  e lunghezza 20 m, il seguente valore del parametro alfa per la valutazione del momento lungo il fusto del palo.

$$\alpha = 2.71 \text{ m}$$

Momento adimensionale lungo il fusto del palo  
con sommità' impedita di ruotare

| z<br>m | Mad    |
|--------|--------|
| .000   | 1.0000 |
| .625   | .7770  |
| 1.250  | .5683  |
| 1.875  | .3854  |
| 2.500  | .2312  |
| 3.125  | .1039  |
| 3.750  | .0016  |
| 4.375  | -.0780 |
| 5.000  | -.1376 |
| 6.000  | -.1973 |
| 7.000  | -.2223 |
| 8.000  | -.2222 |
| 9.000  | -.2052 |
| 10.000 | -.1783 |
| 11.667 | -.1251 |
| 13.333 | -.0756 |
| 15.000 | -.0379 |
| 17.500 | -.0071 |
| 20.000 | .0000  |

Momento:  $M(z) = M_0 * Mad(z)$



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO  
69 di 151

## 8. ANALISI DEI CEDIMENTI

Nel presente capitolo si riporta la valutazione dei cedimenti dei rilevati e del loro decorso nel tempo.

L'analisi è stata svolta per le sezioni di calcolo più rappresentative in termini di geometria del rilevato (altezza, larghezza) e di stratigrafia e parametri di progetto.

La valutazione dei cedimenti dei rilevati è stata effettuata con il programma di calcolo CED (G. Guiducci) considerando l'ipotesi di rilevato illimitato per ogni sezione di calcolo.

Nella valutazione dei cedimenti e quindi nella determinazione dello spessore compressibile, si sono considerati i contributi degli strati in corrispondenza dei quali l'incremento della tensione ottaedrica risulta superiore o uguale a 10 volte la tensione geostatica efficace.

Le metodologie di calcolo dei cedimenti sono dettagliatamente descritte in Allegato 3.

L'analisi dei cedimenti dei rilevati è stata svolta considerando un modulo elastico operativo ( $E'$ ), ottenuto dal profilo del modulo di deformazione elastico iniziale ( $E_0$ ) di progetto fattorizzato di 10:  $E' = E_0/10$ .

### 8.1 RISULTATI CEDIMENTI RILEVATI DI APPROCCIO AL SOTTOVIA

In corrispondenza delle spalle del sottovia si prevede un ampliamento dei rilevati esistenti, nella figura seguente è mostrato uno schema della geometria di riferimento. Il calcolo è stato eseguito considerando una sezione di area ed impronta equivalente e sono stati valutati i cedimenti con riferimento ai parametri ed alla stratigrafia indicati al paragrafo 5.2.

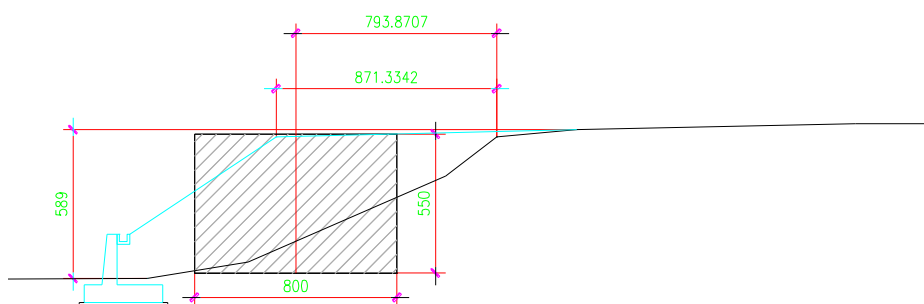


Figura 28-schema rilevato di approccio al sottovia

In Allegato 3 sono riportate le metodologie generali per il calcolo dei cedimenti ed i tabulati di calcolo completi. Nella seguente tabella si riassumono i principali risultati.



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

70 di 151

Tabella 11– Cedimenti

| Rilevato ampliamento spalla S2              | Cedimento totale | Cedimento immediato | Cedimento di consolidazione |
|---|------------------|---------------------|-----------------------------|
|   | [mm]             | [mm]                | [mm]                        |
| in asse rilevato                            | 56.3             | 32.8                | 23.5                        |
| a 4 m dall'asse                             | 34.7             | 17.9                | 16.8                        |
| a 8 m dall'asse (ciglio rilevato esistente) | 7.8              | 0.0                 | 7.8                         |

I cedimenti totali massimi stimati in asse rilevato sono dell'ordine di 56 mm di cui 33 mm immediati e quindi 24 mm di consolidazione, al ciglio del rilevato esistente i cedimenti totali massimi stimati sono dell'ordine di 8 mm di cui 8 mm di consolidazione. Si tratta di cedimenti modesti che si svilupperanno nella quasi totalità durante i tempi di costruzione del rilevato, in quanto si tratta per lo più di terreni incoerenti, i terreni argillosi si intercettano dopo i 15.5 m dal p.c. e si tratta comunque di depositi da consistenti a molto consistenti che oltretutto sono costituiti da intercalazioni sabbiose che consentono di ridurre drasticamente i percorsi di filtrazione e quindi i tempi di consolidazione.

## 8.2 RISULTATI CEDIMENTI RILEVATI DI APPROCCIO AL CAVALCAVIA RAMPA NORD

I rilevati di approccio alle spalle del cavalcavia presentano altezza massima 9.4 m con larghezza sommitale 11 m, pendenza scarpate 2 (verticale) / 3 (orizzontale) e berma intermedia di larghezza 2 m, per altezza di rilevato maggiore di 5.5 m circa.

La valutazione dei cedimenti è stata eseguita considerando la sezione di massima altezza con riferimento ai parametri ed alla stratigrafia indicati al paragrafo 5.1.



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

71 di 151

SEZIONE N. : S2  
QT. PROGETTO : 30.005  
DIST.PROG. : 436.963  
DIST.PREC. : 11.963  
DIST.SUCC. : 13.037

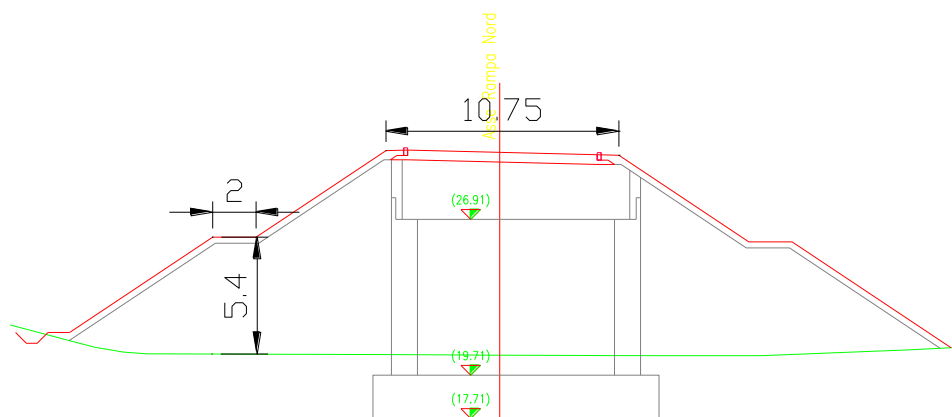


Figura 29-schema rilevato di approccio al cavalcavia

In Allegato 3 sono riportate le metodologie generali per il calcolo dei cedimenti ed i tabulati di calcolo completi. Nella seguente tabella si riassumono i principali risultati.

Tabella 12– Cedimenti in asse rilevato

| Rilevato approccio spalla cavalcavia rampa nord | Cedimento totale<br>[mm] | Cedimento immediato<br>[mm] | Cedimento di consolidazione<br>[mm] |
|---|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| in asse rilevato                                | 196                      | 88                          | 108                                 |

I cedimenti totali massimi stimati in asse rilevato sono dell'ordine di 195 mm di cui 88 mm immediati e quindi 107 mm di consolidazione. Si tratta di cedimenti modesti che si svilupperanno gran parte entro i tempi di costruzione del rilevato. Nella seguente figura è mostrato il decorso dei cedimenti nel tempo, valutato con riferimento a:

$c_v = 1.3 \text{ E-}03 \text{ cm}^2/\text{s}$

coefficiente di consolidazione verticale

$c\alpha = 0.0008$

coefficiente di consolidazione secondaria

$H = 12 \text{ m}$

percorso di filtrazione



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

72 di 151

**Rilevato accesso cavalcavia rampa nord - H=9.5 m**  
**Decorso del cedimento**

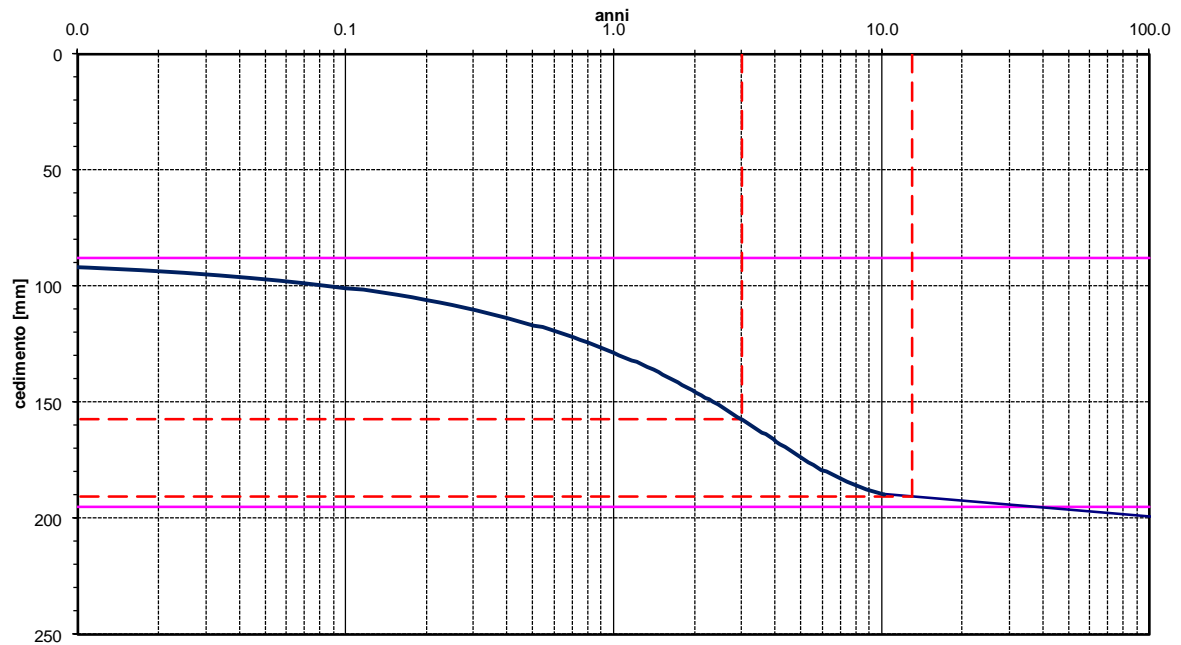


Figura 30-decorso del cedimento nel tempo





## 9. ANALISI DI STABILITA'

Nel presente capitolo si riportano le verifiche di stabilità delle scarpate per i rilevati previsti nel tracciato in progetto. Si tratta di rilevati con pendenza scarpate 2 (verticale) / 3 (orizzontale) con berma intermedia per altezze superiori ai 5.5 m circa.

L'analisi è stata svolta per la sezione più gravosa in termini di geometria (altezza e larghezza rilevato) e condizioni stratigrafiche.

Nel seguito si espongono le metodologie di analisi ed i risultati delle verifiche di stabilità.

### 9.1 METODOLOGIA GENERALE

L'analisi di stabilità di rilevati è stata svolta sia in condizioni statiche che sismiche.

L'esame delle condizioni di stabilità è stato condotto utilizzando gli usuali metodi dell'equilibrio limite. Per la valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità globale si è impiegato un codice di calcolo denominato PCSTASBL5M (Purdue University) in cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento. Sono state cautelativamente considerate ipotesi di deformazione piana. In particolare, in questa sede si fa riferimento al metodo di Bishop modificato che prevede l'utilizzo di superfici di scorrimento circolari. Nelle analisi sono state ovviamente trascurate le superfici più corticali in quanto poco significative e per le quali non risulta idonea una analisi convenzionale all'equilibrio limite. Il coefficiente di sicurezza FS a rottura lungo la superficie di scorrimento viene definito come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie S e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie:

$$FS = \frac{\int_S \tau_{disp}}{\int_S \tau_{mob}}$$

In accordo alla normativa vigente per rilevati in materiali sciolti e fronti di scavo, le analisi di stabilità vengono condotte secondo la combinazione (A2+M2+R2). Secondo la normativa quindi i parametri di resistenza del terreno devono essere abbattuti a mezzo dei coefficienti parziali di seguito riportati.

$\gamma_{\varphi'} = 1.25$       coefficiente parziale per l'angolo di resistenza al taglio

$\gamma_{c'} = 1.25$       coefficiente parziale per la coesione drenata

L'analisi viene quindi condotta con i seguenti parametri geotecnici di calcolo:

$\tan(\varphi'_k) = \tan(\varphi'_k) / \gamma_{\varphi'}$       angolo di resistenza al taglio

$c'_k = c'_k / \gamma_{c'}$       coesione drenata



Per il materiale costituente il rilevato si considerano i seguenti parametri caratteristici:

|                              |                                |
|------------------------------|--------------------------------|
| $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ | peso di volume naturale        |
| $\varphi' = 35^\circ$        | angolo di resistenza al taglio |
| $c' = 0 \text{ kPa}$         | coesione drenata               |

Per il terreno di fondazione si considerano cautelativamente i seguenti parametri caratteristici:

|                              |                                |
|------------------------------|--------------------------------|
| $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ | peso di volume naturale        |
| $\varphi' = 33^\circ$        | angolo di resistenza al taglio |
| $c' = 0 \text{ kPa}$         | coesione drenata               |

Inoltre nelle verifiche è stato considerato agenti sul rilevato un carico accidentale uniformemente distribuito di 20 kPa, quindi:

- In condizioni sismiche SLU si è considerato  $q = 20 \text{ kPa}$ ;
- In condizioni statiche SLU si è considerato  $q = 26 \text{ kPa}$ , considerando il coefficiente parziale per le azioni  $\gamma_f = 1.3$ .

Il coefficiente di sicurezza minimo residuo per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo è pari ad 1.1 ( $\gamma_R$ ). Pertanto il fattore di sicurezza alla stabilità da verificare  $FS \geq 1.1$ .

In accordo alla normativa vigente l'analisi sismica allo stato limite ultimo (SLU sismico) viene condotta considerando i parametri del terreno abbattuti con i coefficienti parziali precedentemente riportati ed il coefficiente di sicurezza dovrà risultare  $\geq 1.1$ .

Le analisi di stabilità dei rilevati sono state effettuate prendendo in considerazione sia superfici di scorrimento che interessano il solo corpo del rilevato sia superfici di scorrimento che intercettano anche i terreni di fondazione; nelle analisi non si è invece tenuto conto, cautelativamente, della presenza dello spessore di scotico al di sotto del piano campagna e dell'eventuale ulteriore spessore di bonifico.

#### Azioni sismiche per analisi di stabilità rilevati

In generale, il metodo pseudo-statico modella l'azione sismica considerando in luogo delle azioni dinamiche azioni statiche equivalenti ovvero forze statiche orizzontali  $f_h$  e verticali  $f_v$  per unità di volume, d'intensità pari al prodotto fra il peso specifico del corpo  $\gamma$  sottoposto all'azione dinamica ed un coefficiente sismico:

$$f_h = \gamma \cdot k_h \quad \text{forza orizzontale per unità di volume}$$

$$f_v = \gamma \cdot k_v \quad \text{forza verticale per unità di volume}$$

dove:

$$\gamma = \text{peso specifico del volume considerato.}$$

In accordo alla normativa vigente per le analisi in esame, la componente orizzontale ( $a_h$ ) dell'accelerazione può essere legata all'accelerazione massima attraverso la seguente relazione:



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

75 di 151

$$k_h = \beta_s \cdot a_{max} / g = 0.062$$

$$k_v = \pm k_h / 2 = \pm 0.031$$

dove:

$k_h$  = coefficiente sismico in direzione orizzontale;

$k_v$  = coefficiente sismico in direzione verticale;

$\beta_s = 0.24$ , coefficiente di riduzione che dipende dall'accelerazione massima e dalla categoria di suolo come riportato in tabella seguente.

$a_{max}/g = S_s \cdot S_T \cdot a_g/g = 0.257 \cdot g$  accelerazione massima orizzontale di progetto;

$a_g = 0.181 \cdot g$  accelerazione massima sul suolo di riferimento rigido

$S_s = 1.42$  coefficiente di amplificazione stratigrafica locale (categoria di suolo tipo C)

$S_T = 1.0$  coefficiente di amplificazione topografica.

Tabella 13– Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

|                         | Categoria di sottosuolo |            |
|-------------------------|-------------------------|------------|
|                         | A                       | B, C, D, E |
|                         | $\beta_s$               | $\beta_s$  |
| $0.2 < a_g(g) \leq 0.4$ | 0.3                     | 0.28       |
| $0.1 < a_g(g) \leq 0.2$ | 0.27                    | 0.24       |
| $a_g(g) \leq 0.1$       | 0.20                    | 0.20       |

Edilus-MS è il software ACCA per individuare la pericolosità sismica di tutte le località italiane direttamente dalla mappa. Scrivi l'indirizzo e/o sposta il segnalino sul sito che ti interessa e otterrai dinamicamente tutti i parametri di pericolosità sismica.

ad es. "via M.Candelli, 114 MONTELLA"

via tiburtina, roma

Lattitudine: 41.93318868 Longitudine: 12.60116816

Classe dell'edificio: IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche impor

Vita Normale: Struttura ..... 50

Periodo di Riferimento per l'azione sismica ..... 100

| Parametri di pericolosità Sismica |              |           |           |            |
|-----------------------------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| "Stato Limite"                    | $T_f$ [anni] | $a_g$ [g] | $F_0$ [°] | $T^*c$ [s] |
| Operatività                       | 60           | 0.067     | 2.489     | 0.274      |
| Danno                             | 101          | 0.083     | 2.489     | 0.278      |
| Salvaguardia Vita                 | 949          | 0.181     | 2.575     | 0.290      |
| Prevenzione Collasso              | 1950         | 0.224     | 2.537     | 0.303      |

ACCA SOFTWARE  
ACCA software S.p.A.  
il software per l'edilizia  
Tel.: 0827/69.504 - Fax: 0827/60.12.35  
P.IVA 01883740647 - E-mail: info@acca.it

Termini e Condizioni di utilizzo di Edilus-MS | 41.93087402, 12.60116816 | Rel Geotecnica Tiburtina 01.docx - Microsoft Word

Figura 31-Parametri sismici



## 9.2 RISULTATI

Nel presente paragrafo vengono riportati i risultati delle verifiche di stabilità secondo le metodologie precedentemente esposte.

L'analisi è stata svolta per la sezione più gravosa in termini di geometria (altezza e larghezza rilevato) e condizioni stratigrafiche; in particolare è stata svolta per la sezione di rilevato di approccio alla spalla S2 del cavalcavia rampa nord, la cui geometria è mostrata in .

I coefficienti di sicurezza alla stabilità per le sezioni esaminate sono risultati sempre  $\geq 1.1$  ed in particolare:

FS = 1.12 in condizioni statiche;

FS = 1.10 in condizioni sismiche.

pertanto le verifiche sono sempre soddisfatte in accordo alla normativa vigente.

Nelle seguenti figure è mostrata la sezione analizzata con le superfici di scorrimento caratterizzate da fattore di sicurezza minimo. In allegato 4 sono riportati i tabulati di calcolo completi.

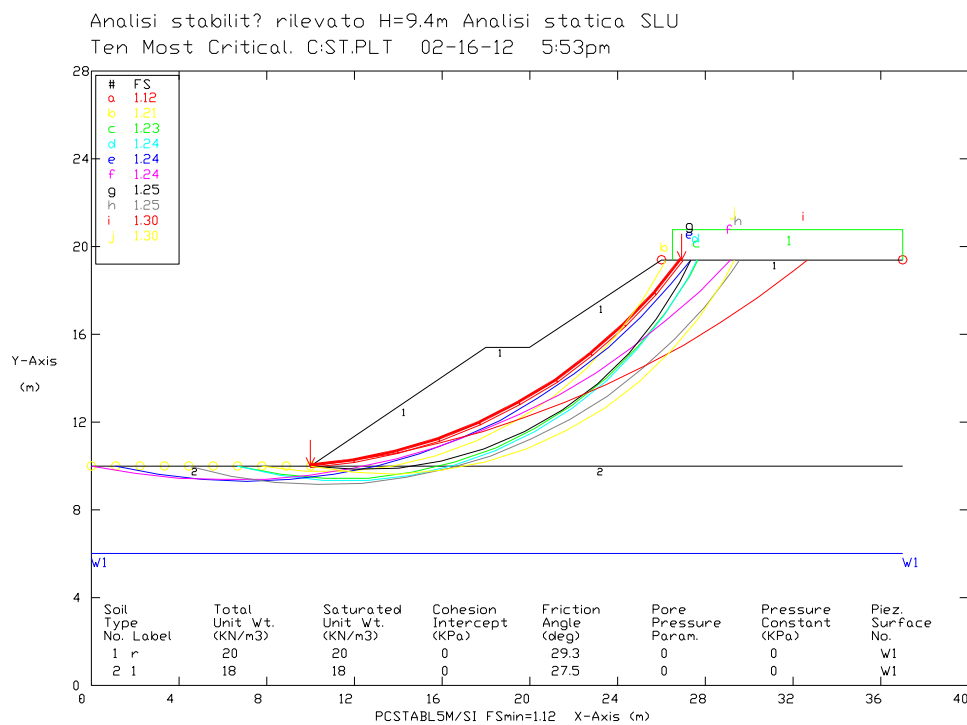


Figura 32-Analisi statica SLU



Analisi stabilit? rilevato H=9.4m Analisi sismica SLU  
Ten Most Critical. C:SIS.PLT 02-16-12 5:53pm

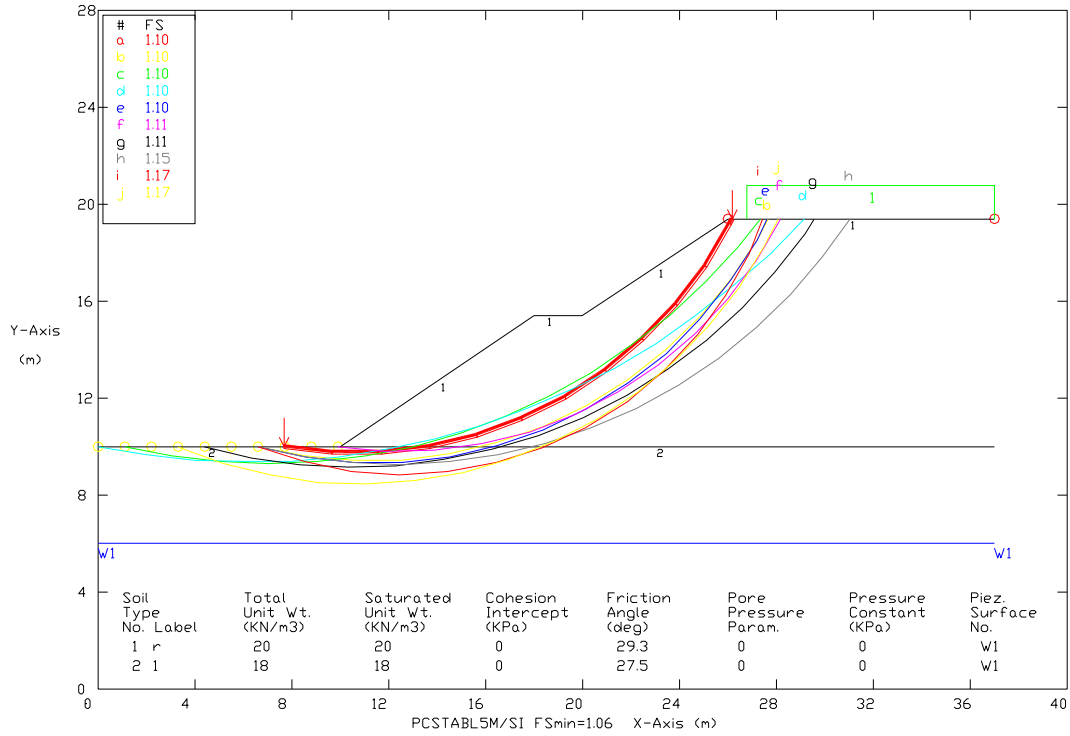


Figura 33-Analisi sismica SLU

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

**AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE**  
 Lavori di Potenziamento dello  
 Svincolo Tiburtina  
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

78 di 151

## 10. PIANO DI POSA DEI RILEVATI

Le indagini hanno rilevato la presenza di terreno di riporto di natura piroclastica costituito prevalentemente da sabbia limosa con frammenti di laterizi e talvolta con sparso ghiaino con spessore di 2- 3 m circa.

Inoltre su due campioni indisturbati sono state eseguite prove di compattazione che hanno condotto ai seguenti risultati.

| Identificativo campione |       |       |           | Descrizione terreno   | Limiti Atterberg |      |      | Analisi granulometrica |                      |                      |                    | Proctor Modificato |                   | Indice di portanza | Class         |
|-------------------------|-------|-------|-----------|---|------------------|------|------|------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------|
|                         |       |       |           |   | LL               | LP   | IP   | Ghiale (60-2 mm)       | Sabbia (2,0-0,06 mm) | Limo (0,06-0,002 mm) | Argilla (<0,002mm) | γ <sub>dmax</sub>  | W <sub>optm</sub> | CBR                | CNR UNI 10006 |
| V.A.                    | Sond. | Camp. | m da p.c. |   | %                | %    | %    | %                      | %                    | %                    | %                  | g/cm <sup>3</sup>  | %                 | -                  | -             |
| 1412_1                  | A2    | CR1   | 3,00-5,0  | Argilla con limo di colore marrone molto scuro grigiastro (2.5Y 3/2) con diffuse tracce puntiformi nerastre. Umida , plastica , reagente all'HCL.       | 61,1             | 36,7 | 24,4 | 0,5                    | 4,2                  | 44,4                 | 50,9               | 1,54               | 23,9              | 3                  | A 7-5         |
| 1412_2                  | A3    | CR1   | 5,00-7,00 | Limo argilloso sabbioso di colore marrone scuro(10YR 4/3 3/3) con diffuse tracce di ossidazione, umido , frazione fine poco plastica. Reagente all'HCL. | 40,0             | 27,3 | 12,7 | 0,7                    | 21,2                 | 55,2                 | 22,9               | 1,7                | 15,9              | 10                 | A 6           |

In relazione alle indagini eseguite per i piani di posa si prevede:

- Scotico: 20 cm;
- Bonifica: 30 cm.

Qualora raggiunto il piano di posa del rilevato si rinvenisse ancora materiale vegetale e/o rammollito o comunque non rispondente ai requisiti progettuali, si effettuerà ulteriore bonifica con materiale idoneo come previsto da Capitolato.



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

79 di 151

# ALLEGATO 1

***Analisi capacità portante pali.  
Elaborati di calcolo PAL***



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO  
80 di 151

## CAVALCAVIA APPROCCIO 2 - COMBINAZIONE 1 (A1+M1+R3)

\*\*\* P A L \*\*\*

Programma per l'analisi della capacita' portante  
assiale di un palo di fondazione

(C) G.Guiducci - Studio SINTESI (RN - Italy)  
ottobre 2006

pag./ 2

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE  
Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

|                                       |   |                        |
|---------------------------------------|---|------------------------|
| Quota testa palo da p.c.              | = | 2.00 m                 |
| Quota falda da p.c.                   | = | 4.00 m                 |
| Peso di volume del palo               | = | 5.00 kN/m <sup>3</sup> |
| Fattore di sicurezza portata laterale | = | 1.61 (FS,l)            |
| Fattore di sicurezza portata di base  | = | 1.89 (FS,b)            |

Elemento cilindrico, Diametro fusto = 1200. mm

Criterio per la determinazione della portata di base in uno strato "i"  
quando la  $Q_{b,i}$  ad esso attribuibile e' superiore a quella degli  
strati adiacenti:

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.200 = 3.60$  m  
entro lo strato se quello sovrastante e' piu' debole

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.200 = 3.60$  m  
sopra lo strato sottostante se esso e' piu' debole

La variazione di  $Q_b$  viene assunta lineare dal passaggio di strato





Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO  
81 di 151

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE  
Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 1 "R" (Incoerente) da 0.00 a 3.00 m

$$G_n = 17.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 7.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = K * \tan(\delta) * S'v < 150.0 \text{ kPa}$$
$$K = .70 \quad \delta = 33.0 \text{ deg}$$

$$Q_b \text{ variabile lin. da } 500. \text{ a } 500. \text{ kPa}$$

Strato 2 "AG" (Coesivo) da 3.00 a 24.00 m

$$G_n = 18.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 8.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = \alpha * C_u < 100.0 \text{ kPa}$$

Criterio  $\alpha(C_u)$  nel seguito

$$\tau > .25 * S'v$$
$$\tau < .55 * S'v$$

$$Q_b = 9.0 * C_u + S_v$$

$$C_u \text{ variabile lin. da } 50.0 \text{ a } 100.0 \text{ kPa}$$

Strato 3 "SG" (Incoerente) da 24.00 a 29.00 m

$$G_n = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 9.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = K * \tan(\delta) * S'v < 150.0 \text{ kPa}$$
$$K = .70 \quad \delta = 35.0 \text{ deg}$$

$$Q_b \text{ variabile lin. da } 4000. \text{ a } 4000. \text{ kPa}$$

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE  
Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 4 "AG" (Coesivo) da 29.00 a 40.00 m

$$G_n = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 9.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = \alpha * C_u < 120.0 \text{ kPa}$$

Criterio  $\alpha(C_u)$  nel seguito

$$\tau > .25 * S'v$$
$$\tau < .55 * S'v$$

$$Q_b = 9.0 * C_u + S_v$$

$$C_u \text{ variabile lin. da } 100.0 \text{ a } 120.0 \text{ kPa}$$

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

**AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE**

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

82 di 151

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE  
 Capacità Portante palo D=1200 mm Al+M1+R3

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

| strato  | Molt. Tau | Molt. Qb | Molt. Cu |
|---------|-----------|----------|----------|
| 1 "R "  | 1.00      | 1.00     | -        |
| 2 "AG " | 1.00      | 1.00     | 1.00     |
| 3 "SG " | 1.00      | 1.00     | -        |
| 4 "AG " | 1.00      | 1.00     | 1.00     |

NOTA: i moltiplicatori non influenzano le limitazioni superiori o inferiori dei parametri

Per terreni coesivi: Criterio  $\tau = \alpha \cdot C_u$

| Cu<br>kPa | alfa |
|-----------|------|
| .0        | .90  |
| 25.0      | .90  |
| 25.1      | .80  |
| 50.0      | .80  |
| 50.1      | .60  |
| 75.0      | .60  |
| 75.1      | .40  |
| 400.0     | .40  |

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE  
 Capacità Portante palo D=1200 mm Al+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacità portante

| zz<br>m | S'v<br>kPa | Sv<br>kPa | Cu<br>kPa | Tau/S'v<br>- | Tau<br>kPa | qb<br>kPa |
|---------|------------|-----------|-----------|--------------|------------|-----------|
| 2.00    | 34.0       | 34.0      | --        | .45          | 15.5       | 500.      |
| 2.50    | 42.5       | 42.5      | --        | .45          | 19.3       | 500.      |
| 3.00    | 51.0       | 51.0      | --        | .50          | 25.6       | 500.      |
| 3.50    | 60.0       | 60.0      | 51.2      | .51          | 30.7       | 520.      |
| 4.00    | 69.0       | 69.0      | 52.4      | .46          | 31.4       | 540.      |
| 4.50    | 73.0       | 78.0      | 53.6      | .44          | 32.1       | 560.      |
| 5.00    | 77.0       | 87.0      | 54.8      | .43          | 32.9       | 579.      |
| 5.50    | 81.0       | 96.0      | 56.0      | .41          | 33.6       | 599.      |
| 6.00    | 85.0       | 105.0     | 57.1      | .40          | 34.3       | 619.      |
| 6.50    | 89.0       | 114.0     | 58.3      | .39          | 35.0       | 639.      |
| 7.00    | 93.0       | 123.0     | 59.5      | .38          | 35.7       | 659.      |
| 7.50    | 97.0       | 132.0     | 60.7      | .38          | 36.4       | 678.      |
| 8.00    | 101.0      | 141.0     | 61.9      | .37          | 37.1       | 698.      |
| 8.50    | 105.0      | 150.0     | 63.1      | .36          | 37.9       | 718.      |
| 9.00    | 109.0      | 159.0     | 64.3      | .35          | 38.6       | 738.      |
| 9.50    | 113.0      | 168.0     | 65.5      | .35          | 39.3       | 757.      |
| 10.00   | 117.0      | 177.0     | 66.7      | .34          | 40.0       | 777.      |
| 10.50   | 121.0      | 186.0     | 67.9      | .34          | 40.7       | 797.      |
| 11.00   | 125.0      | 195.0     | 69.0      | .33          | 41.4       | 816.      |
| 11.50   | 129.0      | 204.0     | 70.2      | .33          | 42.1       | 836.      |
| 12.00   | 133.0      | 213.0     | 71.4      | .32          | 42.9       | 856.      |
| 12.50   | 137.0      | 222.0     | 72.6      | .32          | 43.6       | 876.      |
| 13.00   | 141.0      | 231.0     | 73.8      | .31          | 44.3       | 895.      |

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

**AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE**

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

**RELAZIONE GEOTECNICA**

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

83 di 151

|       |       |       |      |     |      |       |
|-------|-------|-------|------|-----|------|-------|
| 13.50 | 145.0 | 240.0 | 75.0 | .31 | 45.0 | 915.  |
| 14.00 | 149.0 | 249.0 | 76.2 | .25 | 37.3 | 935.  |
| 14.50 | 153.0 | 258.0 | 77.4 | .25 | 38.3 | 954.  |
| 15.00 | 157.0 | 267.0 | 78.6 | .25 | 39.3 | 974.  |
| 15.50 | 161.0 | 276.0 | 79.8 | .25 | 40.3 | 994.  |
| 16.00 | 165.0 | 285.0 | 81.0 | .25 | 41.3 | 1014. |
| 16.50 | 169.0 | 294.0 | 82.1 | .25 | 42.3 | 1033. |

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE  
 Capacità Portante palo D=1200 mm Al+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

| zz<br>m | S'v<br>kPa | Sv<br>kPa | Cu<br>kPa | Tau/S'v<br>- | Tau<br>kPa | qb<br>kPa |
|---------|------------|-----------|-----------|--------------|------------|-----------|
| 17.00   | 173.0      | 303.0     | 83.3      | .25          | 43.3       | 1053.     |
| 17.50   | 177.0      | 312.0     | 84.5      | .25          | 44.3       | 1073.     |
| 18.00   | 181.0      | 321.0     | 85.7      | .25          | 45.3       | 1092.     |
| 18.50   | 185.0      | 330.0     | 86.9      | .25          | 46.3       | 1112.     |
| 19.00   | 189.0      | 339.0     | 88.1      | .25          | 47.3       | 1132.     |
| 19.50   | 193.0      | 348.0     | 89.3      | .25          | 48.3       | 1152.     |
| 20.00   | 197.0      | 357.0     | 90.5      | .25          | 49.3       | 1171.     |
| 20.50   | 201.0      | 366.0     | 91.7      | .25          | 50.3       | 1191.     |
| 21.00   | 205.0      | 375.0     | 92.9      | .25          | 51.3       | 1211.     |
| 21.50   | 209.0      | 384.0     | 94.0      | .25          | 52.3       | 1230.     |
| 22.00   | 213.0      | 393.0     | 95.2      | .25          | 53.3       | 1250.     |
| 22.50   | 217.0      | 402.0     | 96.4      | .25          | 54.3       | 1270.     |
| 23.00   | 221.0      | 411.0     | 97.6      | .25          | 55.3       | 1290.     |
| 23.50   | 225.0      | 420.0     | 98.8      | .25          | 56.3       | 1309.     |
| 24.00   | 229.0      | 429.0     | 100.0     | .37          | 84.7       | 1329.     |
| 24.50   | 233.5      | 438.5     | --        | .49          | 114.4      | 1711.     |
| 25.00   | 238.0      | 448.0     | --        | .49          | 116.7      | 2092.     |
| 25.50   | 242.5      | 457.5     | --        | .49          | 118.9      | 2474.     |
| 26.00   | 247.0      | 467.0     | --        | .49          | 121.1      | 2692.     |
| 26.50   | 251.5      | 476.5     | --        | .49          | 123.3      | 2910.     |
| 27.00   | 256.0      | 486.0     | --        | .49          | 125.5      | 2842.     |
| 27.50   | 260.5      | 495.5     | --        | .49          | 127.7      | 2487.     |
| 28.00   | 265.0      | 505.0     | --        | .49          | 129.9      | 2133.     |
| 28.50   | 269.5      | 514.5     | --        | .49          | 132.1      | 1778.     |
| 29.00   | 274.0      | 524.0     | --        | .37          | 101.4      | 1424.     |
| 29.50   | 278.5      | 533.5     | 100.9     | .25          | 69.6       | 1442.     |
| 30.00   | 283.0      | 543.0     | 101.8     | .25          | 70.8       | 1459.     |
| 30.50   | 287.5      | 552.5     | 102.7     | .25          | 71.9       | 1477.     |
| 31.00   | 292.0      | 562.0     | 103.6     | .25          | 73.0       | 1495.     |
| 31.50   | 296.5      | 571.5     | 104.5     | .25          | 74.1       | 1512.     |

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

**AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE**  
 Lavori di Potenziamento dello  
 Svincolo Tiburtina  
 1° Stralcio Funzionale

**RELAZIONE GEOTECNICA**

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

84 di 151

Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

| zz<br>m | S'v<br>kPa | Sv<br>kPa | Cu<br>kPa | Tau/S'v<br>- | Tau<br>kPa | qb<br>kPa |
|---------|------------|-----------|-----------|--------------|------------|-----------|
| 32.00   | 301.0      | 581.0     | 105.5     | .25          | 75.3       | 1530.     |
| 32.50   | 305.5      | 590.5     | 106.4     | .25          | 76.4       | 1548.     |
| 33.00   | 310.0      | 600.0     | 107.3     | .25          | 77.5       | 1565.     |
| 33.50   | 314.5      | 609.5     | 108.2     | .25          | 78.6       | 1583.     |
| 34.00   | 319.0      | 619.0     | 109.1     | .25          | 79.8       | 1601.     |
| 34.50   | 323.5      | 628.5     | 110.0     | .25          | 80.9       | 1619.     |
| 35.00   | 328.0      | 638.0     | 110.9     | .25          | 82.0       | 1636.     |
| 35.50   | 332.5      | 647.5     | 111.8     | .25          | 83.1       | 1654.     |
| 36.00   | 337.0      | 657.0     | 112.7     | .25          | 84.3       | 1672.     |
| 36.50   | 341.5      | 666.5     | 113.6     | .25          | 85.4       | 1689.     |
| 37.00   | 346.0      | 676.0     | 114.5     | .25          | 86.5       | 1707.     |
| 37.50   | 350.5      | 685.5     | 115.5     | .25          | 87.6       | 1725.     |
| 38.00   | 355.0      | 695.0     | 116.4     | .25          | 88.8       | 1742.     |
| 38.50   | 359.5      | 704.5     | 117.3     | .25          | 89.9       | 1760.     |
| 39.00   | 364.0      | 714.0     | 118.2     | .25          | 91.0       | 1778.     |
| 39.50   | 368.5      | 723.5     | 119.1     | .25          | 92.1       | 1795.     |
| 40.00   | 373.0      | 733.0     | 120.0     | .25          | 93.3       | 1813.     |

zz = Profondita' da piano campagna  
 S'v = Tensione verticale efficace  
 Sv = Tensione verticale totale  
 Cu = Coesione non drenata  
 Tau = Tensione di adesione laterale limite  
 qb = Portata di base limite unitaria

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE  
 Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

| Lp<br>m | Q1l<br>kN | Qbl<br>kN | Wp<br>kN | Qu<br>kN | Qd<br>kN |
|---------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| .00     | 0.        | 565.      | 0.       | 565.     | 299.     |
| .50     | 33.       | 565.      | 3.       | 595.     | 317.     |
| 1.00    | 74.       | 565.      | 6.       | 634.     | 339.     |
| 1.50    | 129.      | 588.      | 8.       | 709.     | 383.     |
| 2.00    | 188.      | 610.      | 11.      | 787.     | 428.     |
| 2.50    | 248.      | 633.      | 14.      | 866.     | 474.     |
| 3.00    | 309.      | 655.      | 17.      | 947.     | 522.     |
| 3.50    | 371.      | 678.      | 20.      | 1029.    | 569.     |
| 4.00    | 435.      | 700.      | 23.      | 1113.    | 618.     |
| 4.50    | 501.      | 722.      | 25.      | 1198.    | 668.     |
| 5.00    | 567.      | 745.      | 28.      | 1284.    | 718.     |
| 5.50    | 635.      | 767.      | 31.      | 1372.    | 770.     |
| 6.00    | 705.      | 790.      | 34.      | 1460.    | 822.     |
| 6.50    | 775.      | 812.      | 37.      | 1551.    | 874.     |
| 7.00    | 847.      | 834.      | 40.      | 1642.    | 928.     |
| 7.50    | 921.      | 856.      | 42.      | 1735.    | 983.     |
| 8.00    | 996.      | 879.      | 45.      | 1829.    | 1038.    |
| 8.50    | 1072.     | 901.      | 48.      | 1925.    | 1094.    |
| 9.00    | 1149.     | 923.      | 51.      | 2021.    | 1151.    |
| 9.50    | 1228.     | 946.      | 54.      | 2120.    | 1209.    |
| 10.00   | 1308.     | 968.      | 57.      | 2219.    | 1268.    |
| 10.50   | 1389.     | 990.      | 59.      | 2320.    | 1328.    |
| 11.00   | 1472.     | 1013.     | 62.      | 2423.    | 1388.    |
| 11.50   | 1556.     | 1035.     | 65.      | 2526.    | 1449.    |
| 12.00   | 1630.     | 1057.     | 68.      | 2619.    | 1504.    |
| 12.50   | 1701.     | 1079.     | 71.      | 2710.    | 1557.    |
| 13.00   | 1774.     | 1102.     | 74.      | 2802.    | 1611.    |
| 13.50   | 1849.     | 1124.     | 76.      | 2897.    | 1667.    |



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

85 di 151

14.00 1926. 1146. 79. 2993. 1723.  
14.50 2004. 1169. 82. 3091. 1781.

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE  
Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

| Ip<br>m | Q11<br>kN | Qb1<br>kN | Wp<br>kN | Qu<br>kN | Qd<br>kN |
|---------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| 15.00   | 2085.     | 1191.     | 85.      | 3191.    | 1840.    |
| 15.50   | 2167.     | 1213.     | 88.      | 3293.    | 1900.    |
| 16.00   | 2252.     | 1236.     | 90.      | 3397.    | 1962.    |
| 16.50   | 2338.     | 1258.     | 93.      | 3502.    | 2024.    |
| 17.00   | 2426.     | 1280.     | 96.      | 3610.    | 2088.    |
| 17.50   | 2516.     | 1302.     | 99.      | 3720.    | 2153.    |
| 18.00   | 2608.     | 1325.     | 102.     | 3831.    | 2219.    |
| 18.50   | 2702.     | 1347.     | 105.     | 3944.    | 2286.    |
| 19.00   | 2797.     | 1369.     | 107.     | 4059.    | 2355.    |
| 19.50   | 2895.     | 1392.     | 110.     | 4176.    | 2424.    |
| 20.00   | 2994.     | 1414.     | 113.     | 4295.    | 2495.    |
| 20.50   | 3096.     | 1436.     | 116.     | 4416.    | 2567.    |
| 21.00   | 3199.     | 1458.     | 119.     | 4539.    | 2640.    |
| 21.50   | 3304.     | 1481.     | 122.     | 4663.    | 2714.    |
| 22.00   | 3424.     | 1503.     | 124.     | 4803.    | 2798.    |
| 22.50   | 3625.     | 1935.     | 127.     | 5432.    | 3148.    |
| 23.00   | 3842.     | 2366.     | 130.     | 6079.    | 3508.    |
| 23.50   | 4064.     | 2798.     | 133.     | 6729.    | 3872.    |
| 24.00   | 4291.     | 3044.     | 136.     | 7199.    | 4140.    |
| 24.50   | 4521.     | 3291.     | 139.     | 7673.    | 4411.    |
| 25.00   | 4755.     | 3214.     | 141.     | 7828.    | 4513.    |
| 25.50   | 4994.     | 2813.     | 144.     | 7663.    | 4446.    |
| 26.00   | 5237.     | 2412.     | 147.     | 7502.    | 4382.    |
| 26.50   | 5484.     | 2011.     | 150.     | 7345.    | 4320.    |
| 27.00   | 5719.     | 1611.     | 153.     | 7177.    | 4252.    |
| 27.50   | 5865.     | 1631.     | 156.     | 7340.    | 4350.    |
| 28.00   | 5997.     | 1651.     | 158.     | 7489.    | 4440.    |
| 28.50   | 6132.     | 1670.     | 161.     | 7641.    | 4531.    |
| 29.00   | 6268.     | 1690.     | 164.     | 7795.    | 4624.    |
| 29.50   | 6407.     | 1710.     | 167.     | 7950.    | 4718.    |



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

86 di 151

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE  
Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

| Lp<br>m | Q11<br>kN | Qb1<br>kN | Wp<br>kN | Qu<br>kN | Qd<br>kN |
|---------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| 30.00   | 6547.     | 1730.     | 170.     | 8108.    | 4813.    |
| 30.50   | 6690.     | 1750.     | 172.     | 8268.    | 4909.    |
| 31.00   | 6835.     | 1770.     | 175.     | 8431.    | 5007.    |
| 31.50   | 6983.     | 1790.     | 178.     | 8595.    | 5106.    |
| 32.00   | 7132.     | 1810.     | 181.     | 8761.    | 5207.    |
| 32.50   | 7283.     | 1830.     | 184.     | 8930.    | 5308.    |
| 33.00   | 7437.     | 1850.     | 187.     | 9101.    | 5412.    |
| 33.50   | 7592.     | 1870.     | 189.     | 9273.    | 5516.    |
| 34.00   | 7750.     | 1890.     | 192.     | 9448.    | 5622.    |
| 34.50   | 7910.     | 1910.     | 195.     | 9625.    | 5729.    |
| 35.00   | 8072.     | 1930.     | 198.     | 9805.    | 5837.    |
| 35.50   | 8236.     | 1950.     | 201.     | 9986.    | 5947.    |
| 36.00   | 8402.     | 1970.     | 204.     | 10169.   | 6058.    |
| 36.50   | 8571.     | 1990.     | 206.     | 10355.   | 6170.    |
| 37.00   | 8741.     | 2010.     | 209.     | 10542.   | 6284.    |
| 37.50   | 8914.     | 2030.     | 212.     | 10732.   | 6399.    |
| 38.00   | 9088.     | 2050.     | 215.     | 10924.   | 6515.    |

Lp = Lunghezza utile del palo

Q11 = Portata laterale limite

Qb1 = Portata di base limite

Wp = Peso efficace del palo

Qu = Portata totale limite

Qd = Portata di progetto =  $Q11/FS,1 + Qb1/FS,b - Wp$



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

87 di 151

## SOTTOVIA APPROCCIO 2 - COMBINAZIONE 1 (A1+M1+R3)

\*\*\* P A L \*\*\*

Programma per l'analisi della capacità portante  
assiale di un palo di fondazione

(C) G.Guiducci - Studio SINIESI (RN - Italy)  
ottobre 2006

pag./ 2

TIBURTINA-GRA SOTTOVIA

Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

Quota testa palo da p.c. = .00 m  
Quota falda da p.c. = 4.00 m  
Peso di volume del palo = 5.00 kN/m<sup>3</sup>  
Fattore di sicurezza portata laterale = 1.61 (FS,l)  
Fattore di sicurezza portata di base = 1.89 (FS,b)

Elemento con sezione avente:

Area = 1.13000 m<sup>2</sup> Perimetro = 1.88000 m

Criterio per la determinazione della portata di base in uno strato "i"  
quando la  $Q_{b,i}$  ad esso attribuibile e' superiore a quella degli  
strati adiacenti:

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.199 = 3.60$  m  
entro lo strato se quello sovrastante e' piu' debole

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.199 = 3.60$  m  
sopra lo strato sottostante se esso e' piu' debole

La variazione di  $Q_b$  viene assunta lineare dal passaggio di strato

pag./ 3

TIBURTINA-GRA SOTTOVIA

Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 1 "Pi" (Incoerente) da .00 a 7.50 m

Gn = 17.0 kN/m<sup>3</sup> Ge = 7.0 kN/m<sup>3</sup>

$\tau = K * \tan(\delta) * S'v < 150.0$  kPa  
K = .70  $\delta = 33.0$  deg

$Q_b$  variabile lin. da 1675. a 1675. kPa

Strato 2 "SG" (Incoerente) da 7.50 a 15.50 m

Gn = 19.0 kN/m<sup>3</sup> Ge = 9.0 kN/m<sup>3</sup>

$\tau = K * \tan(\delta) * S'v < 150.0$  kPa  
K = .70  $\delta = 35.0$  deg

$Q_b$  variabile lin. da 2000. a 2000. kPa



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO  
88 di 151

Strato 3 "AG" (Coesivo) da 15.50 a 40.00 m

$$G_n = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 9.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = \alpha \cdot C_u < 120.0 \text{ kPa}$$

Criterio  $\alpha(C_u)$  nel seguito

$$\tau > .25 \cdot S'v$$

$$\tau < .55 \cdot S'v$$

$$Q_b = 9.0 \cdot C_u$$

$C_u$  variabile lin. da 150.0 a 150.0 kPa

pag./ 4

TIBURTINA-GRÀ SOTTOVIA

Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

| strato | Molt. $\tau$ | Molt. $Q_b$ | Molt. $C_u$ |
|--------|--------------|-------------|-------------|
| 1 "Pi" | 1.00         | 1.00        | -           |
| 2 "SG" | 1.00         | 1.00        | -           |
| 3 "AG" | 1.00         | 1.00        | 1.00        |

NOTA: i moltiplicatori non influenzano le limitazioni superiori o inferiori dei parametri

Per terreni coesivi: Criterio  $\tau = \alpha \cdot C_u$

| $C_u$<br>kPa | $\alpha$ |
|--------------|----------|
| .0           | .90      |
| 25.0         | .90      |
| 25.1         | .80      |
| 50.0         | .80      |
| 50.1         | .60      |
| 75.0         | .60      |
| 75.1         | .40      |
| 400.0        | .40      |

pag./ 5

TIBURTINA-GRÀ SOTTOVIA

Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacità portante

| zz<br>m | $S'v$<br>kPa | $Sv$<br>kPa | $C_u$<br>kPa | $\tau/S'v$<br>- | $\tau$<br>kPa | $\phi$<br>kPa |
|---------|--------------|-------------|--------------|-----------------|---------------|---------------|
| .00     | .0           | .0          | --           | .00             | .0            | 1675.         |
| .50     | 8.5          | 8.5         | --           | .45             | 3.9           | 1675.         |



**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

**AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE**  
 Lavori di Potenziamento dello  
 Svincolo Tiburtina  
 1° Stralcio Funzionale

**RELAZIONE GEOTECNICA**

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

89 di 151

|       |       |       |    |     |      |       |
|-------|-------|-------|----|-----|------|-------|
| 1.00  | 17.0  | 17.0  | -- | .45 | 7.7  | 1675. |
| 1.50  | 25.5  | 25.5  | -- | .45 | 11.6 | 1675. |
| 2.00  | 34.0  | 34.0  | -- | .45 | 15.5 | 1675. |
| 2.50  | 42.5  | 42.5  | -- | .45 | 19.3 | 1675. |
| 3.00  | 51.0  | 51.0  | -- | .45 | 23.2 | 1675. |
| 3.50  | 59.5  | 59.5  | -- | .45 | 27.0 | 1675. |
| 4.00  | 68.0  | 68.0  | -- | .45 | 30.9 | 1675. |
| 4.50  | 71.5  | 76.5  | -- | .45 | 32.5 | 1675. |
| 5.00  | 75.0  | 85.0  | -- | .45 | 34.1 | 1675. |
| 5.50  | 78.5  | 93.5  | -- | .45 | 35.7 | 1675. |
| 6.00  | 82.0  | 102.0 | -- | .45 | 37.3 | 1675. |
| 6.50  | 85.5  | 110.5 | -- | .45 | 38.9 | 1675. |
| 7.00  | 89.0  | 119.0 | -- | .45 | 40.5 | 1675. |
| 7.50  | 92.5  | 127.5 | -- | .47 | 43.7 | 1675. |
| 8.00  | 97.0  | 137.0 | -- | .49 | 47.5 | 1721. |
| 8.50  | 101.5 | 146.5 | -- | .49 | 49.7 | 1768. |
| 9.00  | 106.0 | 156.0 | -- | .49 | 52.0 | 1814. |
| 9.50  | 110.5 | 165.5 | -- | .49 | 54.2 | 1861. |
| 10.00 | 115.0 | 175.0 | -- | .49 | 56.4 | 1907. |
| 10.50 | 119.5 | 184.5 | -- | .49 | 58.6 | 1954. |
| 11.00 | 124.0 | 194.0 | -- | .49 | 60.8 | 2000. |
| 11.50 | 128.5 | 203.5 | -- | .49 | 63.0 | 2000. |
| 12.00 | 133.0 | 213.0 | -- | .49 | 65.2 | 2000. |
| 12.50 | 137.5 | 222.5 | -- | .49 | 67.4 | 1907. |
| 13.00 | 142.0 | 232.0 | -- | .49 | 69.6 | 1814. |
| 13.50 | 146.5 | 241.5 | -- | .49 | 71.8 | 1721. |
| 14.00 | 151.0 | 251.0 | -- | .49 | 74.0 | 1629. |
| 14.50 | 155.5 | 260.5 | -- | .49 | 76.2 | 1536. |

pag./ 6

**TIBURTINA-GR A SOTTOVIA**

Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

| zz<br>m | S'v<br>kPa | Sv<br>kPa | Cu<br>kPa | Tau/S'v<br>- | Tau<br>kPa | q <sub>p</sub><br>kPa |
|---------|------------|-----------|-----------|--------------|------------|-----------------------|
| 15.00   | 160.0      | 270.0     | --        | .49          | 78.4       | 1443.                 |
| 15.50   | 164.5      | 279.5     | --        | .43          | 70.3       | 1350.                 |
| 16.00   | 169.0      | 289.0     | 150.0     | .36          | 60.0       | 1350.                 |
| 16.50   | 173.5      | 298.5     | 150.0     | .35          | 60.0       | 1350.                 |
| 17.00   | 178.0      | 308.0     | 150.0     | .34          | 60.0       | 1350.                 |
| 17.50   | 182.5      | 317.5     | 150.0     | .33          | 60.0       | 1350.                 |
| 18.00   | 187.0      | 327.0     | 150.0     | .32          | 60.0       | 1350.                 |
| 18.50   | 191.5      | 336.5     | 150.0     | .31          | 60.0       | 1350.                 |
| 19.00   | 196.0      | 346.0     | 150.0     | .31          | 60.0       | 1350.                 |
| 19.50   | 200.5      | 355.5     | 150.0     | .30          | 60.0       | 1350.                 |
| 20.00   | 205.0      | 365.0     | 150.0     | .29          | 60.0       | 1350.                 |
| 20.50   | 209.5      | 374.5     | 150.0     | .29          | 60.0       | 1350.                 |
| 21.00   | 214.0      | 384.0     | 150.0     | .28          | 60.0       | 1350.                 |
| 21.50   | 218.5      | 393.5     | 150.0     | .27          | 60.0       | 1350.                 |
| 22.00   | 223.0      | 403.0     | 150.0     | .27          | 60.0       | 1350.                 |
| 22.50   | 227.5      | 412.5     | 150.0     | .26          | 60.0       | 1350.                 |
| 23.00   | 232.0      | 422.0     | 150.0     | .26          | 60.0       | 1350.                 |
| 23.50   | 236.5      | 431.5     | 150.0     | .25          | 60.0       | 1350.                 |
| 24.00   | 241.0      | 441.0     | 150.0     | .25          | 60.3       | 1350.                 |
| 24.50   | 245.5      | 450.5     | 150.0     | .25          | 61.4       | 1350.                 |

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

**AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE**  
 Lavori di Potenziamento dello  
 Svincolo Tiburtina  
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO  
90 di 151

|       |       |       |       |     |      |       |
|-------|-------|-------|-------|-----|------|-------|
| 25.00 | 250.0 | 460.0 | 150.0 | .25 | 62.5 | 1350. |
| 25.50 | 254.5 | 469.5 | 150.0 | .25 | 63.6 | 1350. |
| 26.00 | 259.0 | 479.0 | 150.0 | .25 | 64.8 | 1350. |
| 26.50 | 263.5 | 488.5 | 150.0 | .25 | 65.9 | 1350. |
| 27.00 | 268.0 | 498.0 | 150.0 | .25 | 67.0 | 1350. |
| 27.50 | 272.5 | 507.5 | 150.0 | .25 | 68.1 | 1350. |
| 28.00 | 277.0 | 517.0 | 150.0 | .25 | 69.3 | 1350. |
| 28.50 | 281.5 | 526.5 | 150.0 | .25 | 70.4 | 1350. |
| 29.00 | 286.0 | 536.0 | 150.0 | .25 | 71.5 | 1350. |
| 29.50 | 290.5 | 545.5 | 150.0 | .25 | 72.6 | 1350. |

pag./ 7

TIBURTINA-GR A SOTTOVIA

Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

| zz    | S'v   | Sv    | Cu    | Tau/S'v | Tau  | qb    |
|-------|-------|-------|-------|---------|------|-------|
| m     | kPa   | kPa   | kPa   | -       | kPa  | kPa   |
| 30.00 | 295.0 | 555.0 | 150.0 | .25     | 73.8 | 1350. |
| 30.50 | 299.5 | 564.5 | 150.0 | .25     | 74.9 | 1350. |
| 31.00 | 304.0 | 574.0 | 150.0 | .25     | 76.0 | 1350. |
| 31.50 | 308.5 | 583.5 | 150.0 | .25     | 77.1 | 1350. |
| 32.00 | 313.0 | 593.0 | 150.0 | .25     | 78.3 | 1350. |
| 32.50 | 317.5 | 602.5 | 150.0 | .25     | 79.4 | 1350. |
| 33.00 | 322.0 | 612.0 | 150.0 | .25     | 80.5 | 1350. |
| 33.50 | 326.5 | 621.5 | 150.0 | .25     | 81.6 | 1350. |
| 34.00 | 331.0 | 631.0 | 150.0 | .25     | 82.8 | 1350. |
| 34.50 | 335.5 | 640.5 | 150.0 | .25     | 83.9 | 1350. |
| 35.00 | 340.0 | 650.0 | 150.0 | .25     | 85.0 | 1350. |
| 35.50 | 344.5 | 659.5 | 150.0 | .25     | 86.1 | 1350. |
| 36.00 | 349.0 | 669.0 | 150.0 | .25     | 87.3 | 1350. |
| 36.50 | 353.5 | 678.5 | 150.0 | .25     | 88.4 | 1350. |
| 37.00 | 358.0 | 688.0 | 150.0 | .25     | 89.5 | 1350. |
| 37.50 | 362.5 | 697.5 | 150.0 | .25     | 90.6 | 1350. |
| 38.00 | 367.0 | 707.0 | 150.0 | .25     | 91.8 | 1350. |
| 38.50 | 371.5 | 716.5 | 150.0 | .25     | 92.9 | 1350. |
| 39.00 | 376.0 | 726.0 | 150.0 | .25     | 94.0 | 1350. |
| 39.50 | 380.5 | 735.5 | 150.0 | .25     | 95.1 | 1350. |
| 40.00 | 385.0 | 745.0 | 150.0 | .25     | 96.3 | 1350. |

zz = Profondita' da piano campagna

S'v = Tensione verticale efficace

Sv = Tensione verticale totale

Cu = Coesione non drenata

Tau = Tensione di adesione laterale limite

qb = Portata di base limite unitaria

pag./ 8

TIBURTINA-GR A SOTTOVIA

Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

**AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE**  
 Lavori di Potenziamento dello  
 Svincolo Tiburtina  
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

91 di 151

| Ip<br>m | Ql1<br>kN | Qb1<br>kN | Wp<br>kN | Qu<br>kN | Qd<br>kN |
|---------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| .00     | 0.        | 1893.     | 0.       | 1893.    | 1001.    |
| .50     | 2.        | 1893.     | 3.       | 1892.    | 1000.    |
| 1.00    | 7.        | 1893.     | 6.       | 1894.    | 1000.    |
| 1.50    | 16.       | 1893.     | 8.       | 1901.    | 1003.    |
| 2.00    | 29.       | 1893.     | 11.      | 1911.    | 1008.    |
| 2.50    | 45.       | 1893.     | 14.      | 1924.    | 1016.    |
| 3.00    | 65.       | 1893.     | 17.      | 1941.    | 1025.    |
| 3.50    | 89.       | 1893.     | 20.      | 1962.    | 1037.    |
| 4.00    | 116.      | 1893.     | 23.      | 1986.    | 1051.    |
| 4.50    | 146.      | 1893.     | 25.      | 2013.    | 1067.    |
| 5.00    | 177.      | 1893.     | 28.      | 2042.    | 1083.    |
| 5.50    | 210.      | 1893.     | 31.      | 2072.    | 1101.    |
| 6.00    | 244.      | 1893.     | 34.      | 2103.    | 1119.    |
| 6.50    | 280.      | 1893.     | 37.      | 2136.    | 1139.    |
| 7.00    | 317.      | 1893.     | 40.      | 2171.    | 1159.    |
| 7.50    | 357.      | 1893.     | 42.      | 2207.    | 1181.    |
| 8.00    | 400.      | 1945.     | 45.      | 2300.    | 1232.    |
| 8.50    | 446.      | 1998.     | 48.      | 2395.    | 1286.    |
| 9.00    | 493.      | 2050.     | 51.      | 2493.    | 1340.    |
| 9.50    | 543.      | 2103.     | 54.      | 2592.    | 1396.    |
| 10.00   | 595.      | 2155.     | 57.      | 2694.    | 1453.    |
| 10.50   | 649.      | 2208.     | 59.      | 2798.    | 1512.    |
| 11.00   | 705.      | 2260.     | 62.      | 2903.    | 1572.    |
| 11.50   | 764.      | 2260.     | 65.      | 2959.    | 1605.    |
| 12.00   | 824.      | 2260.     | 68.      | 3016.    | 1640.    |
| 12.50   | 886.      | 2155.     | 71.      | 2971.    | 1620.    |
| 13.00   | 951.      | 2050.     | 73.      | 2927.    | 1602.    |
| 13.50   | 1017.     | 1945.     | 76.      | 2886.    | 1585.    |
| 14.00   | 1086.     | 1840.     | 79.      | 2847.    | 1569.    |
| 14.50   | 1156.     | 1735.     | 82.      | 2810.    | 1554.    |

pag./ 9

TIBURTINA-GR4 SOTTOVIA

Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

| Ip<br>m | Ql1<br>kN | Qb1<br>kN | Wp<br>kN | Qu<br>kN | Qd<br>kN |
|---------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| 15.00   | 1229.     | 1630.     | 85.      | 2774.    | 1541.    |
| 15.50   | 1301.     | 1526.     | 88.      | 2739.    | 1528.    |
| 16.00   | 1360.     | 1526.     | 90.      | 2795.    | 1561.    |
| 16.50   | 1416.     | 1526.     | 93.      | 2849.    | 1594.    |
| 17.00   | 1473.     | 1526.     | 96.      | 2902.    | 1626.    |
| 17.50   | 1529.     | 1526.     | 99.      | 2956.    | 1658.    |
| 18.00   | 1586.     | 1526.     | 102.     | 3009.    | 1690.    |
| 18.50   | 1642.     | 1526.     | 105.     | 3063.    | 1722.    |
| 19.00   | 1698.     | 1526.     | 107.     | 3116.    | 1755.    |
| 19.50   | 1755.     | 1526.     | 110.     | 3170.    | 1787.    |
| 20.00   | 1811.     | 1526.     | 113.     | 3224.    | 1819.    |
| 20.50   | 1868.     | 1526.     | 116.     | 3277.    | 1851.    |
| 21.00   | 1924.     | 1526.     | 119.     | 3331.    | 1883.    |
| 21.50   | 1980.     | 1526.     | 121.     | 3384.    | 1916.    |
| 22.00   | 2037.     | 1526.     | 124.     | 3438.    | 1948.    |

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

**AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE**  
 Lavori di Potenziamento dello  
 Svincolo Tiburtina  
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

92 di 151

|       |       |       |      |       |       |
|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| 22.50 | 2093. | 1526. | 127. | 3492. | 1980. |
| 23.00 | 2150. | 1526. | 130. | 3545. | 2012. |
| 23.50 | 2206. | 1526. | 133. | 3599. | 2045. |
| 24.00 | 2262. | 1526. | 136. | 3652. | 2077. |
| 24.50 | 2320. | 1526. | 138. | 3707. | 2109. |
| 25.00 | 2378. | 1526. | 141. | 3762. | 2143. |
| 25.50 | 2437. | 1526. | 144. | 3818. | 2177. |
| 26.00 | 2497. | 1526. | 147. | 3876. | 2211. |
| 26.50 | 2559. | 1526. | 150. | 3935. | 2247. |
| 27.00 | 2621. | 1526. | 153. | 3994. | 2283. |
| 27.50 | 2685. | 1526. | 155. | 4055. | 2319. |
| 28.00 | 2749. | 1526. | 158. | 4117. | 2357. |
| 28.50 | 2815. | 1526. | 161. | 4179. | 2395. |
| 29.00 | 2882. | 1526. | 164. | 4243. | 2433. |
| 29.50 | 2949. | 1526. | 167. | 4308. | 2472. |

pag. / 10

TIBURTINA-GR A SOTTOVIA

Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA capacità portante e relativi contributi

| Ip<br>m | Ql1<br>kN | Qb1<br>kN | Wp<br>kN | Qu<br>kN | Qd<br>kN |
|---------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| 30.00   | 3018.     | 1526.     | 170.     | 4374.    | 2512.    |
| 30.50   | 3088.     | 1526.     | 172.     | 4441.    | 2553.    |
| 31.00   | 3159.     | 1526.     | 175.     | 4509.    | 2594.    |
| 31.50   | 3231.     | 1526.     | 178.     | 4578.    | 2636.    |
| 32.00   | 3304.     | 1526.     | 181.     | 4649.    | 2678.    |
| 32.50   | 3378.     | 1526.     | 184.     | 4720.    | 2722.    |
| 33.00   | 3453.     | 1526.     | 186.     | 4792.    | 2766.    |
| 33.50   | 3529.     | 1526.     | 189.     | 4866.    | 2810.    |
| 34.00   | 3607.     | 1526.     | 192.     | 4940.    | 2855.    |
| 34.50   | 3685.     | 1526.     | 195.     | 5015.    | 2901.    |
| 35.00   | 3764.     | 1526.     | 198.     | 5092.    | 2947.    |
| 35.50   | 3845.     | 1526.     | 201.     | 5170.    | 2995.    |
| 36.00   | 3926.     | 1526.     | 203.     | 5248.    | 3042.    |
| 36.50   | 4009.     | 1526.     | 206.     | 5328.    | 3091.    |
| 37.00   | 4092.     | 1526.     | 209.     | 5409.    | 3140.    |
| 37.50   | 4177.     | 1526.     | 212.     | 5491.    | 3190.    |
| 38.00   | 4263.     | 1526.     | 215.     | 5574.    | 3240.    |
| 38.50   | 4349.     | 1526.     | 218.     | 5657.    | 3291.    |
| 39.00   | 4437.     | 1526.     | 220.     | 5742.    | 3343.    |
| 39.50   | 4526.     | 1526.     | 223.     | 5829.    | 3395.    |
| 40.00   | 4616.     | 1526.     | 226.     | 5916.    | 3448.    |

Ip = lunghezza utile del palo

Ql1 = Portata laterale limite

Qb1 = Portata di base limite

Wp = Peso efficace del palo

Qu = Portata totale limite

Qd = Portata di progetto =  $Ql1/FS,1 + Qb1/FS,b - Wp$



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

93 di 151

# ALLEGATO 2

***Momento adimensionale lungo  
il palo. Elaborati di calcolo MR***



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

94 di 151

## CAVALCAVIA PALO $D=1200$ MM

\*\*\* P A L \*\*\*

Programma per l'analisi della capacità portante  
assiale di un palo di fondazione

(C) G.Guiducci - Studio SINIESI (RN - Italy)

ottobre 2006

pag./ 2

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE

Capacità Portante palo  $D=1200$  mm  $A1+M1+R3$

Quota testa palo da p.c. = 2.00 m  
Quota falda da p.c. = 4.00 m  
Peso di volume del palo = 5.00 kN/m<sup>3</sup>  
Fattore di sicurezza portata laterale = 1.61 (FS,l)  
Fattore di sicurezza portata di base = 1.89 (FS,b)

Elemento cilindrico, Diametro fusto = 1200. mm

Criterio per la determinazione della portata di base in uno strato "i"  
quando la  $Q_{b,i}$  ad esso attribuibile e' superiore a quella degli  
strati adiacenti:

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.200 = 3.60$  m  
entro lo strato se quello sovrastante e' piu' debole

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.200 = 3.60$  m  
sopra lo strato sottostante se esso e' piu' debole

La variazione di  $Q_b$  viene assunta lineare dal passaggio di strato

pag./ 3

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE

Capacità Portante palo  $D=1200$  mm  $A1+M1+R3$

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 1 "R" (Incoerente) da .00 a 3.00 m

$G_n = 17.0$  kN/m<sup>3</sup>  $G_e = 7.0$  kN/m<sup>3</sup>

$\tau = K * \tan(\delta) * S'v < 150.0$  kPa

$K = .70$   $\delta = 33.0$  deg

$Q_b$  variabile lin. da 500. a 500. kPa

Strato 2 "AG" (Coesivo) da 3.00 a 24.00 m

$G_n = 18.0$  kN/m<sup>3</sup>  $G_e = 8.0$  kN/m<sup>3</sup>

$\tau = \alpha * C_u < 100.0$  kPa

Criterio  $\alpha(C_u)$  nel seguito

$\tau > .25 * S'v$

$\tau < .55 * S'v$

$Q_b = 9.0 * C_u + S'v$

$C_u$  variabile lin. da 50.0 a 100.0 kPa

Strato 3 "SG" (Incoerente) da 24.00 a 29.00 m

$G_n = 19.0$  kN/m<sup>3</sup>  $G_e = 9.0$  kN/m<sup>3</sup>



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO  
95 di 151

$\tau = K * \tan(\delta) * S'v < 150.0 \text{ kPa}$   
 $K = .70 \quad \delta = 35.0 \text{ deg}$   
 $Q_b$  variabile lin. da 4000. a 4000. kPa

pag./ 4

TIBURTINA-GR A CAVALCAVIA SPALLE E PILE  
Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 4 "AG" (Coesivo) da 29.00 a 40.00 m  
 $G_n = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 9.0 \text{ kN/m}^3$   
 $\tau = \alpha * C_u < 120.0 \text{ kPa}$   
Criterio  $\alpha(C_u)$  nel seguito  
 $\tau > .25 * S'v$   
 $\tau < .55 * S'v$   
 $Q_b = 9.0 * C_u + S_v$   
 $C_u$  variabile lin. da 100.0 a 120.0 kPa

pag./ 5

TIBURTINA-GR A CAVALCAVIA SPALLE E PILE  
Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

| strato | Molt. Tau | Molt. Qb | Molt. Cu |
|--------|-----------|----------|----------|
| 1 "R"  | 1.00      | 1.00     | -        |
| 2 "AG" | 1.00      | 1.00     | 1.00     |
| 3 "SG" | 1.00      | 1.00     | -        |
| 4 "AG" | 1.00      | 1.00     | 1.00     |

NOTA: i moltiplicatori non influenzano le limitazioni superiori o inferiori dei parametri

Per terreni coesivi: Criterio  $\tau = \alpha * C_u$

| Cu<br>kPa | alfa |
|-----------|------|
| .0        | .90  |
| 25.0      | .90  |
| 25.1      | .80  |
| 50.0      | .80  |
| 50.1      | .60  |
| 75.0      | .60  |
| 75.1      | .40  |
| 400.0     | .40  |

pag./ 6

TIBURTINA-GR A CAVALCAVIA SPALLE E PILE  
Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

**AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE**  
 Lavori di Potenziamento dello  
 Svincolo Tiburtina  
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

96 di 151

| zz<br>m | S'v<br>kPa | Sv<br>kPa | Cu<br>kPa | Tau/S'v<br>- | Tau<br>kPa | φ<br>kPa |
|---------|------------|-----------|-----------|--------------|------------|----------|
| 2.00    | 34.0       | 34.0      | --        | .45          | 15.5       | 500.     |
| 2.50    | 42.5       | 42.5      | --        | .45          | 19.3       | 500.     |
| 3.00    | 51.0       | 51.0      | --        | .50          | 25.6       | 500.     |
| 3.50    | 60.0       | 60.0      | 51.2      | .51          | 30.7       | 520.     |
| 4.00    | 69.0       | 69.0      | 52.4      | .46          | 31.4       | 540.     |
| 4.50    | 73.0       | 78.0      | 53.6      | .44          | 32.1       | 560.     |
| 5.00    | 77.0       | 87.0      | 54.8      | .43          | 32.9       | 579.     |
| 5.50    | 81.0       | 96.0      | 56.0      | .41          | 33.6       | 599.     |
| 6.00    | 85.0       | 105.0     | 57.1      | .40          | 34.3       | 619.     |
| 6.50    | 89.0       | 114.0     | 58.3      | .39          | 35.0       | 639.     |
| 7.00    | 93.0       | 123.0     | 59.5      | .38          | 35.7       | 659.     |
| 7.50    | 97.0       | 132.0     | 60.7      | .38          | 36.4       | 678.     |
| 8.00    | 101.0      | 141.0     | 61.9      | .37          | 37.1       | 698.     |
| 8.50    | 105.0      | 150.0     | 63.1      | .36          | 37.9       | 718.     |
| 9.00    | 109.0      | 159.0     | 64.3      | .35          | 38.6       | 738.     |
| 9.50    | 113.0      | 168.0     | 65.5      | .35          | 39.3       | 757.     |
| 10.00   | 117.0      | 177.0     | 66.7      | .34          | 40.0       | 777.     |
| 10.50   | 121.0      | 186.0     | 67.9      | .34          | 40.7       | 797.     |
| 11.00   | 125.0      | 195.0     | 69.0      | .33          | 41.4       | 816.     |
| 11.50   | 129.0      | 204.0     | 70.2      | .33          | 42.1       | 836.     |
| 12.00   | 133.0      | 213.0     | 71.4      | .32          | 42.9       | 856.     |
| 12.50   | 137.0      | 222.0     | 72.6      | .32          | 43.6       | 876.     |
| 13.00   | 141.0      | 231.0     | 73.8      | .31          | 44.3       | 895.     |
| 13.50   | 145.0      | 240.0     | 75.0      | .31          | 45.0       | 915.     |
| 14.00   | 149.0      | 249.0     | 76.2      | .25          | 37.3       | 935.     |
| 14.50   | 153.0      | 258.0     | 77.4      | .25          | 38.3       | 954.     |
| 15.00   | 157.0      | 267.0     | 78.6      | .25          | 39.3       | 974.     |
| 15.50   | 161.0      | 276.0     | 79.8      | .25          | 40.3       | 994.     |
| 16.00   | 165.0      | 285.0     | 81.0      | .25          | 41.3       | 1014.    |
| 16.50   | 169.0      | 294.0     | 82.1      | .25          | 42.3       | 1033.    |

pag./ 7

**TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE**

Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

| zz<br>m | S'v<br>kPa | Sv<br>kPa | Cu<br>kPa | Tau/S'v<br>- | Tau<br>kPa | φ<br>kPa |
|---------|------------|-----------|-----------|--------------|------------|----------|
| 17.00   | 173.0      | 303.0     | 83.3      | .25          | 43.3       | 1053.    |
| 17.50   | 177.0      | 312.0     | 84.5      | .25          | 44.3       | 1073.    |
| 18.00   | 181.0      | 321.0     | 85.7      | .25          | 45.3       | 1092.    |
| 18.50   | 185.0      | 330.0     | 86.9      | .25          | 46.3       | 1112.    |
| 19.00   | 189.0      | 339.0     | 88.1      | .25          | 47.3       | 1132.    |
| 19.50   | 193.0      | 348.0     | 89.3      | .25          | 48.3       | 1152.    |
| 20.00   | 197.0      | 357.0     | 90.5      | .25          | 49.3       | 1171.    |
| 20.50   | 201.0      | 366.0     | 91.7      | .25          | 50.3       | 1191.    |
| 21.00   | 205.0      | 375.0     | 92.9      | .25          | 51.3       | 1211.    |
| 21.50   | 209.0      | 384.0     | 94.0      | .25          | 52.3       | 1230.    |
| 22.00   | 213.0      | 393.0     | 95.2      | .25          | 53.3       | 1250.    |
| 22.50   | 217.0      | 402.0     | 96.4      | .25          | 54.3       | 1270.    |
| 23.00   | 221.0      | 411.0     | 97.6      | .25          | 55.3       | 1290.    |
| 23.50   | 225.0      | 420.0     | 98.8      | .25          | 56.3       | 1309.    |



**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

**AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE**  
 Lavori di Potenziamento dello  
 Svincolo Tiburtina  
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO  
97 di 151

|       |       |       |       |     |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|
| 24.00 | 229.0 | 429.0 | 100.0 | .37 | 84.7  | 1329. |
| 24.50 | 233.5 | 438.5 | --    | .49 | 114.4 | 1711. |
| 25.00 | 238.0 | 448.0 | --    | .49 | 116.7 | 2092. |
| 25.50 | 242.5 | 457.5 | --    | .49 | 118.9 | 2474. |
| 26.00 | 247.0 | 467.0 | --    | .49 | 121.1 | 2692. |
| 26.50 | 251.5 | 476.5 | --    | .49 | 123.3 | 2910. |
| 27.00 | 256.0 | 486.0 | --    | .49 | 125.5 | 2842. |
| 27.50 | 260.5 | 495.5 | --    | .49 | 127.7 | 2487. |
| 28.00 | 265.0 | 505.0 | --    | .49 | 129.9 | 2133. |
| 28.50 | 269.5 | 514.5 | --    | .49 | 132.1 | 1778. |
| 29.00 | 274.0 | 524.0 | --    | .37 | 101.4 | 1424. |
| 29.50 | 278.5 | 533.5 | 100.9 | .25 | 69.6  | 1442. |
| 30.00 | 283.0 | 543.0 | 101.8 | .25 | 70.8  | 1459. |
| 30.50 | 287.5 | 552.5 | 102.7 | .25 | 71.9  | 1477. |
| 31.00 | 292.0 | 562.0 | 103.6 | .25 | 73.0  | 1495. |
| 31.50 | 296.5 | 571.5 | 104.5 | .25 | 74.1  | 1512. |

pag./ 8

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE

Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

| zz<br>m | S'v<br>kPa | Sv<br>kPa | Cu<br>kPa | Tau/S'v<br>- | Tau<br>kPa | qb<br>kPa |
|---------|------------|-----------|-----------|--------------|------------|-----------|
| 32.00   | 301.0      | 581.0     | 105.5     | .25          | 75.3       | 1530.     |
| 32.50   | 305.5      | 590.5     | 106.4     | .25          | 76.4       | 1548.     |
| 33.00   | 310.0      | 600.0     | 107.3     | .25          | 77.5       | 1565.     |
| 33.50   | 314.5      | 609.5     | 108.2     | .25          | 78.6       | 1583.     |
| 34.00   | 319.0      | 619.0     | 109.1     | .25          | 79.8       | 1601.     |
| 34.50   | 323.5      | 628.5     | 110.0     | .25          | 80.9       | 1619.     |
| 35.00   | 328.0      | 638.0     | 110.9     | .25          | 82.0       | 1636.     |
| 35.50   | 332.5      | 647.5     | 111.8     | .25          | 83.1       | 1654.     |
| 36.00   | 337.0      | 657.0     | 112.7     | .25          | 84.3       | 1672.     |
| 36.50   | 341.5      | 666.5     | 113.6     | .25          | 85.4       | 1689.     |
| 37.00   | 346.0      | 676.0     | 114.5     | .25          | 86.5       | 1707.     |
| 37.50   | 350.5      | 685.5     | 115.5     | .25          | 87.6       | 1725.     |
| 38.00   | 355.0      | 695.0     | 116.4     | .25          | 88.8       | 1742.     |
| 38.50   | 359.5      | 704.5     | 117.3     | .25          | 89.9       | 1760.     |
| 39.00   | 364.0      | 714.0     | 118.2     | .25          | 91.0       | 1778.     |
| 39.50   | 368.5      | 723.5     | 119.1     | .25          | 92.1       | 1795.     |
| 40.00   | 373.0      | 733.0     | 120.0     | .25          | 93.3       | 1813.     |

zz = Profondita' da piano campagna

S'v = Tensione verticale efficace

Sv = Tensione verticale totale

Cu = Coesione non drenata

Tau = Tensione di adesione laterale limite

qb = Portata di base limite unitaria

pag./ 9

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE

Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

**AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE**  
 Lavori di Potenziamento dello  
 Svincolo Tiburtina  
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

98 di 151

| Ip<br>m | Q11<br>kN | Qb1<br>kN | Wp<br>kN | Qu<br>kN | Qd<br>kN |
|---------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| .00     | 0.        | 565.      | 0.       | 565.     | 299.     |
| .50     | 33.       | 565.      | 3.       | 595.     | 317.     |
| 1.00    | 74.       | 565.      | 6.       | 634.     | 339.     |
| 1.50    | 129.      | 588.      | 8.       | 709.     | 383.     |
| 2.00    | 188.      | 610.      | 11.      | 787.     | 428.     |
| 2.50    | 248.      | 633.      | 14.      | 866.     | 474.     |
| 3.00    | 309.      | 655.      | 17.      | 947.     | 522.     |
| 3.50    | 371.      | 678.      | 20.      | 1029.    | 569.     |
| 4.00    | 435.      | 700.      | 23.      | 1113.    | 618.     |
| 4.50    | 501.      | 722.      | 25.      | 1198.    | 668.     |
| 5.00    | 567.      | 745.      | 28.      | 1284.    | 718.     |
| 5.50    | 635.      | 767.      | 31.      | 1372.    | 770.     |
| 6.00    | 705.      | 790.      | 34.      | 1460.    | 822.     |
| 6.50    | 775.      | 812.      | 37.      | 1551.    | 874.     |
| 7.00    | 847.      | 834.      | 40.      | 1642.    | 928.     |
| 7.50    | 921.      | 856.      | 42.      | 1735.    | 983.     |
| 8.00    | 996.      | 879.      | 45.      | 1829.    | 1038.    |
| 8.50    | 1072.     | 901.      | 48.      | 1925.    | 1094.    |
| 9.00    | 1149.     | 923.      | 51.      | 2021.    | 1151.    |
| 9.50    | 1228.     | 946.      | 54.      | 2120.    | 1209.    |
| 10.00   | 1308.     | 968.      | 57.      | 2219.    | 1268.    |
| 10.50   | 1389.     | 990.      | 59.      | 2320.    | 1328.    |
| 11.00   | 1472.     | 1013.     | 62.      | 2423.    | 1388.    |
| 11.50   | 1556.     | 1035.     | 65.      | 2526.    | 1449.    |
| 12.00   | 1630.     | 1057.     | 68.      | 2619.    | 1504.    |
| 12.50   | 1701.     | 1079.     | 71.      | 2710.    | 1557.    |
| 13.00   | 1774.     | 1102.     | 74.      | 2802.    | 1611.    |
| 13.50   | 1849.     | 1124.     | 76.      | 2897.    | 1667.    |
| 14.00   | 1926.     | 1146.     | 79.      | 2993.    | 1723.    |
| 14.50   | 2004.     | 1169.     | 82.      | 3091.    | 1781.    |

pag./ 10

**TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE**

Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA capacità portante e relativi contributi

| Ip<br>m | Q11<br>kN | Qb1<br>kN | Wp<br>kN | Qu<br>kN | Qd<br>kN |
|---------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| 15.00   | 2085.     | 1191.     | 85.      | 3191.    | 1840.    |
| 15.50   | 2167.     | 1213.     | 88.      | 3293.    | 1900.    |
| 16.00   | 2252.     | 1236.     | 90.      | 3397.    | 1962.    |
| 16.50   | 2338.     | 1258.     | 93.      | 3502.    | 2024.    |
| 17.00   | 2426.     | 1280.     | 96.      | 3610.    | 2088.    |
| 17.50   | 2516.     | 1302.     | 99.      | 3720.    | 2153.    |
| 18.00   | 2608.     | 1325.     | 102.     | 3831.    | 2219.    |
| 18.50   | 2702.     | 1347.     | 105.     | 3944.    | 2286.    |
| 19.00   | 2797.     | 1369.     | 107.     | 4059.    | 2355.    |
| 19.50   | 2895.     | 1392.     | 110.     | 4176.    | 2424.    |
| 20.00   | 2994.     | 1414.     | 113.     | 4295.    | 2495.    |
| 20.50   | 3096.     | 1436.     | 116.     | 4416.    | 2567.    |
| 21.00   | 3199.     | 1458.     | 119.     | 4539.    | 2640.    |
| 21.50   | 3304.     | 1481.     | 122.     | 4663.    | 2714.    |

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

**AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE**

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

99 di 151

|       |       |       |      |       |       |
|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| 22.00 | 3424. | 1503. | 124. | 4803. | 2798. |
| 22.50 | 3625. | 1935. | 127. | 5432. | 3148. |
| 23.00 | 3842. | 2366. | 130. | 6079. | 3508. |
| 23.50 | 4064. | 2798. | 133. | 6729. | 3872. |
| 24.00 | 4291. | 3044. | 136. | 7199. | 4140. |
| 24.50 | 4521. | 3291. | 139. | 7673. | 4411. |
| 25.00 | 4755. | 3214. | 141. | 7828. | 4513. |
| 25.50 | 4994. | 2813. | 144. | 7663. | 4446. |
| 26.00 | 5237. | 2412. | 147. | 7502. | 4382. |
| 26.50 | 5484. | 2011. | 150. | 7345. | 4320. |
| 27.00 | 5719. | 1611. | 153. | 7177. | 4252. |
| 27.50 | 5865. | 1631. | 156. | 7340. | 4350. |
| 28.00 | 5997. | 1651. | 158. | 7489. | 4440. |
| 28.50 | 6132. | 1670. | 161. | 7641. | 4531. |
| 29.00 | 6268. | 1690. | 164. | 7795. | 4624. |
| 29.50 | 6407. | 1710. | 167. | 7950. | 4718. |

pag. / 11

**TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE**

Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA capacità portante e relativi contributi

| Ip<br>m | Ql1<br>kN | Qb1<br>kN | Wp<br>kN | Qu<br>kN | Qd<br>kN |
|---------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| 30.00   | 6547.     | 1730.     | 170.     | 8108.    | 4813.    |
| 30.50   | 6690.     | 1750.     | 172.     | 8268.    | 4909.    |
| 31.00   | 6835.     | 1770.     | 175.     | 8431.    | 5007.    |
| 31.50   | 6983.     | 1790.     | 178.     | 8595.    | 5106.    |
| 32.00   | 7132.     | 1810.     | 181.     | 8761.    | 5207.    |
| 32.50   | 7283.     | 1830.     | 184.     | 8930.    | 5308.    |
| 33.00   | 7437.     | 1850.     | 187.     | 9101.    | 5412.    |
| 33.50   | 7592.     | 1870.     | 189.     | 9273.    | 5516.    |
| 34.00   | 7750.     | 1890.     | 192.     | 9448.    | 5622.    |
| 34.50   | 7910.     | 1910.     | 195.     | 9625.    | 5729.    |
| 35.00   | 8072.     | 1930.     | 198.     | 9805.    | 5837.    |
| 35.50   | 8236.     | 1950.     | 201.     | 9986.    | 5947.    |
| 36.00   | 8402.     | 1970.     | 204.     | 10169.   | 6058.    |
| 36.50   | 8571.     | 1990.     | 206.     | 10355.   | 6170.    |
| 37.00   | 8741.     | 2010.     | 209.     | 10542.   | 6284.    |
| 37.50   | 8914.     | 2030.     | 212.     | 10732.   | 6399.    |
| 38.00   | 9088.     | 2050.     | 215.     | 10924.   | 6515.    |

Ip = lunghezza utile del palo

Ql1 = Portata laterale limite

Qb1 = Portata di base limite

Wp = Peso efficace del palo

Qu = Portata totale limite

Qd = Portata di progetto =  $Ql1/FS,l + Qb1/FS,b - Wp$



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

100 di 151

# ALLEGATO 3

***Analisi dei cedimenti dei  
rilevati. Elaborati di calcolo  
CED - Metodologia di calcolo  
cedimenti***



## **ANALISI DEI CEDIMENTI PER RILEVATI E FONDAZIONI DIRETTE - ANALISI DELLE TENSIONI INDOTTE NEL SOTTOSUOLO DAI CARICHI APPLICATI IN SUPERFICIE**

La valutazione dell'incremento dello stato tensionale indotto nel terreno dai carichi applicati viene condotta con riferimento a soluzioni basate sulle seguenti ipotesi semplificative:

- il terreno è schematizzato come un semispazio elastico lineare, omogeneo ed isotropo (modello di Boussinesq);
- l'area di carico è posta sulla superficie del semispazio ed è supposta di rigidità nulla.

Per una generica condizione di carico viene eseguita una discretizzazione in un numero finito di superfici rettangolari sulle quali è applicata una pressione uniforme.

Per ogni direttrice di calcolo del cedimento vengono valutati gli incrementi di tensione indotti da ogni singola superficie di carico componendo poi gli effetti.

La soluzione base impiegata è quella di Florin (1959) che fornisce gli incrementi di tensione in corrispondenza di una verticale passante per lo spigolo di un'area di carico rettangolare:

$$\delta\sigma_z = \frac{q}{2\pi} \cdot \left[ \tan^{-1} \frac{ab}{zR_3} + \frac{abz}{R_3} \cdot \left( \frac{1}{R_1^2} + \frac{1}{R_2^2} \right) \right]$$

$$\delta\sigma_x = \frac{q}{2\pi} \cdot \left[ \tan^{-1} \frac{ab}{zR_3} - \frac{abz}{R_1^2 R_3} \right]$$

$$\delta\sigma_y = \frac{q}{2\pi} \cdot \left[ \tan^{-1} \frac{ab}{zR_3} - \frac{abz}{R_2^2 R_3} \right]$$

dove:  $\delta\sigma_z$  = incremento di tensione verticale,

$\delta\sigma_{x,y}$  = incrementi di tensioni orizzontali;

$$R_1^2 = (a^2 + z^2),$$

$$R_2^2 = (b^2 + z^2),$$

$$R_3^2 = (a^2 + b^2 + z^2);$$

q = carico applicato (pressione),

a = semilato dell'area di carico in direzione x

b = semilato dell'area di carico in direzione y

z = asse verticale.



## CALCOLO DEI CEDIMENTI

Il cedimento ( $s$ ) viene valutato, dopo avere discretizzato l'altezza significativa di terreno in "n" strati, in base alla seguente relazione:

$$z = H_c$$

$$s = \sum_{z=0}^z [(\delta\sigma_{z,i} - \nu(\delta\sigma_{x,i} + \delta\sigma_{y,i})) \cdot h_i / E'_i]$$

dove:

$E'_i$  = modulo di deformazione dello strato i-esimo;

$h_i$  = altezza dello strato i-esimo,

$H_c$  = altezza del volume di terreno significativo,

$\delta\sigma_z$  = incremento di tensione verticale,

$\delta\sigma_{x,y}$  = incrementi di tensioni orizzontali.

Il calcolo dei cedimenti è limitato agli strati di terreno che realisticamente risentono del carico applicato in superficie. Ciò è individuato entro la profondità  $H_c$  per cui:

$$\delta\sigma_z / \sigma'_{vo} > 0.10;$$

essendo:

$\sigma'_{vo}$  = tensione verticale efficace litostatica.

Il cedimento totale dato dagli strati coesivi (di bassa permeabilità) è generalmente dato dalla somma di tre contributi:

$$S_t = S_i + S_c + S_s$$

dove:

$S_t$  = cedimento totale;

$S_i$  = cedimento immediato; esso si sviluppa all'applicazione del carico, viene valutato con il modulo  $E_u$  (in condizioni non drenate).

$S_c$  = cedimento per consolidazione, con sviluppo completo al tempo in cui sarà avvenuta la completa dissipazione delle sovrappressioni interstiziali indotte dai carichi.

$S_s$  = cedimento secondario, dovuto a deformazioni viscosi del terreno con carico costante e pressioni interstiziali stabilizzate.

Il contributo del cedimento secondario diventa importante in pochi casi, quando il cedimento dipende in gran parte da uno strato argilloso di rilevante spessore nel quale il completamento della consolidazione avviene in pochi mesi (inserimento di dreni verticali molto fitti).

Nei casi in cui il cedimento secondario può essere trascurato si valuterà:

$S_t$ , con il modulo  $E'$  (in condizioni drenate),

$S_i$ , con il modulo  $E_u$  (in condizioni non drenate),

$$S_c = S_t - S_i.$$



## VALUTAZIONE DEI TEMPI DI CONSOLIDAZIONE CONSOLIDAZIONE MONODIMENSIONALE

L'analisi del processo di consolidazione consiste nella previsione del decorso nel tempo della dissipazione della sovrappressione interstiziale e quindi del cedimento.

Si tratta di un problema molto complesso del quale esistono in letteratura delle soluzioni relative a schemi semplificati che possono comunque fornire indicazioni per i problemi pratici.

La prima soluzione al problema monodimensionale è stata ottenuta da Terzaghi (1923) nell'ambito delle seguenti ipotesi:

- terreno omogeneo e completamente saturo, con legge sforzi-deformazione di tipo lineare;
- i parametri di compressibilità e di permeabilità sono costanti durante il processo di consolidazione;
- incompressibilità dell'acqua e dello scheletro solido del terreno;
- deformazioni piccole e comportamento del terreno non viscoso;
- il carico è supposto applicato istantaneamente;
- validità della legge di Darcy.

L'equazione differenziale che regola il fenomeno in regime transitorio è:

$$c_v \frac{d^2 u}{dz^2} = \frac{du}{dt}$$

dove:  $c_v$  = coefficiente di consolidazione verticale;

$u$  = sovrappressione interstiziale:  $u(z,t)$ ;

$z$  = dimensione (verticale);

$t$  = tempo;

$d$  = simbolo per derivata parziale.

La soluzione dell'equazione dipende dalle condizioni iniziali:

- distribuzione delle sovrappressioni interstiziali all'atto dell'applicazione del carico;
- condizioni di drenaggio al contorno.

La soluzione è generalmente espressa in termini del parametro adimensionale "grado di consolidazione"  $U_v$  definito dal rapporto fra la sovrappressione dissipata e quella iniziale:

$$U_v(z,t) = \frac{u_0 - u(z,t)}{u_0} = 1 - \frac{u(z,t)}{u_0} = \frac{s_c(t)}{s_c}$$

dove:  $u_0$  = sovrappressione iniziale;



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

104 di 151

$u(z,t)$  = sovrappressione durante il transitorio;

$s_c(t)$  = cedimento (per consolidazione) nel generico istante  $t$ ;

$s_c$  = cedimento al termine del processo.

Una funzione che approssima la soluzione dell'equazione differenziale è stata proposta da Sivaram e Swamee - 1977 (vedasi "Geotecnica" di R. Lancellotta) :

$$U_v = (4 \cdot T_v / \pi)^{0.5} / [1 + (4 \cdot T_v / \pi)^{2.8}]^{0.179}$$

dove:

$T_v = c_v \cdot t / L_v^2$  fattore di tempo adimensionale

$c_v = k_v \cdot E_d / \gamma_w$  coefficiente di consolidazione verticale

$k_v$  = coefficiente di permeabilità verticale

$E_d$  = modulo di compressibilità edometrica

$\gamma_w$  = peso di volume dell'acqua

$t$  = istante di tempo generico

$L_v$  = massimo percorso di drenaggio.





Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

105 di 151

## RILEVATO DI APPROCCIO AL SOTTOVIA – CEDIMENTI TOTALI

\*\*\* CED \*\*\*

Programma per l'analisi dei cedimenti  
per aree di carico di rigidità nulla

(C) G.Guiducci - aprile 1999

pag./ 1

TIBURTINA-SOTTOVIA Rilevato approccio spalla  
Rilevato illimitato - cedimento totale

Coefficiente di Frolich = 4  
S'z a quota piano di posa = .0 kPa  
Profondità falda = 4.0 m  
Coefficiente di Poisson = .30

Caratteristiche stratigrafiche e meccaniche

| n. | Z in<br>m | Z fin<br>m | E in<br>kPa | E fin<br>kPa | G nat<br>kN/m <sup>3</sup> | G eff<br>kN/m <sup>3</sup> | N dv |
|----|-----------|------------|-------------|--------------|----------------------------|----------------------------|------|
| 1  | .0        | 7.5        | 15000.      | 15000.       | 17.0                       | 7.0                        | 15   |
| 2  | 7.5       | 15.5       | 30000.      | 30000.       | 19.0                       | 9.0                        | 16   |
| 3  | 15.5      | 35.0       | 50000.      | 50000.       | 19.0                       | 9.0                        | 20   |

S'z = tensione verticale efficace litostatica  
Z in = profondità inizio strato  
Z fin = profondità fine strato  
E in = modulo elastico inizio strato  
E fin = modulo elastico fine strato  
G nat = peso di volume naturale  
G eff = peso di volume efficace  
N dv = numero suddivisioni dello strato

Dati riguardanti il rilevato (Y - asse longitudinale)

Altezza complessiva = 5.5 m  
Larghezza sommità = 8.0 m  
Pendenza scarpe = 1000.000 (vert/orizz)  
Peso di volume = 20.0 kN/m<sup>3</sup>  
Sovraccarico in sommità = .0 kPa

Caratteristiche delle aree di carico equivalenti al rilevato

| N. | Press.<br>kPa | X c<br>m | Y c<br>m | X lato<br>m | Y lato<br>m | Carico<br>MN |
|----|---------------|----------|----------|-------------|-------------|--------------|
|----|---------------|----------|----------|-------------|-------------|--------------|

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

**AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE**  
 Lavori di Potenziamento dello  
 Svincolo Tiburtina  
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

106 di 151

|   |      |     |     |      |        |        |
|---|------|-----|-----|------|--------|--------|
| 1 | 22.0 | .00 | .00 | 8.01 | 320.22 | 56.428 |
| 2 | 22.0 | .00 | .00 | 8.01 | 320.22 | 56.413 |
| 3 | 22.0 | .00 | .00 | 8.01 | 320.22 | 56.397 |
| 4 | 22.0 | .00 | .00 | 8.00 | 320.22 | 56.382 |
| 5 | 22.0 | .00 | .00 | 8.00 | 320.22 | 56.366 |

Carico totale = 281.987 MN

pag./ 3

TIBURTINA-SOTTOVIA Rilevato appoggio spalla  
 Rilevato illimitato - cedimento totale

RISULTATI relativi alla direttrice 1

X = .00 m Y = .00 m

Incrementi di tensioni dovuti ai carichi

| Prof.<br>m | D S'z<br>kPa | D S'x<br>kPa | D S'y<br>kPa | .10 S'z | E medio |
|------------|--------------|--------------|--------------|---------|---------|
| .3         | 110.0        | 54.7         | 54.9         | .4      | 15000.  |
| .8         | 110.0        | 52.2         | 54.1         | 1.3     | 15000.  |
| 1.3        | 109.7        | 47.8         | 52.5         | 2.1     | 15000.  |
| 1.8        | 108.9        | 42.3         | 50.4         | 3.0     | 15000.  |
| 2.3        | 107.4        | 36.4         | 47.9         | 3.8     | 15000.  |
| 2.8        | 105.2        | 30.8         | 45.3         | 4.7     | 15000.  |
| 3.3        | 102.4        | 25.7         | 42.7         | 5.5     | 15000.  |
| 3.8        | 99.0         | 21.4         | 40.1         | 6.4     | 15000.  |
| 4.3        | 95.4         | 17.7         | 37.7         | 7.0     | 15000.  |
| 4.8        | 91.6         | 14.7         | 35.4         | 7.3     | 15000.  |
| 5.3        | 87.8         | 12.3         | 33.3         | 7.7     | 15000.  |
| 5.8        | 84.0         | 10.3         | 31.4         | 8.0     | 15000.  |
| 6.3        | 80.4         | 8.6          | 29.7         | 8.4     | 15000.  |
| 6.8        | 76.9         | 7.3          | 28.0         | 8.7     | 15000.  |
| 7.3        | 73.5         | 6.2          | 26.6         | 9.1     | 15000.  |
| 7.8        | 70.4         | 5.3          | 25.2         | 9.5     | 30000.  |
| 8.3        | 67.5         | 4.6          | 24.0         | 9.9     | 30000.  |
| 8.8        | 64.7         | 4.0          | 22.9         | 10.4    | 30000.  |
| 9.3        | 62.1         | 3.4          | 21.8         | 10.8    | 30000.  |
| 9.8        | 59.7         | 3.0          | 20.9         | 11.3    | 30000.  |
| 10.3       | 57.4         | 2.6          | 20.0         | 11.7    | 30000.  |
| 10.8       | 55.2         | 2.3          | 19.2         | 12.2    | 30000.  |
| 11.3       | 53.2         | 2.1          | 18.4         | 12.6    | 30000.  |
| 11.8       | 51.4         | 1.8          | 17.7         | 13.1    | 30000.  |
| 12.3       | 49.6         | 1.6          | 17.1         | 13.5    | 30000.  |
| 12.8       | 47.9         | 1.5          | 16.5         | 14.0    | 30000.  |
| 13.3       | 46.4         | 1.3          | 15.9         | 14.4    | 30000.  |
| 13.8       | 44.9         | 1.2          | 15.4         | 14.9    | 30000.  |
| 14.3       | 43.5         | 1.1          | 14.9         | 15.3    | 30000.  |
| 14.8       | 42.2         | 1.0          | 14.4         | 15.8    | 30000.  |
| 15.3       | 41.0         | .9           | 13.9         | 16.2    | 30000.  |
| 16.0       | 39.3         | .8           | 13.3         | 16.9    | 50000.  |



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO  
107 di 151

|      |      |    |      |      |        |
|------|------|----|------|------|--------|
| 17.0 | 37.2 | .7 | 12.6 | 17.8 | 50000. |
| 17.9 | 35.4 | .6 | 11.9 | 18.6 | 50000. |
| 18.9 | 33.7 | .5 | 11.4 | 19.5 | 50000. |
| 19.9 | 32.1 | .4 | 10.8 | 20.4 | 50000. |
| 20.9 | 30.7 | .4 | 10.3 | 21.3 | 50000. |
| 21.8 | 29.4 | .3 | 9.9  | 22.2 | 50000. |
| 22.8 | 28.2 | .3 | 9.5  | 23.0 | 50000. |
| 23.8 | 27.1 | .3 | 9.1  | 23.9 | 50000. |
| 24.8 | 26.1 | .2 | 8.7  | 24.8 | 50000. |

D S'z,x,y = incrementi di tensione indotti dai carichi  
S'z = tensione verticale efficace litostatica

pag./ 4

TIBURTINA-SOTTIOVIA Rilevato approccio spalla  
Rilevato illimitato - cedimento totale

RISULTATI relativi alla direttrice 1

X = .00 m Y = .00 m

Cedimenti totali

Cedimenti parziali

| Prof.<br>m | Cedimento<br>mm | da<br>m | a<br>m | D cedim.<br>mm |
|------------|-----------------|---------|--------|----------------|
| .0         | 56.3            |         |        |                |
| .5         | 53.7            | .0      | .5     | 2.6            |
| 1.0        | 51.1            | .5      | 1.0    | 2.6            |
| 1.5        | 48.4            | 1.0     | 1.5    | 2.7            |
| 2.0        | 45.7            | 1.5     | 2.0    | 2.7            |
| 2.5        | 43.0            | 2.0     | 2.5    | 2.7            |
| 3.0        | 40.2            | 2.5     | 3.0    | 2.7            |
| 3.5        | 37.5            | 3.0     | 3.5    | 2.7            |
| 4.0        | 34.8            | 3.5     | 4.0    | 2.7            |
| 4.5        | 32.2            | 4.0     | 4.5    | 2.6            |
| 5.0        | 29.7            | 4.5     | 5.0    | 2.6            |
| 5.5        | 27.2            | 5.0     | 5.5    | 2.5            |
| 6.0        | 24.8            | 5.5     | 6.0    | 2.4            |
| 6.5        | 22.5            | 6.0     | 6.5    | 2.3            |
| 7.0        | 20.3            | 6.5     | 7.0    | 2.2            |
| 7.5        | 18.2            | 7.0     | 7.5    | 2.1            |
| 8.0        | 17.2            | 7.5     | 8.0    | 1.0            |
| 8.5        | 16.2            | 8.0     | 8.5    | 1.0            |
| 9.0        | 15.2            | 8.5     | 9.0    | .9             |
| 9.5        | 14.3            | 9.0     | 9.5    | .9             |
| 10.0       | 13.4            | 9.5     | 10.0   | .9             |
| 10.5       | 12.6            | 10.0    | 10.5   | .8             |
| 11.0       | 11.8            | 10.5    | 11.0   | .8             |
| 11.5       | 11.0            | 11.0    | 11.5   | .8             |
| 12.0       | 10.2            | 11.5    | 12.0   | .8             |
| 12.5       | 9.5             | 12.0    | 12.5   | .7             |
| 13.0       | 8.8             | 12.5    | 13.0   | .7             |



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO  
108 di 151

|      |     |      |      |    |
|------|-----|------|------|----|
| 13.5 | 8.1 | 13.0 | 13.5 | .7 |
| 14.0 | 7.5 | 13.5 | 14.0 | .7 |
| 14.5 | 6.8 | 14.0 | 14.5 | .6 |
| 15.0 | 6.2 | 14.5 | 15.0 | .6 |
| 15.5 | 5.6 | 15.0 | 15.5 | .6 |
| 16.5 | 4.9 | 15.5 | 16.5 | .7 |
| 17.4 | 4.2 | 16.5 | 17.4 | .6 |
| 18.4 | 3.6 | 17.4 | 18.4 | .6 |
| 19.4 | 3.0 | 18.4 | 19.4 | .6 |
| 20.4 | 2.5 | 19.4 | 20.4 | .6 |
| 21.4 | 1.9 | 20.4 | 21.4 | .5 |
| 22.3 | 1.4 | 21.4 | 22.3 | .5 |
| 23.3 | .9  | 22.3 | 23.3 | .5 |
| 24.3 | .5  | 23.3 | 24.3 | .5 |
| 25.3 | .0  | 24.3 | 25.3 | .5 |

Cedimento totale = 56.3 mm

pag./ 5

TIBURTINA-SOTTOVIA Rilevato appoggio spalla  
Rilevato illimitato - cedimento totale

RISULTATI relativi alla direttrice 2

X = 4.00 m Y = .00 m

Incrementi di tensioni dovuti ai carichi

| Prof.<br>m | D S'z<br>kPa | D S'x<br>kPa | D S'y<br>kPa | .10 S'z | E medio |
|------------|--------------|--------------|--------------|---------|---------|
| .3         | 55.9         | 27.5         | 27.8         | .4      | 15000.  |
| .8         | 55.3         | 27.1         | 27.5         | 1.3     | 15000.  |
| 1.3        | 55.2         | 26.5         | 27.2         | 2.1     | 15000.  |
| 1.8        | 55.1         | 25.6         | 26.9         | 3.0     | 15000.  |
| 2.3        | 55.0         | 24.5         | 26.5         | 3.8     | 15000.  |
| 2.8        | 54.8         | 23.3         | 26.0         | 4.7     | 15000.  |
| 3.3        | 54.6         | 21.9         | 25.5         | 5.5     | 15000.  |
| 3.8        | 54.3         | 20.4         | 24.9         | 6.4     | 15000.  |
| 4.3        | 54.0         | 18.9         | 24.3         | 7.0     | 15000.  |
| 4.8        | 53.5         | 17.5         | 23.7         | 7.3     | 15000.  |
| 5.3        | 52.9         | 16.1         | 23.0         | 7.7     | 15000.  |
| 5.8        | 52.3         | 14.7         | 22.3         | 8.0     | 15000.  |
| 6.3        | 51.6         | 13.5         | 21.7         | 8.4     | 15000.  |
| 6.8        | 50.8         | 12.3         | 21.0         | 8.7     | 15000.  |
| 7.3        | 50.0         | 11.2         | 20.4         | 9.1     | 15000.  |
| 7.8        | 49.1         | 10.2         | 19.8         | 9.5     | 30000.  |
| 8.3        | 48.2         | 9.3          | 19.2         | 9.9     | 30000.  |
| 8.8        | 47.3         | 8.5          | 18.6         | 10.4    | 30000.  |
| 9.3        | 46.3         | 7.7          | 18.0         | 10.8    | 30000.  |
| 9.8        | 45.3         | 7.0          | 17.4         | 11.3    | 30000.  |
| 10.3       | 44.4         | 6.4          | 16.9         | 11.7    | 30000.  |



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO  
109 di 151

|      |      |     |      |      |        |
|------|------|-----|------|------|--------|
| 10.8 | 43.4 | 5.9 | 16.4 | 12.2 | 30000. |
| 11.3 | 42.5 | 5.4 | 15.9 | 12.6 | 30000. |
| 11.8 | 41.6 | 4.9 | 15.5 | 13.1 | 30000. |
| 12.3 | 40.6 | 4.5 | 15.0 | 13.5 | 30000. |
| 12.8 | 39.7 | 4.1 | 14.6 | 14.0 | 30000. |
| 13.3 | 38.9 | 3.8 | 14.2 | 14.4 | 30000. |
| 13.8 | 38.0 | 3.5 | 13.8 | 14.9 | 30000. |
| 14.3 | 37.2 | 3.2 | 13.5 | 15.3 | 30000. |
| 14.8 | 36.4 | 3.0 | 13.1 | 15.8 | 30000. |
| 15.3 | 35.6 | 2.8 | 12.8 | 16.2 | 30000. |
| 16.0 | 34.5 | 2.5 | 12.3 | 16.9 | 50000. |
| 17.0 | 33.1 | 2.1 | 11.7 | 17.8 | 50000. |
| 17.9 | 31.8 | 1.9 | 11.2 | 18.6 | 50000. |
| 18.9 | 30.5 | 1.6 | 10.7 | 19.5 | 50000. |
| 19.9 | 29.4 | 1.4 | 10.2 | 20.4 | 50000. |
| 20.9 | 28.3 | 1.3 | 9.8  | 21.3 | 50000. |
| 21.8 | 27.3 | 1.1 | 9.4  | 22.2 | 50000. |
| 22.8 | 26.3 | 1.0 | 9.1  | 23.0 | 50000. |
| 23.8 | 25.4 | .9  | 8.7  | 23.9 | 50000. |
| 24.8 | 24.6 | .8  | 8.4  | 24.8 | 50000. |

D S'z,x,y = incrementi di tensione indotti dai carichi  
S'z = tensione verticale efficace litostatica

pag./ 6

TIBURTINA-SOTTOVIA Rilevato approccio spalla  
Rilevato illimitato - cedimento totale

RISULTATI relativi alla direttrice 2

X = 4.00 m Y = .00 m

Cedimenti totali

Cedimenti parziali

| Prof.<br>m | Cedimento<br>mm | da<br>m | a<br>m | D cedim.<br>mm |
|------------|-----------------|---------|--------|----------------|
| .0         | 34.7            |         |        |                |
| .5         | 33.4            | .0      | .5     | 1.3            |
| 1.0        | 32.1            | .5      | 1.0    | 1.3            |
| 1.5        | 30.8            | 1.0     | 1.5    | 1.3            |
| 2.0        | 29.4            | 1.5     | 2.0    | 1.3            |
| 2.5        | 28.1            | 2.0     | 2.5    | 1.3            |
| 3.0        | 26.8            | 2.5     | 3.0    | 1.3            |
| 3.5        | 25.4            | 3.0     | 3.5    | 1.3            |
| 4.0        | 24.1            | 3.5     | 4.0    | 1.4            |
| 4.5        | 22.7            | 4.0     | 4.5    | 1.4            |
| 5.0        | 21.3            | 4.5     | 5.0    | 1.4            |
| 5.5        | 20.0            | 5.0     | 5.5    | 1.4            |
| 6.0        | 18.6            | 5.5     | 6.0    | 1.4            |
| 6.5        | 17.2            | 6.0     | 6.5    | 1.4            |
| 7.0        | 15.9            | 6.5     | 7.0    | 1.4            |
| 7.5        | 14.5            | 7.0     | 7.5    | 1.4            |



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO  
110 di 151

|      |      |      |      |    |
|------|------|------|------|----|
| 8.0  | 13.8 | 7.5  | 8.0  | .7 |
| 8.5  | 13.2 | 8.0  | 8.5  | .7 |
| 9.0  | 12.5 | 8.5  | 9.0  | .7 |
| 9.5  | 11.9 | 9.0  | 9.5  | .6 |
| 10.0 | 11.3 | 9.5  | 10.0 | .6 |
| 10.5 | 10.6 | 10.0 | 10.5 | .6 |
| 11.0 | 10.0 | 10.5 | 11.0 | .6 |
| 11.5 | 9.4  | 11.0 | 11.5 | .6 |
| 12.0 | 8.8  | 11.5 | 12.0 | .6 |
| 12.5 | 8.2  | 12.0 | 12.5 | .6 |
| 13.0 | 7.7  | 12.5 | 13.0 | .6 |
| 13.5 | 7.1  | 13.0 | 13.5 | .6 |
| 14.0 | 6.6  | 13.5 | 14.0 | .5 |
| 14.5 | 6.0  | 14.0 | 14.5 | .5 |
| 15.0 | 5.5  | 14.5 | 15.0 | .5 |
| 15.5 | 5.0  | 15.0 | 15.5 | .5 |
| 16.5 | 4.4  | 15.5 | 16.5 | .6 |
| 17.4 | 3.8  | 16.5 | 17.4 | .6 |
| 18.4 | 3.3  | 17.4 | 18.4 | .5 |
| 19.4 | 2.8  | 18.4 | 19.4 | .5 |
| 20.4 | 2.3  | 19.4 | 20.4 | .5 |
| 21.4 | 1.8  | 20.4 | 21.4 | .5 |
| 22.3 | 1.3  | 21.4 | 22.3 | .5 |
| 23.3 | .9   | 22.3 | 23.3 | .5 |
| 24.3 | .4   | 23.3 | 24.3 | .4 |
| 25.3 | .0   | 24.3 | 25.3 | .4 |

Cedimento totale = 34.7 mm

pag./ 7

TIBURTINA-SOTTOVIA Rilevato appoggio spalla  
Rilevato illimitato - cedimento totale

RISULTATI relativi alla direttrice 3

X = 8.00 m Y = .00 m

Incrementi di tensioni dovuti ai carichi

| Prof.<br>m | D S'z<br>kPa | D S'x<br>kPa | D S'y<br>kPa | .10 S'z | E medio |
|------------|--------------|--------------|--------------|---------|---------|
| .3         | .0           | .1           | .0           | .4      | 15000.  |
| .8         | .0           | 1.2          | .4           | 1.3     | 15000.  |
| 1.3        | .2           | 3.2          | 1.1          | 2.1     | 15000.  |
| 1.8        | .6           | 5.5          | 2.0          | 3.0     | 15000.  |
| 2.3        | 1.3          | 7.9          | 3.1          | 3.8     | 15000.  |
| 2.8        | 2.4          | 10.1         | 4.1          | 4.7     | 15000.  |
| 3.3        | 3.7          | 11.9         | 5.2          | 5.5     | 15000.  |
| 3.8        | 5.3          | 13.2         | 6.2          | 6.4     | 15000.  |
| 4.3        | 7.1          | 14.2         | 7.1          | 7.0     | 15000.  |
| 4.8        | 8.8          | 14.8         | 7.9          | 7.3     | 15000.  |



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

111 di 151

|      |      |      |      |      |        |
|------|------|------|------|------|--------|
| 5.3  | 10.6 | 15.0 | 8.5  | 7.7  | 15000. |
| 5.8  | 12.3 | 15.1 | 9.1  | 8.0  | 15000. |
| 6.3  | 13.8 | 14.9 | 9.6  | 8.4  | 15000. |
| 6.8  | 15.3 | 14.6 | 10.0 | 8.7  | 15000. |
| 7.3  | 16.6 | 14.2 | 10.3 | 9.1  | 15000. |
| 7.8  | 17.8 | 13.7 | 10.5 | 9.5  | 30000. |
| 8.3  | 18.9 | 13.1 | 10.7 | 9.9  | 30000. |
| 8.8  | 19.8 | 12.5 | 10.8 | 10.4 | 30000. |
| 9.3  | 20.7 | 11.9 | 10.9 | 10.8 | 30000. |
| 9.8  | 21.4 | 11.4 | 10.9 | 11.3 | 30000. |
| 10.3 | 22.0 | 10.8 | 10.9 | 11.7 | 30000. |
| 10.8 | 22.5 | 10.2 | 10.9 | 12.2 | 30000. |
| 11.3 | 22.9 | 9.6  | 10.8 | 12.6 | 30000. |
| 11.8 | 23.3 | 9.1  | 10.8 | 13.1 | 30000. |
| 12.3 | 23.5 | 8.6  | 10.7 | 13.5 | 30000. |
| 12.8 | 23.7 | 8.1  | 10.6 | 14.0 | 30000. |
| 13.3 | 23.9 | 7.7  | 10.5 | 14.4 | 30000. |
| 13.8 | 24.0 | 7.2  | 10.4 | 14.9 | 30000. |
| 14.3 | 24.1 | 6.8  | 10.3 | 15.3 | 30000. |
| 14.8 | 24.1 | 6.4  | 10.1 | 15.8 | 30000. |
| 15.3 | 24.0 | 6.1  | 10.0 | 16.2 | 30000. |
| 16.0 | 24.0 | 5.6  | 9.8  | 16.9 | 50000. |
| 17.0 | 23.8 | 5.0  | 9.6  | 17.8 | 50000. |
| 17.9 | 23.5 | 4.4  | 9.3  | 18.6 | 50000. |
| 18.9 | 23.2 | 4.0  | 9.0  | 19.5 | 50000. |
| 19.9 | 22.8 | 3.6  | 8.8  | 20.4 | 50000. |
| 20.9 | 22.4 | 3.2  | 8.5  | 21.3 | 50000. |
| 21.8 | 22.0 | 2.9  | 8.3  | 22.2 | 50000. |

D S'z,x,y = incrementi di tensione indotti dai carichi

S'z = tensione verticale efficace litostatica

pag./ 8

TIBURTINA-SOTIOVIA Rilevato appoggio spalla

Rilevato illimitato - cedimento totale

RISULTATI relativi alla direttrice 3

X = 8.00 m Y = .00 m

Cedimenti totali

Cedimenti parziali

| Prof.<br>m | Cedimento<br>mm | da<br>m | a<br>m | D cedim.<br>mm |
|------------|-----------------|---------|--------|----------------|
| .0         | 7.8             |         |        |                |
| .5         | 7.8             | .0      | .5     | .0             |
| 1.0        | 7.8             | .5      | 1.0    | .0             |
| 1.5        | 7.9             | 1.0     | 1.5    | .0             |
| 2.0        | 7.9             | 1.5     | 2.0    | -.1            |
| 2.5        | 8.0             | 2.0     | 2.5    | -.1            |
| 3.0        | 8.0             | 2.5     | 3.0    | -.1            |
| 3.5        | 8.1             | 3.0     | 3.5    | .0             |



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

112 di 151

|      |     |      |      |    |
|------|-----|------|------|----|
| 4.0  | 8.1 | 3.5  | 4.0  | .0 |
| 4.5  | 8.1 | 4.0  | 4.5  | .0 |
| 5.0  | 8.0 | 4.5  | 5.0  | .1 |
| 5.5  | 7.9 | 5.0  | 5.5  | .1 |
| 6.0  | 7.7 | 5.5  | 6.0  | .2 |
| 6.5  | 7.5 | 6.0  | 6.5  | .2 |
| 7.0  | 7.3 | 6.5  | 7.0  | .3 |
| 7.5  | 6.9 | 7.0  | 7.5  | .3 |
| 8.0  | 6.8 | 7.5  | 8.0  | .2 |
| 8.5  | 6.6 | 8.0  | 8.5  | .2 |
| 9.0  | 6.4 | 8.5  | 9.0  | .2 |
| 9.5  | 6.1 | 9.0  | 9.5  | .2 |
| 10.0 | 5.9 | 9.5  | 10.0 | .2 |
| 10.5 | 5.6 | 10.0 | 10.5 | .3 |
| 11.0 | 5.4 | 10.5 | 11.0 | .3 |
| 11.5 | 5.1 | 11.0 | 11.5 | .3 |
| 12.0 | 4.8 | 11.5 | 12.0 | .3 |
| 12.5 | 4.5 | 12.0 | 12.5 | .3 |
| 13.0 | 4.2 | 12.5 | 13.0 | .3 |
| 13.5 | 3.9 | 13.0 | 13.5 | .3 |
| 14.0 | 3.6 | 13.5 | 14.0 | .3 |
| 14.5 | 3.3 | 14.0 | 14.5 | .3 |
| 15.0 | 2.9 | 14.5 | 15.0 | .3 |
| 15.5 | 2.6 | 15.0 | 15.5 | .3 |
| 16.5 | 2.2 | 15.5 | 16.5 | .4 |
| 17.4 | 1.9 | 16.5 | 17.4 | .4 |
| 18.4 | 1.5 | 17.4 | 18.4 | .4 |
| 19.4 | 1.1 | 18.4 | 19.4 | .4 |
| 20.4 | .7  | 19.4 | 20.4 | .4 |
| 21.4 | .4  | 20.4 | 21.4 | .4 |
| 22.3 | .0  | 21.4 | 22.3 | .4 |

Cedimento totale = 7.8 mm





Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

113 di 151

## RILEVATO DI APPROCCIO AL SOTTOVIA - CEDIMENTI IMMEDIATI

\*\*\* CED \*\*\*

Programma per l'analisi dei cedimenti  
per aree di carico di rigidezza nulla

(C) G.Guiducci - aprile 1999

pag./ 1

TIBURTINA-SOTTOVIA Rilevato approccio spalla  
Rilevato illimitato - cedimento immediato

Coefficiente di Frolich = 3  
S'z a quota piano di posa = .0 kPa  
Profondita' falda = 4.0 m  
Coefficiente di Poisson = .50

Caratteristiche stratigrafiche e meccaniche

| n. | Z in<br>m | Z fin<br>m | E in<br>kPa | E fin<br>kPa | G nat<br>kN/m <sup>3</sup> | G eff<br>kN/m <sup>3</sup> | N dv |
|----|-----------|------------|-------------|--------------|----------------------------|----------------------------|------|
| 1  | .0        | 7.5        | 15000.      | 15000.       | 17.0                       | 7.0                        | 15   |
| 2  | 7.5       | 15.5       | 30000.      | 30000.       | 19.0                       | 9.0                        | 16   |
| 3  | 15.5      | 35.0       | 60000.      | 60000.       | 19.0                       | 9.0                        | 20   |

S'z = tensione verticale efficace litostatica  
Z in = profondita' inizio strato  
Z fin = profondita' fine strato  
E in = modulo elastico inizio strato  
E fin = modulo elastico fine strato  
G nat = peso di volume naturale  
G eff = peso di volume efficace  
N dv = numero suddivisioni dello strato

Dati riguardanti il rilevato (Y - asse longitudinale)

Altezza complessiva = 5.5 m  
Larghezza sommita' = 8.0 m  
Pendenza scarpate = 1000.000 (vert/orizz)  
Peso di volume = 20.0 kN/m<sup>3</sup>  
Sovraccarico in sommita' = .0 kPa

Caratteristiche delle aree di carico equivalenti al rilevato

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

**AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE**  
 Lavori di Potenziamento dello  
 Svincolo Tiburtina  
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

114 di 151

| N. | Press.<br>kPa | X c<br>m | Y c<br>m | X lato<br>m | Y lato<br>m | Carico<br>MN |
|----|---------------|----------|----------|-------------|-------------|--------------|
| 1  | 22.0          | .00      | .00      | 8.01        | 320.22      | 56.428       |
| 2  | 22.0          | .00      | .00      | 8.01        | 320.22      | 56.413       |
| 3  | 22.0          | .00      | .00      | 8.01        | 320.22      | 56.397       |
| 4  | 22.0          | .00      | .00      | 8.00        | 320.22      | 56.382       |
| 5  | 22.0          | .00      | .00      | 8.00        | 320.22      | 56.366       |

Carico totale = 281.987 MN

pag./ 3

TIBURTINA-SOTIOVIA Rilevato appoggio spalla  
 Rilevato illimitato - cedimento immediato

RISULTATI relativi alla direttrice 1

X = .00 m Y = .00 m

Incrementi di tensioni dovuti ai carichi

| Prof.<br>m | D S'z<br>kPa | D S'x<br>kPa | D S'y<br>kPa | .10 S'z | E medio |
|------------|--------------|--------------|--------------|---------|---------|
| .3         | 110.0        | 101.3        | 105.6        | .4      | 15000.  |
| .8         | 109.7        | 84.4         | 97.0         | 1.3     | 15000.  |
| 1.3        | 108.7        | 68.9         | 88.8         | 2.1     | 15000.  |
| 1.8        | 106.8        | 55.4         | 81.1         | 3.0     | 15000.  |
| 2.3        | 104.1        | 44.2         | 74.1         | 3.8     | 15000.  |
| 2.8        | 100.5        | 35.2         | 67.8         | 4.7     | 15000.  |
| 3.3        | 96.5         | 28.0         | 62.2         | 5.5     | 15000.  |
| 3.8        | 92.2         | 22.3         | 57.2         | 6.4     | 15000.  |
| 4.3        | 87.9         | 18.0         | 52.8         | 7.0     | 15000.  |
| 4.8        | 83.5         | 14.5         | 49.0         | 7.3     | 15000.  |
| 5.3        | 79.4         | 11.9         | 45.5         | 7.7     | 15000.  |
| 5.8        | 75.4         | 9.7          | 42.5         | 8.0     | 15000.  |
| 6.3        | 71.7         | 8.1          | 39.8         | 8.4     | 15000.  |
| 6.8        | 68.2         | 6.8          | 37.4         | 8.7     | 15000.  |
| 7.3        | 65.0         | 5.7          | 35.2         | 9.1     | 15000.  |
| 7.8        | 61.9         | 4.8          | 33.3         | 9.5     | 30000.  |
| 8.3        | 59.1         | 4.1          | 31.5         | 9.9     | 30000.  |
| 8.8        | 56.5         | 3.6          | 29.9         | 10.4    | 30000.  |
| 9.3        | 54.1         | 3.1          | 28.4         | 10.8    | 30000.  |
| 9.8        | 51.9         | 2.7          | 27.1         | 11.3    | 30000.  |
| 10.3       | 49.8         | 2.3          | 25.9         | 11.7    | 30000.  |
| 10.8       | 47.9         | 2.1          | 24.8         | 12.2    | 30000.  |
| 11.3       | 46.1         | 1.8          | 23.8         | 12.6    | 30000.  |
| 11.8       | 44.4         | 1.6          | 22.8         | 13.1    | 30000.  |
| 12.3       | 42.8         | 1.4          | 21.9         | 13.5    | 30000.  |
| 12.8       | 41.3         | 1.3          | 21.1         | 14.0    | 30000.  |
| 13.3       | 39.9         | 1.2          | 20.3         | 14.4    | 30000.  |
| 13.8       | 38.6         | 1.0          | 19.6         | 14.9    | 30000.  |
| 14.3       | 37.4         | .9           | 18.9         | 15.3    | 30000.  |
| 14.8       | 36.3         | .9           | 18.3         | 15.8    | 30000.  |



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

115 di 151

|      |      |    |      |      |        |
|------|------|----|------|------|--------|
| 15.3 | 35.2 | .8 | 17.7 | 16.2 | 30000. |
| 16.0 | 33.7 | .7 | 16.9 | 16.9 | 60000. |
| 17.0 | 31.9 | .6 | 16.0 | 17.8 | 60000. |
| 17.9 | 30.3 | .5 | 15.1 | 18.6 | 60000. |
| 18.9 | 28.8 | .4 | 14.3 | 19.5 | 60000. |
| 19.9 | 27.5 | .4 | 13.6 | 20.4 | 60000. |
| 20.9 | 26.2 | .3 | 12.9 | 21.3 | 60000. |
| 21.8 | 25.1 | .3 | 12.3 | 22.2 | 60000. |
| 22.8 | 24.1 | .2 | 11.8 | 23.0 | 60000. |

D S'z,x,y = incrementi di tensione indotti dai carichi

S'z = tensione verticale efficace litostatica

pag./ 4

TIBURTINA-SOTTOVIA Rilevato approccio spalla

Rilevato illimitato - cedimento immediato

RISULTATI relativi alla direttrice 1

X = .00 m Y = .00 m

Cedimenti totali

Cedimenti parziali

| Prof.<br>m | Cedimento<br>mm | da<br>m | a<br>m | D cedim.<br>mm |
|------------|-----------------|---------|--------|----------------|
| .0         | 32.8            |         |        |                |
| .5         | 32.6            | .0      | .5     | .2             |
| 1.0        | 31.9            | .5      | 1.0    | .6             |
| 1.5        | 30.9            | 1.0     | 1.5    | 1.0            |
| 2.0        | 29.7            | 1.5     | 2.0    | 1.3            |
| 2.5        | 28.2            | 2.0     | 2.5    | 1.5            |
| 3.0        | 26.5            | 2.5     | 3.0    | 1.6            |
| 3.5        | 24.8            | 3.0     | 3.5    | 1.7            |
| 4.0        | 23.1            | 3.5     | 4.0    | 1.7            |
| 4.5        | 21.3            | 4.0     | 4.5    | 1.7            |
| 5.0        | 19.6            | 4.5     | 5.0    | 1.7            |
| 5.5        | 17.9            | 5.0     | 5.5    | 1.7            |
| 6.0        | 16.3            | 5.5     | 6.0    | 1.6            |
| 6.5        | 14.7            | 6.0     | 6.5    | 1.6            |
| 7.0        | 13.1            | 6.5     | 7.0    | 1.5            |
| 7.5        | 11.6            | 7.0     | 7.5    | 1.5            |
| 8.0        | 10.9            | 7.5     | 8.0    | .7             |
| 8.5        | 10.2            | 8.0     | 8.5    | .7             |
| 9.0        | 9.6             | 8.5     | 9.0    | .7             |
| 9.5        | 8.9             | 9.0     | 9.5    | .6             |
| 10.0       | 8.3             | 9.5     | 10.0   | .6             |
| 10.5       | 7.7             | 10.0    | 10.5   | .6             |
| 11.0       | 7.2             | 10.5    | 11.0   | .6             |
| 11.5       | 6.6             | 11.0    | 11.5   | .6             |
| 12.0       | 6.1             | 11.5    | 12.0   | .5             |
| 12.5       | 5.5             | 12.0    | 12.5   | .5             |
| 13.0       | 5.0             | 12.5    | 13.0   | .5             |



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO  
116 di 151

|      |     |      |      |    |
|------|-----|------|------|----|
| 13.5 | 4.6 | 13.0 | 13.5 | .5 |
| 14.0 | 4.1 | 13.5 | 14.0 | .5 |
| 14.5 | 3.6 | 14.0 | 14.5 | .5 |
| 15.0 | 3.2 | 14.5 | 15.0 | .4 |
| 15.5 | 2.8 | 15.0 | 15.5 | .4 |
| 16.5 | 2.3 | 15.5 | 16.5 | .4 |
| 17.4 | 2.0 | 16.5 | 17.4 | .4 |
| 18.4 | 1.6 | 17.4 | 18.4 | .4 |
| 19.4 | 1.3 | 18.4 | 19.4 | .3 |
| 20.4 | .9  | 19.4 | 20.4 | .3 |
| 21.4 | .6  | 20.4 | 21.4 | .3 |
| 22.3 | .3  | 21.4 | 22.3 | .3 |
| 23.3 | .0  | 22.3 | 23.3 | .3 |

Cedimento totale = 32.8 mm

pag./ 5

TIBURTINA-SOMIOVIA Rilevato appoggio spalla  
Rilevato illimitato - cedimento immediato

RISULTATI relativi alla direttrice 2

X = 4.00 m Y = .00 m

Incrementi di tensioni dovuti ai carichi

| Prof.<br>m | D S'z<br>kPa | D S'x<br>kPa | D S'y<br>kPa | .10 S'z | E medio |
|------------|--------------|--------------|--------------|---------|---------|
| .3         | 55.8         | 52.8         | 54.3         | .4      | 15000.  |
| .8         | 55.2         | 48.5         | 51.8         | 1.3     | 15000.  |
| 1.3        | 55.1         | 44.2         | 49.6         | 2.1     | 15000.  |
| 1.8        | 54.9         | 40.2         | 47.5         | 3.0     | 15000.  |
| 2.3        | 54.6         | 36.3         | 45.4         | 3.8     | 15000.  |
| 2.8        | 54.2         | 32.6         | 43.4         | 4.7     | 15000.  |
| 3.3        | 53.8         | 29.3         | 41.5         | 5.5     | 15000.  |
| 3.8        | 53.2         | 26.2         | 39.6         | 6.4     | 15000.  |
| 4.3        | 52.5         | 23.4         | 37.9         | 7.0     | 15000.  |
| 4.8        | 51.7         | 20.9         | 36.2         | 7.3     | 15000.  |
| 5.3        | 50.8         | 18.6         | 34.6         | 7.7     | 15000.  |
| 5.8        | 49.8         | 16.6         | 33.1         | 8.0     | 15000.  |
| 6.3        | 48.8         | 14.8         | 31.7         | 8.4     | 15000.  |
| 6.8        | 47.8         | 13.2         | 30.4         | 8.7     | 15000.  |
| 7.3        | 46.7         | 11.8         | 29.1         | 9.1     | 15000.  |
| 7.8        | 45.6         | 10.6         | 27.9         | 9.5     | 30000.  |
| 8.3        | 44.5         | 9.5          | 26.8         | 9.9     | 30000.  |
| 8.8        | 43.4         | 8.5          | 25.8         | 10.4    | 30000.  |
| 9.3        | 42.3         | 7.6          | 24.8         | 10.8    | 30000.  |
| 9.8        | 41.3         | 6.9          | 23.9         | 11.3    | 30000.  |
| 10.3       | 40.2         | 6.2          | 23.1         | 11.7    | 30000.  |
| 10.8       | 39.2         | 5.6          | 22.2         | 12.2    | 30000.  |
| 11.3       | 38.2         | 5.1          | 21.5         | 12.6    | 30000.  |



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO  
117 di 151

|      |      |     |      |      |        |
|------|------|-----|------|------|--------|
| 11.8 | 37.2 | 4.6 | 20.8 | 13.1 | 30000. |
| 12.3 | 36.3 | 4.2 | 20.1 | 13.5 | 30000. |
| 12.8 | 35.4 | 3.9 | 19.4 | 14.0 | 30000. |
| 13.3 | 34.5 | 3.5 | 18.8 | 14.4 | 30000. |
| 13.8 | 33.7 | 3.2 | 18.2 | 14.9 | 30000. |
| 14.3 | 32.9 | 3.0 | 17.7 | 15.3 | 30000. |
| 14.8 | 32.1 | 2.7 | 17.2 | 15.8 | 30000. |
| 15.3 | 31.3 | 2.5 | 16.7 | 16.2 | 30000. |
| 16.0 | 30.3 | 2.2 | 16.0 | 16.9 | 60000. |
| 17.0 | 29.0 | 1.9 | 15.2 | 17.8 | 60000. |
| 17.9 | 27.7 | 1.7 | 14.4 | 18.6 | 60000. |
| 18.9 | 26.6 | 1.4 | 13.7 | 19.5 | 60000. |
| 19.9 | 25.5 | 1.3 | 13.1 | 20.4 | 60000. |
| 20.9 | 24.5 | 1.1 | 12.5 | 21.3 | 60000. |
| 21.8 | 23.6 | 1.0 | 12.0 | 22.2 | 60000. |
| 22.8 | 22.8 | .9  | 11.5 | 23.0 | 60000. |

D S'z,x,y = incrementi di tensione indotti dai carichi  
S'z = tensione verticale efficace litostatica

pag./ 6

TIBURTINA-SOTIOVIA Rilevato appoggio spalla  
Rilevato illimitato - cedimento immediato

RISULTATI relativi alla direttrice 2

X = 4.00 m Y = .00 m

Cedimenti totali

Cedimenti parziali

| Prof.<br>m | Cedimento<br>mm | da<br>m | a<br>m | D cedim.<br>mm |
|------------|-----------------|---------|--------|----------------|
| .0         | 17.9            |         |        |                |
| .5         | 17.8            | .0      | .5     | .1             |
| 1.0        | 17.6            | .5      | 1.0    | .2             |
| 1.5        | 17.4            | 1.0     | 1.5    | .3             |
| 2.0        | 17.0            | 1.5     | 2.0    | .4             |
| 2.5        | 16.5            | 2.0     | 2.5    | .5             |
| 3.0        | 16.0            | 2.5     | 3.0    | .5             |
| 3.5        | 15.4            | 3.0     | 3.5    | .6             |
| 4.0        | 14.7            | 3.5     | 4.0    | .7             |
| 4.5        | 14.0            | 4.0     | 4.5    | .7             |
| 5.0        | 13.2            | 4.5     | 5.0    | .8             |
| 5.5        | 12.4            | 5.0     | 5.5    | .8             |
| 6.0        | 11.6            | 5.5     | 6.0    | .8             |
| 6.5        | 10.7            | 6.0     | 6.5    | .9             |
| 7.0        | 9.8             | 6.5     | 7.0    | .9             |
| 7.5        | 9.0             | 7.0     | 7.5    | .9             |
| 8.0        | 8.5             | 7.5     | 8.0    | .4             |
| 8.5        | 8.1             | 8.0     | 8.5    | .4             |
| 9.0        | 7.7             | 8.5     | 9.0    | .4             |
| 9.5        | 7.2             | 9.0     | 9.5    | .4             |

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

**AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE**  
 Lavori di Potenziamento dello  
 Svincolo Tiburtina  
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

118 di 151

|      |     |      |      |    |
|------|-----|------|------|----|
| 10.0 | 6.8 | 9.5  | 10.0 | .4 |
| 10.5 | 6.4 | 10.0 | 10.5 | .4 |
| 11.0 | 5.9 | 10.5 | 11.0 | .4 |
| 11.5 | 5.5 | 11.0 | 11.5 | .4 |
| 12.0 | 5.1 | 11.5 | 12.0 | .4 |
| 12.5 | 4.7 | 12.0 | 12.5 | .4 |
| 13.0 | 4.3 | 12.5 | 13.0 | .4 |
| 13.5 | 3.9 | 13.0 | 13.5 | .4 |
| 14.0 | 3.5 | 13.5 | 14.0 | .4 |
| 14.5 | 3.2 | 14.0 | 14.5 | .4 |
| 15.0 | 2.8 | 14.5 | 15.0 | .4 |
| 15.5 | 2.4 | 15.0 | 15.5 | .4 |
| 16.5 | 2.1 | 15.5 | 16.5 | .3 |
| 17.4 | 1.8 | 16.5 | 17.4 | .3 |
| 18.4 | 1.4 | 17.4 | 18.4 | .3 |
| 19.4 | 1.1 | 18.4 | 19.4 | .3 |
| 20.4 | .8  | 19.4 | 20.4 | .3 |
| 21.4 | .5  | 20.4 | 21.4 | .3 |
| 22.3 | .3  | 21.4 | 22.3 | .3 |
| 23.3 | .0  | 22.3 | 23.3 | .3 |

Cedimento totale = 17.9 mm

pag./ 7

TIBURTINA-SOTTOVIA Rilevato appoggio spalla  
 Rilevato illimitato - cedimento immediato

RISULTATI relativi alla direttrice 3

X = 8.00 m Y = .00 m

Incrementi di tensioni dovuti ai carichi

| Prof.<br>m | D S'z<br>kPa | D S'x<br>kPa | D S'y<br>kPa | .10 S'z | E medio |
|------------|--------------|--------------|--------------|---------|---------|
| .3         | .0           | 2.9          | 1.5          | .4      | 15000.  |
| .8         | .1           | 8.5          | 4.3          | 1.3     | 15000.  |
| 1.3        | .6           | 13.3         | 7.0          | 2.1     | 15000.  |
| 1.8        | 1.5          | 17.2         | 9.4          | 3.0     | 15000.  |
| 2.3        | 2.8          | 20.1         | 11.4         | 3.8     | 15000.  |
| 2.8        | 4.5          | 21.9         | 13.2         | 4.7     | 15000.  |
| 3.3        | 6.3          | 22.9         | 14.6         | 5.5     | 15000.  |
| 3.8        | 8.3          | 23.3         | 15.7         | 6.4     | 15000.  |
| 4.3        | 10.2         | 23.1         | 16.6         | 7.0     | 15000.  |
| 4.8        | 12.0         | 22.6         | 17.2         | 7.3     | 15000.  |
| 5.3        | 13.8         | 21.8         | 17.7         | 7.7     | 15000.  |
| 5.8        | 15.3         | 20.9         | 18.0         | 8.0     | 15000.  |
| 6.3        | 16.7         | 19.8         | 18.2         | 8.4     | 15000.  |
| 6.8        | 18.0         | 18.7         | 18.2         | 8.7     | 15000.  |
| 7.3        | 19.0         | 17.6         | 18.2         | 9.1     | 15000.  |
| 7.8        | 19.9         | 16.6         | 18.1         | 9.5     | 30000.  |



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO  
119 di 151

|      |      |      |      |      |        |
|------|------|------|------|------|--------|
| 8.3  | 20.7 | 15.5 | 18.0 | 9.9  | 30000. |
| 8.8  | 21.4 | 14.5 | 17.8 | 10.4 | 30000. |
| 9.3  | 21.9 | 13.5 | 17.6 | 10.8 | 30000. |
| 9.8  | 22.3 | 12.6 | 17.3 | 11.3 | 30000. |
| 10.3 | 22.7 | 11.8 | 17.1 | 11.7 | 30000. |
| 10.8 | 22.9 | 11.0 | 16.8 | 12.2 | 30000. |
| 11.3 | 23.1 | 10.3 | 16.5 | 12.6 | 30000. |
| 11.8 | 23.2 | 9.6  | 16.2 | 13.1 | 30000. |
| 12.3 | 23.3 | 8.9  | 15.9 | 13.5 | 30000. |
| 12.8 | 23.3 | 8.3  | 15.6 | 14.0 | 30000. |
| 13.3 | 23.3 | 7.8  | 15.3 | 14.4 | 30000. |
| 13.8 | 23.2 | 7.3  | 15.0 | 14.9 | 30000. |
| 14.3 | 23.1 | 6.8  | 14.7 | 15.3 | 30000. |
| 14.8 | 23.0 | 6.3  | 14.4 | 15.8 | 30000. |
| 15.3 | 22.8 | 5.9  | 14.1 | 16.2 | 30000. |
| 16.0 | 22.5 | 5.4  | 13.7 | 16.9 | 60000. |
| 17.0 | 22.1 | 4.8  | 13.2 | 17.8 | 60000. |
| 17.9 | 21.7 | 4.2  | 12.7 | 18.6 | 60000. |
| 18.9 | 21.3 | 3.8  | 12.2 | 19.5 | 60000. |
| 19.9 | 20.8 | 3.3  | 11.7 | 20.4 | 60000. |

D S'z,x,y = incrementi di tensione indotti dai carichi  
S'z = tensione verticale efficace litostatica

pag./ 8

TIBURTINA-SOTTOVIA Rilevato approccio spalla  
Rilevato illimitato - cedimento immediato

RISULTATI relativi alla direttrice 3

X = 8.00 m Y = .00 m

Cedimenti totali

Cedimenti parziali

| Prof.<br>m | Cedimento<br>mm | da<br>m | a<br>m | D cedim.<br>mm |
|------------|-----------------|---------|--------|----------------|
| .0         | -.1             |         |        |                |
| .5         | .0              | .0      | .5     | -.1            |
| 1.0        | .2              | .5      | 1.0    | -.2            |
| 1.5        | .5              | 1.0     | 1.5    | -.3            |
| 2.0        | .9              | 1.5     | 2.0    | -.4            |
| 2.5        | 1.3             | 2.0     | 2.5    | -.4            |
| 3.0        | 1.7             | 2.5     | 3.0    | -.4            |
| 3.5        | 2.2             | 3.0     | 3.5    | -.4            |
| 4.0        | 2.5             | 3.5     | 4.0    | -.4            |
| 4.5        | 2.9             | 4.0     | 4.5    | -.3            |
| 5.0        | 3.1             | 4.5     | 5.0    | -.3            |
| 5.5        | 3.3             | 5.0     | 5.5    | -.2            |
| 6.0        | 3.5             | 5.5     | 6.0    | -.1            |
| 6.5        | 3.5             | 6.0     | 6.5    | -.1            |
| 7.0        | 3.5             | 6.5     | 7.0    | .0             |
| 7.5        | 3.5             | 7.0     | 7.5    | .0             |



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

120 di 151

|      |     |      |      |    |
|------|-----|------|------|----|
| 8.0  | 3.5 | 7.5  | 8.0  | .0 |
| 8.5  | 3.4 | 8.0  | 8.5  | .1 |
| 9.0  | 3.3 | 8.5  | 9.0  | .1 |
| 9.5  | 3.2 | 9.0  | 9.5  | .1 |
| 10.0 | 3.1 | 9.5  | 10.0 | .1 |
| 10.5 | 3.0 | 10.0 | 10.5 | .1 |
| 11.0 | 2.8 | 10.5 | 11.0 | .2 |
| 11.5 | 2.6 | 11.0 | 11.5 | .2 |
| 12.0 | 2.5 | 11.5 | 12.0 | .2 |
| 12.5 | 2.3 | 12.0 | 12.5 | .2 |
| 13.0 | 2.1 | 12.5 | 13.0 | .2 |
| 13.5 | 1.9 | 13.0 | 13.5 | .2 |
| 14.0 | 1.7 | 13.5 | 14.0 | .2 |
| 14.5 | 1.5 | 14.0 | 14.5 | .2 |
| 15.0 | 1.3 | 14.5 | 15.0 | .2 |
| 15.5 | 1.1 | 15.0 | 15.5 | .2 |
| 16.5 | .9  | 15.5 | 16.5 | .2 |
| 17.4 | .6  | 16.5 | 17.4 | .2 |
| 18.4 | .4  | 17.4 | 18.4 | .2 |
| 19.4 | .2  | 18.4 | 19.4 | .2 |
| 20.4 | .0  | 19.4 | 20.4 | .2 |

Cedimento totale = -.1 mm





Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

121 di 151

## RILEVATI DI APPROCCIO AL CAVALCAVIA – CEDIMENTI TOTALI

\*\*\* CED \*\*\*

Programma per l'analisi dei cedimenti  
per aree di carico di rigidezza nulla

(C) G.Guiducci - aprile 1999

pag./ 1

TIBURTINA-CAVALCAVIA RAMPA N-Rilevato approccio spalle  
Rilevato illimitato - cedimento totale

Coefficiente di Frolich = 4  
S'z a quota piano di posa = .0 kPa  
Profondita' falda = 4.0 m  
Coefficiente di Poisson = .30

Caratteristiche stratigrafiche e meccaniche

| n. | Z in<br>m | Z fin<br>m | E in<br>kPa | E fin<br>kPa | G nat<br>kN/m <sup>3</sup> | G eff<br>kN/m <sup>3</sup> | N dv |
|----|-----------|------------|-------------|--------------|----------------------------|----------------------------|------|
| 1  | .0        | 3.0        | 20000.      | 20000.       | 18.0                       | 8.0                        | 6    |
| 2  | 3.0       | 15.0       | 20000.      | 20000.       | 18.0                       | 8.0                        | 24   |
| 3  | 15.0      | 24.0       | 30000.      | 30000.       | 19.0                       | 9.0                        | 18   |
| 4  | 24.0      | 29.0       | 50000.      | 50000.       | 19.0                       | 9.0                        | 10   |
| 5  | 29.0      | 80.0       | 50000.      | 50000.       | 19.0                       | 9.0                        | 12   |

S'z = tensione verticale efficace litostatica  
Z in = profondita' inizio strato  
Z fin = profondita' fine strato  
E in = modulo elastico inizio strato  
E fin = modulo elastico fine strato  
G nat = peso di volume naturale  
G eff = peso di volume efficace  
N dv = numero suddivisioni dello strato

Dati riguardanti il rilevato (Y - asse longitudinale)

Altezza complessiva = 9.5 m  
Larghezza sommita' = 11.0 m  
Pendenza scarpate = .667 (vert/orizz)  
Peso di volume = 20.0 kN/m<sup>3</sup>  
Sovraccarico in sommita' = .0 kPa

Quota banca = 5.4 m  
Larghezza banca = 2.5 m

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

**AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE**  
 Lavori di Potenziamento dello  
 Svincolo Tiburtina  
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

122 di 151

pag./ 2

TIBURTINA-CAVALCAVIA RAMPA N-Rilevato approccio spalle  
 Rilevato illimitato - cedimento totale

Caratteristiche delle aree di carico equivalenti al rilevato

| N. | Press.<br>kPa | X c<br>m | Y c<br>m | X lato<br>m | Y lato<br>m | Carico<br>MN |
|----|---------------|----------|----------|-------------|-------------|--------------|
| 1  | 54.0          | .00      | .00      | 40.45       | 1109.97     | 2424.437     |
| 2  | 54.0          | .00      | .00      | 32.35       | 1109.97     | 1938.960     |
| 3  | 27.3          | .00      | .00      | 21.25       | 1109.97     | 644.693      |
| 4  | 27.3          | .00      | .00      | 17.15       | 1109.97     | 520.308      |
| 5  | 27.3          | .00      | .00      | 13.05       | 1109.97     | 395.924      |

Carico totale = 5924.322 MN

pag./ 3

TIBURTINA-CAVALCAVIA RAMPA N-Rilevato approccio spalle  
 Rilevato illimitato - cedimento totale

RISULTATI relativi alla direttrice 1

X = .00 m Y = .00 m

Incrementi di tensioni dovuti ai carichi

| Prof.<br>m | D S'z<br>kPa | D S'x<br>kPa | D S'y<br>kPa | .10 S'z | E medio |
|------------|--------------|--------------|--------------|---------|---------|
| .3         | 190.0        | 94.9         | 95.0         | .5      | 20000.  |
| .8         | 190.0        | 94.3         | 94.8         | 1.4     | 20000.  |
| 1.3        | 190.0        | 93.2         | 94.4         | 2.3     | 20000.  |
| 1.8        | 189.9        | 91.5         | 93.8         | 3.2     | 20000.  |
| 2.3        | 189.8        | 89.5         | 93.1         | 4.1     | 20000.  |
| 2.8        | 189.6        | 87.0         | 92.2         | 5.0     | 20000.  |
| 3.3        | 189.3        | 84.4         | 91.2         | 5.8     | 20000.  |
| 3.8        | 188.8        | 81.5         | 90.1         | 6.8     | 20000.  |
| 4.3        | 188.2        | 78.5         | 88.9         | 7.4     | 20000.  |
| 4.8        | 187.5        | 75.5         | 87.7         | 7.8     | 20000.  |
| 5.3        | 186.6        | 72.5         | 86.4         | 8.2     | 20000.  |
| 5.8        | 185.6        | 69.5         | 85.0         | 8.6     | 20000.  |
| 6.3        | 184.5        | 66.6         | 83.7         | 9.0     | 20000.  |
| 6.8        | 183.2        | 63.7         | 82.3         | 9.4     | 20000.  |
| 7.3        | 181.8        | 60.9         | 80.9         | 9.8     | 20000.  |
| 7.8        | 180.4        | 58.2         | 79.5         | 10.2    | 20000.  |
| 8.3        | 178.9        | 55.6         | 78.2         | 10.6    | 20000.  |
| 8.8        | 177.3        | 53.1         | 76.8         | 11.0    | 20000.  |

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

**AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE**  
 Lavori di Potenziamento dello  
 Svincolo Tiburtina  
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO  
123 di 151

|      |       |      |      |      |        |
|------|-------|------|------|------|--------|
| 9.3  | 175.7 | 50.7 | 75.5 | 11.4 | 20000. |
| 9.8  | 174.0 | 48.4 | 74.1 | 11.8 | 20000. |
| 10.3 | 172.2 | 46.3 | 72.8 | 12.2 | 20000. |
| 10.8 | 170.5 | 44.2 | 71.5 | 12.6 | 20000. |
| 11.3 | 168.7 | 42.2 | 70.3 | 13.0 | 20000. |
| 11.8 | 166.9 | 40.2 | 69.0 | 13.4 | 20000. |
| 12.3 | 165.1 | 38.4 | 67.8 | 13.8 | 20000. |
| 12.8 | 163.3 | 36.7 | 66.6 | 14.2 | 20000. |
| 13.3 | 161.4 | 35.0 | 65.5 | 14.6 | 20000. |
| 13.8 | 159.6 | 33.4 | 64.3 | 15.0 | 20000. |
| 14.3 | 157.8 | 31.9 | 63.2 | 15.4 | 20000. |
| 14.8 | 155.9 | 30.5 | 62.1 | 15.8 | 20000. |
| 15.3 | 154.1 | 29.1 | 61.1 | 16.2 | 30000. |
| 15.8 | 152.3 | 27.8 | 60.1 | 16.7 | 30000. |
| 16.3 | 150.5 | 26.6 | 59.0 | 17.1 | 30000. |
| 16.8 | 148.7 | 25.4 | 58.1 | 17.6 | 30000. |
| 17.3 | 147.0 | 24.3 | 57.1 | 18.0 | 30000. |
| 17.8 | 145.2 | 23.3 | 56.2 | 18.5 | 30000. |
| 18.3 | 143.5 | 22.2 | 55.2 | 18.9 | 30000. |
| 18.8 | 141.8 | 21.3 | 54.3 | 19.4 | 30000. |
| 19.3 | 140.1 | 20.4 | 53.5 | 19.8 | 30000. |
| 19.8 | 138.4 | 19.5 | 52.6 | 20.3 | 30000. |
| 20.3 | 136.7 | 18.7 | 51.8 | 20.7 | 30000. |
| 20.8 | 135.1 | 17.9 | 51.0 | 21.2 | 30000. |
| 21.3 | 133.5 | 17.1 | 50.2 | 21.6 | 30000. |
| 21.8 | 131.9 | 16.4 | 49.4 | 22.1 | 30000. |
| 22.3 | 130.3 | 15.7 | 48.7 | 22.5 | 30000. |
| 22.8 | 128.8 | 15.1 | 47.9 | 23.0 | 30000. |
| 23.3 | 127.2 | 14.5 | 47.2 | 23.4 | 30000. |
| 23.8 | 125.7 | 13.9 | 46.5 | 23.9 | 30000. |
| 24.3 | 124.3 | 13.3 | 45.9 | 24.3 | 50000. |
| 24.8 | 122.8 | 12.8 | 45.2 | 24.8 | 50000. |
| 25.3 | 121.4 | 12.3 | 44.5 | 25.2 | 50000. |
| 25.8 | 120.0 | 11.8 | 43.9 | 25.7 | 50000. |
| 26.3 | 118.6 | 11.4 | 43.3 | 26.1 | 50000. |
| 26.8 | 117.2 | 10.9 | 42.7 | 26.6 | 50000. |
| 27.3 | 115.9 | 10.5 | 42.1 | 27.0 | 50000. |
| 27.8 | 114.5 | 10.1 | 41.5 | 27.5 | 50000. |
| 28.3 | 113.2 | 9.7  | 41.0 | 27.9 | 50000. |
| 28.8 | 112.0 | 9.4  | 40.4 | 28.4 | 50000. |
| 31.1 | 106.2 | 7.8  | 38.0 | 30.5 | 50000. |
| 35.4 | 96.9  | 5.8  | 34.2 | 34.3 | 50000. |
| 39.6 | 89.0  | 4.4  | 31.1 | 38.2 | 50000. |
| 43.9 | 82.1  | 3.4  | 28.5 | 42.0 | 50000. |
| 48.1 | 76.0  | 2.7  | 26.2 | 45.8 | 50000. |
| 52.4 | 70.8  | 2.1  | 24.3 | 49.6 | 50000. |
| 56.6 | 66.1  | 1.7  | 22.6 | 53.5 | 50000. |
| 60.9 | 62.0  | 1.4  | 21.1 | 57.3 | 50000. |

D S'z,x,y = incrementi di tensione indotti dai carichi  
 S'z = tensione verticale efficace litostatica

pag./ 4

TIBURTINA-CAVALCAVIA RAMEA N-Rilevato appoggio spalle  
 Rilevato illimitato - cedimento totale

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

**AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE**  
 Lavori di Potenziamento dello  
 Svincolo Tiburtina  
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

124 di 151

RISULTATI relativi alla direttrice 1

X = .00 m Y = .00 m

## Cedimenti totali

## Cedimenti parziali

| Prof.<br>m | Cedimento<br>mm | da<br>m | a<br>m | D cedim.<br>mm |
|------------|-----------------|---------|--------|----------------|
| .0         | 195.8           |         |        |                |
| .5         | 192.4           | .0      | .5     | 3.3            |
| 1.0        | 189.1           | .5      | 1.0    | 3.3            |
| 1.5        | 185.8           | 1.0     | 1.5    | 3.3            |
| 2.0        | 182.4           | 1.5     | 2.0    | 3.4            |
| 2.5        | 179.0           | 2.0     | 2.5    | 3.4            |
| 3.0        | 175.6           | 2.5     | 3.0    | 3.4            |
| 3.5        | 172.2           | 3.0     | 3.5    | 3.4            |
| 4.0        | 168.8           | 3.5     | 4.0    | 3.4            |
| 4.5        | 165.3           | 4.0     | 4.5    | 3.4            |
| 5.0        | 161.9           | 4.5     | 5.0    | 3.5            |
| 5.5        | 158.4           | 5.0     | 5.5    | 3.5            |
| 6.0        | 154.9           | 5.5     | 6.0    | 3.5            |
| 6.5        | 151.4           | 6.0     | 6.5    | 3.5            |
| 7.0        | 147.9           | 6.5     | 7.0    | 3.5            |
| 7.5        | 144.5           | 7.0     | 7.5    | 3.5            |
| 8.0        | 141.0           | 7.5     | 8.0    | 3.5            |
| 8.5        | 137.5           | 8.0     | 8.5    | 3.5            |
| 9.0        | 134.1           | 8.5     | 9.0    | 3.5            |
| 9.5        | 130.6           | 9.0     | 9.5    | 3.4            |
| 10.0       | 127.2           | 9.5     | 10.0   | 3.4            |
| 10.5       | 123.8           | 10.0    | 10.5   | 3.4            |
| 11.0       | 120.4           | 10.5    | 11.0   | 3.4            |
| 11.5       | 117.0           | 11.0    | 11.5   | 3.4            |
| 12.0       | 113.6           | 11.5    | 12.0   | 3.4            |
| 12.5       | 110.3           | 12.0    | 12.5   | 3.3            |
| 13.0       | 107.0           | 12.5    | 13.0   | 3.3            |
| 13.5       | 103.7           | 13.0    | 13.5   | 3.3            |
| 14.0       | 100.5           | 13.5    | 14.0   | 3.3            |
| 14.5       | 97.2            | 14.0    | 14.5   | 3.2            |
| 15.0       | 94.0            | 14.5    | 15.0   | 3.2            |
| 15.5       | 91.9            | 15.0    | 15.5   | 2.1            |
| 16.0       | 89.8            | 15.5    | 16.0   | 2.1            |
| 16.5       | 87.7            | 16.0    | 16.5   | 2.1            |
| 17.0       | 85.7            | 16.5    | 17.0   | 2.1            |
| 17.5       | 83.6            | 17.0    | 17.5   | 2.0            |
| 18.0       | 81.6            | 17.5    | 18.0   | 2.0            |
| 18.5       | 79.6            | 18.0    | 18.5   | 2.0            |
| 19.0       | 77.6            | 18.5    | 19.0   | 2.0            |
| 19.5       | 75.7            | 19.0    | 19.5   | 2.0            |
| 20.0       | 73.7            | 19.5    | 20.0   | 1.9            |
| 20.5       | 71.8            | 20.0    | 20.5   | 1.9            |
| 21.0       | 69.9            | 20.5    | 21.0   | 1.9            |
| 21.5       | 68.0            | 21.0    | 21.5   | 1.9            |
| 22.0       | 66.1            | 21.5    | 22.0   | 1.9            |
| 22.5       | 64.3            | 22.0    | 22.5   | 1.8            |
| 23.0       | 62.4            | 22.5    | 23.0   | 1.8            |
| 23.5       | 60.6            | 23.0    | 23.5   | 1.8            |
| 24.0       | 58.8            | 23.5    | 24.0   | 1.8            |



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

125 di 151

|      |      |      |      |     |
|------|------|------|------|-----|
| 24.5 | 57.8 | 24.0 | 24.5 | 1.1 |
| 25.0 | 56.7 | 24.5 | 25.0 | 1.1 |
| 25.5 | 55.7 | 25.0 | 25.5 | 1.0 |
| 26.0 | 54.6 | 25.5 | 26.0 | 1.0 |
| 26.5 | 53.6 | 26.0 | 26.5 | 1.0 |
| 27.0 | 52.6 | 26.5 | 27.0 | 1.0 |
| 27.5 | 51.6 | 27.0 | 27.5 | 1.0 |
| 28.0 | 50.6 | 27.5 | 28.0 | 1.0 |
| 28.5 | 49.6 | 28.0 | 28.5 | 1.0 |
| 29.0 | 48.7 | 28.5 | 29.0 | 1.0 |
| 33.3 | 40.8 | 29.0 | 33.3 | 7.9 |
| 37.5 | 33.6 | 33.3 | 37.5 | 7.2 |
| 41.8 | 26.9 | 37.5 | 41.8 | 6.7 |
| 46.0 | 20.8 | 41.8 | 46.0 | 6.2 |
| 50.3 | 15.0 | 46.0 | 50.3 | 5.7 |
| 54.5 | 9.7  | 50.3 | 54.5 | 5.3 |
| 58.8 | 4.7  | 54.5 | 58.8 | 5.0 |
| 63.0 | .0   | 58.8 | 63.0 | 4.7 |

Cedimento totale = 195.8 mm

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

126 di 151

## RILEVATI DI APPROCCIO AL CAVALCAVIA – CEDIMENTI IMMEDIATI

\*\*\* CED \*\*\*

Programma per l'analisi dei cedimenti  
per aree di carico di rigidità nulla

(C) G.Guiducci - aprile 1999

pag./ 1

TIBURTINA-CAVALCAVIA RAMPA N-Rilevato approccio spalle  
Rilevato illimitato - cedimento immediato

Coefficiente di Frolich = 3  
S'z a quota piano di posa = .0 kPa  
Profondità falda = 4.0 m  
Coefficiente di Poisson = .50

Caratteristiche stratigrafiche e meccaniche

| n. | Z in<br>m | Z fin<br>m | E in<br>kPa | E fin<br>kPa | G nat<br>kN/m <sup>3</sup> | G eff<br>kN/m <sup>3</sup> | N dv |
|----|-----------|------------|-------------|--------------|----------------------------|----------------------------|------|
| 1  | .0        | 3.0        | 20000.      | 20000.       | 18.0                       | 8.0                        | 6    |
| 2  | 3.0       | 15.0       | 30000.      | 30000.       | 18.0                       | 8.0                        | 24   |
| 3  | 15.0      | 24.0       | 35000.      | 35000.       | 19.0                       | 9.0                        | 18   |
| 4  | 24.0      | 29.0       | 55000.      | 55000.       | 19.0                       | 9.0                        | 10   |
| 5  | 29.0      | 80.0       | 55000.      | 55000.       | 19.0                       | 9.0                        | 12   |

S'z = tensione verticale efficace litostatica  
Z in = profondità inizio strato  
Z fin = profondità fine strato  
E in = modulo elastico inizio strato  
E fin = modulo elastico fine strato  
G nat = peso di volume naturale  
G eff = peso di volume efficace  
N dv = numero suddivisioni dello strato

Dati riguardanti il rilevato (Y - asse longitudinale)

Altezza complessiva = 9.5 m  
Larghezza sommità = 11.0 m  
Pendenza scarpate = .667 (vert/orizz)  
Peso di volume = 20.0 kN/m<sup>3</sup>  
Sovraccarico in sommità = .0 kPa

Quota banca = 5.4 m  
Larghezza banca = 2.5 m

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

**AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE**  
 Lavori di Potenziamento dello  
 Svincolo Tiburtina  
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

127 di 151

pag./ 2

TIBURTINA-CAVALCAVIA RAMEA N-Rilevato appoggio spalle  
 Rilevato illimitato - cedimento immediato

Caratteristiche delle aree di carico equivalenti al rilevato

| N. | Press.<br>kPa | X c<br>m | Y c<br>m | X lato<br>m | Y lato<br>m | Carico<br>MN |
|----|---------------|----------|----------|-------------|-------------|--------------|
| 1  | 54.0          | .00      | .00      | 40.45       | 1109.97     | 2424.437     |
| 2  | 54.0          | .00      | .00      | 32.35       | 1109.97     | 1938.960     |
| 3  | 27.3          | .00      | .00      | 21.25       | 1109.97     | 644.693      |
| 4  | 27.3          | .00      | .00      | 17.15       | 1109.97     | 520.308      |
| 5  | 27.3          | .00      | .00      | 13.05       | 1109.97     | 395.924      |

Carico totale = 5924.322 MN

pag./ 3

TIBURTINA-CAVALCAVIA RAMEA N-Rilevato appoggio spalle  
 Rilevato illimitato - cedimento immediato

RISULTATI relativi alla direttrice 1

X = .00 m Y = .00 m

Incrementi di tensioni dovuti ai carichi

| Prof.<br>m | D S'z<br>kPa | D S'x<br>kPa | D S'y<br>kPa | .10 S'z | E medio |
|------------|--------------|--------------|--------------|---------|---------|
| .3         | 190.0        | 184.9        | 187.5        | .5      | 20000.  |
| .8         | 190.0        | 174.8        | 182.4        | 1.4     | 20000.  |
| 1.3        | 189.9        | 164.9        | 177.4        | 2.3     | 20000.  |
| 1.8        | 189.6        | 155.2        | 172.4        | 3.2     | 20000.  |
| 2.3        | 189.2        | 145.9        | 167.5        | 4.1     | 20000.  |
| 2.8        | 188.6        | 137.0        | 162.8        | 5.0     | 20000.  |
| 3.3        | 187.8        | 128.6        | 158.2        | 5.8     | 30000.  |
| 3.8        | 186.8        | 120.6        | 153.7        | 6.8     | 30000.  |
| 4.3        | 185.6        | 113.1        | 149.3        | 7.4     | 30000.  |
| 4.8        | 184.3        | 106.1        | 145.1        | 7.8     | 30000.  |
| 5.3        | 182.8        | 99.5         | 141.1        | 8.2     | 30000.  |
| 5.8        | 181.1        | 93.4         | 137.2        | 8.6     | 30000.  |
| 6.3        | 179.4        | 87.7         | 133.5        | 9.0     | 30000.  |
| 6.8        | 177.5        | 82.3         | 129.9        | 9.4     | 30000.  |
| 7.3        | 175.6        | 77.4         | 126.4        | 9.8     | 30000.  |
| 7.8        | 173.5        | 72.8         | 123.1        | 10.2    | 30000.  |
| 8.3        | 171.5        | 68.4         | 119.9        | 10.6    | 30000.  |

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

**AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE**  
 Lavori di Potenziamento dello  
 Svincolo Tiburtina  
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

128 di 151

|      |       |      |       |      |        |
|------|-------|------|-------|------|--------|
| 8.8  | 169.4 | 64.4 | 116.8 | 11.0 | 30000. |
| 9.3  | 167.3 | 60.7 | 113.9 | 11.4 | 30000. |
| 9.8  | 165.1 | 57.1 | 111.1 | 11.8 | 30000. |
| 10.3 | 163.0 | 53.9 | 108.3 | 12.2 | 30000. |
| 10.8 | 160.8 | 50.8 | 105.7 | 12.6 | 30000. |
| 11.3 | 158.7 | 48.0 | 103.2 | 13.0 | 30000. |
| 11.8 | 156.5 | 45.3 | 100.8 | 13.4 | 30000. |
| 12.3 | 154.4 | 42.8 | 98.5  | 13.8 | 30000. |
| 12.8 | 152.2 | 40.4 | 96.2  | 14.2 | 30000. |
| 13.3 | 150.1 | 38.2 | 94.1  | 14.6 | 30000. |
| 13.8 | 148.0 | 36.2 | 92.0  | 15.0 | 30000. |
| 14.3 | 146.0 | 34.3 | 90.0  | 15.4 | 30000. |
| 14.8 | 143.9 | 32.5 | 88.1  | 15.8 | 30000. |
| 15.3 | 141.9 | 30.8 | 86.2  | 16.2 | 35000. |
| 15.8 | 139.9 | 29.2 | 84.4  | 16.7 | 35000. |
| 16.3 | 138.0 | 27.7 | 82.7  | 17.1 | 35000. |
| 16.8 | 136.0 | 26.3 | 81.0  | 17.6 | 35000. |
| 17.3 | 134.1 | 25.0 | 79.4  | 18.0 | 35000. |
| 17.8 | 132.3 | 23.7 | 77.8  | 18.5 | 35000. |
| 18.3 | 130.4 | 22.5 | 76.3  | 18.9 | 35000. |
| 18.8 | 128.6 | 21.4 | 74.9  | 19.4 | 35000. |
| 19.3 | 126.8 | 20.4 | 73.5  | 19.8 | 35000. |
| 19.8 | 125.1 | 19.4 | 72.1  | 20.3 | 35000. |
| 20.3 | 123.4 | 18.5 | 70.8  | 20.7 | 35000. |
| 20.8 | 121.7 | 17.6 | 69.5  | 21.2 | 35000. |
| 21.3 | 120.1 | 16.8 | 68.3  | 21.6 | 35000. |
| 21.8 | 118.4 | 16.1 | 67.1  | 22.1 | 35000. |
| 22.3 | 116.9 | 15.3 | 65.9  | 22.5 | 35000. |
| 22.8 | 115.3 | 14.6 | 64.8  | 23.0 | 35000. |
| 23.3 | 113.8 | 14.0 | 63.7  | 23.4 | 35000. |
| 23.8 | 112.3 | 13.4 | 62.6  | 23.9 | 35000. |
| 24.3 | 110.8 | 12.8 | 61.6  | 24.3 | 55000. |
| 24.8 | 109.4 | 12.2 | 60.6  | 24.8 | 55000. |
| 25.3 | 108.0 | 11.7 | 59.6  | 25.2 | 55000. |
| 25.8 | 106.6 | 11.2 | 58.7  | 25.7 | 55000. |
| 26.3 | 105.2 | 10.7 | 57.8  | 26.1 | 55000. |
| 26.8 | 103.9 | 10.3 | 56.9  | 26.6 | 55000. |
| 27.3 | 102.6 | 9.9  | 56.0  | 27.0 | 55000. |
| 27.8 | 101.3 | 9.5  | 55.2  | 27.5 | 55000. |
| 28.3 | 100.1 | 9.1  | 54.3  | 27.9 | 55000. |
| 28.8 | 98.8  | 8.7  | 53.5  | 28.4 | 55000. |
| 31.1 | 93.3  | 7.2  | 50.0  | 30.5 | 55000. |
| 35.4 | 84.7  | 5.3  | 44.7  | 34.3 | 55000. |
| 39.6 | 77.3  | 4.0  | 40.3  | 38.2 | 55000. |
| 43.9 | 71.1  | 3.0  | 36.7  | 42.0 | 55000. |
| 48.1 | 65.7  | 2.4  | 33.6  | 45.8 | 55000. |
| 52.4 | 61.0  | 1.9  | 31.0  | 49.6 | 55000. |
| 56.6 | 56.9  | 1.5  | 28.7  | 53.5 | 55000. |

D S'z,x,y = incrementi di tensione indotti dai carichi  
 S'z = tensione verticale efficace litostatica

pag./ 4

TIBURTINA-CAVALCAVIA RAMEA N-Rilevato appoggio spalle  
 Rilevato illimitato - cedimento immediato



**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

**AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE**

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

129 di 151

RISULTATI relativi alla direttrice 1

X = .00 m Y = .00 m

## Cedimenti totali

## Cedimenti parziali

| Prof.<br>m | Cedimento<br>mm | da<br>m | a<br>m | D cedim.<br>mm |
|------------|-----------------|---------|--------|----------------|
| .0         | 87.9            |         |        |                |
| .5         | 87.8            | .0      | .5     | .1             |
| 1.0        | 87.5            | .5      | 1.0    | .3             |
| 1.5        | 87.0            | 1.0     | 1.5    | .5             |
| 2.0        | 86.4            | 1.5     | 2.0    | .6             |
| 2.5        | 85.6            | 2.0     | 2.5    | .8             |
| 3.0        | 84.6            | 2.5     | 3.0    | 1.0            |
| 3.5        | 83.9            | 3.0     | 3.5    | .7             |
| 4.0        | 83.0            | 3.5     | 4.0    | .8             |
| 4.5        | 82.1            | 4.0     | 4.5    | .9             |
| 5.0        | 81.2            | 4.5     | 5.0    | 1.0            |
| 5.5        | 80.1            | 5.0     | 5.5    | 1.0            |
| 6.0        | 79.0            | 5.5     | 6.0    | 1.1            |
| 6.5        | 77.9            | 6.0     | 6.5    | 1.1            |
| 7.0        | 76.7            | 6.5     | 7.0    | 1.2            |
| 7.5        | 75.5            | 7.0     | 7.5    | 1.2            |
| 8.0        | 74.2            | 7.5     | 8.0    | 1.3            |
| 8.5        | 72.9            | 8.0     | 8.5    | 1.3            |
| 9.0        | 71.6            | 8.5     | 9.0    | 1.3            |
| 9.5        | 70.3            | 9.0     | 9.5    | 1.3            |
| 10.0       | 68.9            | 9.5     | 10.0   | 1.4            |
| 10.5       | 67.5            | 10.0    | 10.5   | 1.4            |
| 11.0       | 66.2            | 10.5    | 11.0   | 1.4            |
| 11.5       | 64.8            | 11.0    | 11.5   | 1.4            |
| 12.0       | 63.4            | 11.5    | 12.0   | 1.4            |
| 12.5       | 62.0            | 12.0    | 12.5   | 1.4            |
| 13.0       | 60.6            | 12.5    | 13.0   | 1.4            |
| 13.5       | 59.2            | 13.0    | 13.5   | 1.4            |
| 14.0       | 57.8            | 13.5    | 14.0   | 1.4            |
| 14.5       | 56.4            | 14.0    | 14.5   | 1.4            |
| 15.0       | 55.0            | 14.5    | 15.0   | 1.4            |
| 15.5       | 53.8            | 15.0    | 15.5   | 1.2            |
| 16.0       | 52.6            | 15.5    | 16.0   | 1.2            |
| 16.5       | 51.4            | 16.0    | 16.5   | 1.2            |
| 17.0       | 50.3            | 16.5    | 17.0   | 1.2            |
| 17.5       | 49.1            | 17.0    | 17.5   | 1.2            |
| 18.0       | 47.9            | 17.5    | 18.0   | 1.2            |
| 18.5       | 46.8            | 18.0    | 18.5   | 1.2            |
| 19.0       | 45.6            | 18.5    | 19.0   | 1.1            |
| 19.5       | 44.5            | 19.0    | 19.5   | 1.1            |
| 20.0       | 43.4            | 19.5    | 20.0   | 1.1            |
| 20.5       | 42.2            | 20.0    | 20.5   | 1.1            |
| 21.0       | 41.1            | 20.5    | 21.0   | 1.1            |
| 21.5       | 40.0            | 21.0    | 21.5   | 1.1            |
| 22.0       | 38.9            | 21.5    | 22.0   | 1.1            |
| 22.5       | 37.8            | 22.0    | 22.5   | 1.1            |
| 23.0       | 36.7            | 22.5    | 23.0   | 1.1            |
| 23.5       | 35.7            | 23.0    | 23.5   | 1.1            |
| 24.0       | 34.6            | 23.5    | 24.0   | 1.1            |



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

130 di 151

|      |      |      |      |     |
|------|------|------|------|-----|
| 24.5 | 33.9 | 24.0 | 24.5 | .7  |
| 25.0 | 33.3 | 24.5 | 25.0 | .7  |
| 25.5 | 32.6 | 25.0 | 25.5 | .7  |
| 26.0 | 32.0 | 25.5 | 26.0 | .7  |
| 26.5 | 31.3 | 26.0 | 26.5 | .6  |
| 27.0 | 30.7 | 26.5 | 27.0 | .6  |
| 27.5 | 30.0 | 27.0 | 27.5 | .6  |
| 28.0 | 29.4 | 27.5 | 28.0 | .6  |
| 28.5 | 28.8 | 28.0 | 28.5 | .6  |
| 29.0 | 28.2 | 28.5 | 29.0 | .6  |
| 33.3 | 23.2 | 29.0 | 33.3 | 5.0 |
| 37.5 | 18.6 | 33.3 | 37.5 | 4.6 |
| 41.8 | 14.3 | 37.5 | 41.8 | 4.3 |
| 46.0 | 10.3 | 41.8 | 46.0 | 4.0 |
| 50.3 | 6.7  | 46.0 | 50.3 | 3.7 |
| 54.5 | 3.2  | 50.3 | 54.5 | 3.4 |
| 58.8 | .0   | 54.5 | 58.8 | 3.2 |

Cedimento totale = 87.9 mm



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

131 di 151

### **RILEVATI DI APPROCCIO AL CAVALCAVIA – DECORSO CEDIMENTI NEL TAMPO**

|  |              |                     |
|--|--------------|---------------------|
| Cedimento Totale                       | 195.00       | [mm]                |
| Cedimento immediato                    | 87.70        | [mm]                |
|  |              |                     |
| Cedimento di consolidazione            | 107.30       | [mm]                |
|  |              |                     |
| Ceff. di consolidazione - Cv           | 1.30E-07     | [m <sup>2</sup> /s] |
| Percorso di filtrazione - H            | 6            | [m]                 |
|  |              |                     |
| Consolidazione secondaria - C $\alpha$ | 0.0008       |                     |
| Altezza per la cons. sec. - H0         | 12           | [m]                 |
|  |              |                     |
| Anno iniziale                          | 3            |                     |
| Anno finale                            | 13           |                     |
| Cedimento ammissibile                  | 50           | [mm]                |
|  |              |                     |
|  |              |                     |
| Calcolo del cedimento a 3 anni         |              |                     |
| Tv                                     | 3.42E-01     |                     |
| Um                                     | 6.49E-01     | < 0.95              |
| Cedimento                              | 157.33       | [mm]                |
|  |              |                     |
|  |              |                     |
| Calcolo del cedimento a 13 anni        |              |                     |
| Tv                                     | 1.48E+00     |                     |
| Um                                     | 9.72E-01     | > 0.95              |
| Cedimento                              | 190.64       | [mm]                |
|  |              |                     |
| Cedimento dal 3° al 13° anno           | <b>33.31</b> | <b>[mm] OK</b>      |



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO  
132 di 151

# ALLEGATO 4

***Analisi di stabilità. Elaborati di  
calcolo PCSTABL - Metodologia  
di calcolo generale***



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

133 di 151

## **VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALI DELLE SCARPATE**

La valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità viene condotta mediante un programma di calcolo denominato "STABL" (R.A. Siegel 1975) in cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento, di norma a sviluppo circolare.

Il programma implementa il metodo di Carter (Bishop modificato - 1971), che conduce a valori del coefficiente di sicurezza ragionevolmente cautelativi.

Le modifiche riguardano essenzialmente l'estensione del metodo di Bishop a superfici diverse da quelle circolari, in particolare il programma permette di ricercare il minimo del coefficiente di sicurezza utilizzando superfici di forma qualsiasi, di solito generate con procedimenti numerici random.

Il criterio di rottura adottato è quello classico di Mohr-Coulomb.

Il valore che si ottiene del coefficiente di sicurezza rappresenta il rapporto fra la resistenza totale al taglio disponibile lungo la superficie di rottura e la forza totale di taglio mobilizzata lungo la stessa superficie.

Il metodo opera nell'ipotesi di stato piano di deformazione. Si può ragionevolmente ritenere che i fattori di sicurezza reali siano maggiori di quelli teorici valutati, tenuto conto dell'effetto tridimensionale. Nella figura seguente si riportano le forze che determinano l'equilibrio del concio elementare.



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

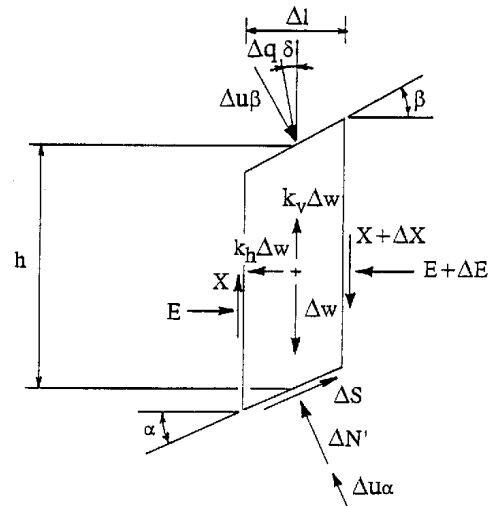
1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

134 di 151



ove:

$h$  = altezza media del concio

$\Delta l$  = larghezza del concio

$\alpha, \beta$  = inclinazione delle superfici inferiore e superiore rispetto all'orizzontale

$\Delta q$  = risultante dei carichi distribuiti sulla superficie inclinati di un angolo qualsiasi  $\delta$  rispetto alla verticale

$\Delta u_\alpha, \Delta u_\beta$  = risultanti della pressione neutra sulle facce inferiore e superiore

$\Delta w$  = peso totale del concio

$X$  = azione di taglio verticale tra i concii

$\Delta X$  = incremento dell'azione tagliante verticale

$E$  = forza orizzontale agente sulla superficie verticale del concio

$\Delta E$  = incremento della forza orizzontale

$k_h, k_v$  = coefficienti moltiplicatori del peso  $\Delta w$  per tener conto di eventuali sollecitazioni sismiche orizzontali e verticali

$S$  = risultante delle azioni tangenziali agenti alla base del concio

$N'$  = sforzo normale agente alla base

**Programma STABL - Forze agenti sul concio di terreno**



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO  
135 di 151

## ANALISI STATICA

\*\* PCSTABL5M \*\*

by

Purdue University

1

--Slope Stability Analysis--  
Simplified Janbu, Simplified Bishop  
or Spencer's Method of Slices

Run Date: 02-16-12  
Time of Run: 5:53pm  
Run By:  
Input Data Filename: C:ST.SI  
Output Filename: C:ST.OUT  
Unit: SI  
Plotted Output Filename: C:ST.PLT

PROBLEM DESCRIPTION Analisi stabilit.. rilevato H=9.4m  
Analisi statica SLU

### BOUNDARY COORDINATES

5 Top Boundaries  
6 Total Boundaries

| Boundary No. | X-Left (m) | Y-Left (m) | X-Right (m) | Y-Right (m) | Soil Type Below End |
|--------------|------------|------------|-------------|-------------|---------------------|
| 1            | .00        | 10.00      | 10.00       | 10.00       | 2                   |
| 2            | 10.00      | 10.00      | 18.00       | 15.40       | 1                   |
| 3            | 18.00      | 15.40      | 20.00       | 15.40       | 1                   |
| 4            | 20.00      | 15.40      | 26.00       | 19.40       | 1                   |
| 5            | 26.00      | 19.40      | 37.00       | 19.40       | 1                   |
| 6            | 10.00      | 10.00      | 37.00       | 10.00       | 2                   |

1

### ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

2 Type(s) of Soil

| Soil Type No. | Total Unit Wt. (KN/m3) | Saturated Unit Wt. (KN/m3) | Cohesion Intercept (KPa) | Friction Angle (deg) | Pore Pressure Param. (KPa) | Pressure Constant (KPa) | Piez. Surface No. |
|---------------|------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------|
| 1             | 20.0                   | 20.0                       | .0                       | 29.3                 | .00                        | .0                      | 1                 |
| 2             | 18.0                   | 18.0                       | .0                       | 27.5                 | .00                        | .0                      | 1                 |

1



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

136 di 151

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

Unit Weight of Water = 9.80

Piezometric Surface No. 1 Specified by 2 Coordinate Points

| Point No. | X-Water (m) | Y-Water (m) |
|-----------|-------------|-------------|
| 1         | .00         | 6.00        |
| 2         | 37.00       | 6.00        |

1

BOUNDARY LOAD(S)

1 Load(s) Specified

| Load No. | X-Left (m) | X-Right (m) | Intensity (KPa) | Deflection (deg) |
|----------|------------|-------------|-----------------|------------------|
| 1        | 26.50      | 37.00       | 26.0            | .0               |

NOTE - Intensity Is Specified As A Uniformly Distributed Force Acting On A Horizontally Projected Surface.

1

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

100 Trial Surfaces Have Been Generated.

10 Surfaces Initiate From Each Of 10 Points Equally Spaced Along The Ground Surface Between X = .00 m and X = 10.00 m

Each Surface Terminates Between X = 26.00 m and X = 37.00 m

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation At Which A Surface Extends Is Y = 1.00 m

2.00 m Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

1





Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

137 di 151

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical First.

\* \* Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method \* \*

Failure Surface Specified By 11 Coordinate Points

| Point No. | X-Surf (m) | Y-Surf (m) |
|-----------|------------|------------|
| 1         | 10.00      | 10.00      |
| 2         | 11.99      | 10.24      |
| 3         | 13.94      | 10.64      |
| 4         | 15.86      | 11.21      |
| 5         | 17.72      | 11.95      |
| 6         | 19.51      | 12.85      |
| 7         | 21.21      | 13.89      |
| 8         | 22.82      | 15.08      |
| 9         | 24.32      | 16.40      |
| 10        | 25.70      | 17.85      |
| 11        | 26.94      | 19.40      |

Circle Center At X = 8.3 ; Y = 33.1 and Radius, 23.1

\*\*\* 1.123 \*\*\*

Individual data on the 14 slices

| Slice No. | Width (m) | Weight (N) | Water Force |         | Tie Force |         | Earthquake Force |         |                    |
|-----------|-----------|------------|-------------|---------|-----------|---------|------------------|---------|--------------------|
|           |           |            | Top (N)     | Bot (N) | Norm (N)  | Tan (N) | Hor (N)          | Ver (N) | Surcharge Load (N) |
| 1         | 2.0       | 6693.1     | .0          | .0      | .0        | .0      | .0               | .0      | .0                 |
| 2         | 2.0       | 18668.3    | .0          | .0      | .0        | .0      | .0               | .0      | .0                 |
| 3         | 1.9       | 27819.5    | .0          | .0      | .0        | .0      | .0               | .0      | .0                 |
| 4         | 1.9       | 34013.5    | .0          | .0      | .0        | .0      | .0               | .0      | .0                 |
| 5         | .3        | 5603.5     | .0          | .0      | .0        | .0      | .0               | .0      | .0                 |
| 6         | 1.5       | 26965.5    | .0          | .0      | .0        | .0      | .0               | .0      | .0                 |
| 7         | .5        | 7196.2     | .0          | .0      | .0        | .0      | .0               | .0      | .0                 |
| 8         | 1.2       | 16907.9    | .0          | .0      | .0        | .0      | .0               | .0      | .0                 |
| 9         | 1.6       | 22144.4    | .0          | .0      | .0        | .0      | .0               | .0      | .0                 |
| 10        | 1.5       | 18630.1    | .0          | .0      | .0        | .0      | .0               | .0      | .0                 |
| 11        | 1.4       | 13554.1    | .0          | .0      | .0        | .0      | .0               | .0      | .0                 |
| 12        | .3        | 2302.2     | .0          | .0      | .0        | .0      | .0               | .0      | .0                 |
| 13        | .5        | 2621.4     | .0          | .0      | .0        | .0      | .0               | .0      | .0                 |
| 14        | .4        | 730.4      | .0          | .0      | .0        | .0      | .0               | .0      | 3469.4             |

Failure Surface Specified By 13 Coordinate Points

| Point | X-Surf | Y-Surf |
|-------|--------|--------|
|-------|--------|--------|



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

138 di 151

| No. | (m)   | (m)   |
|-----|-------|-------|
| 1   | 7.78  | 10.00 |
| 2   | 9.76  | 9.77  |
| 3   | 11.76 | 9.77  |
| 4   | 13.75 | 10.00 |
| 5   | 15.70 | 10.47 |
| 6   | 17.57 | 11.15 |
| 7   | 19.36 | 12.05 |
| 8   | 21.03 | 13.15 |
| 9   | 22.56 | 14.44 |
| 10  | 23.93 | 15.90 |
| 11  | 25.12 | 17.51 |
| 12  | 26.12 | 19.24 |
| 13  | 26.18 | 19.40 |

Circle Center At X = 10.8 ; Y = 26.9 and Radius, 17.2

\*\*\* 1.213 \*\*\*

1

Failure Surface Specified By 14 Coordinate Points

| Point No. | X-Surf (m) | Y-Surf (m) |
|-----------|------------|------------|
| 1         | 6.67       | 10.00      |
| 2         | 8.63       | 9.60       |
| 3         | 10.62      | 9.42       |
| 4         | 12.62      | 9.45       |
| 5         | 14.60      | 9.71       |
| 6         | 16.55      | 10.17      |
| 7         | 18.43      | 10.84      |
| 8         | 20.23      | 11.72      |
| 9         | 21.92      | 12.78      |
| 10        | 23.49      | 14.02      |
| 11        | 24.92      | 15.43      |
| 12        | 26.18      | 16.98      |
| 13        | 27.27      | 18.65      |
| 14        | 27.64      | 19.40      |

Circle Center At X = 11.3 ; Y = 27.8 and Radius, 18.4

\*\*\* 1.226 \*\*\*

Failure Surface Specified By 14 Coordinate Points

| Point No. | X-Surf (m) | Y-Surf (m) |
|-----------|------------|------------|
| 1         | 6.67       | 10.00      |



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

139 di 151

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 2  | 8.62  | 9.56  |
| 3  | 10.61 | 9.34  |
| 4  | 12.61 | 9.35  |
| 5  | 14.59 | 9.58  |
| 6  | 16.54 | 10.03 |
| 7  | 18.43 | 10.69 |
| 8  | 20.23 | 11.56 |
| 9  | 21.92 | 12.63 |
| 10 | 23.48 | 13.88 |
| 11 | 24.89 | 15.30 |
| 12 | 26.14 | 16.86 |
| 13 | 27.20 | 18.56 |
| 14 | 27.61 | 19.40 |

Circle Center At X = 11.6 ; Y = 27.1 and Radius, 17.8

\*\*\* 1.240 \*\*\*

1

Failure Surface Specified By 16 Coordinate Points

| Point No. | X-Surf (m) | Y-Surf (m) |
|-----------|------------|------------|
| 1         | 1.11       | 10.00      |
| 2         | 3.07       | 9.61       |
| 3         | 5.06       | 9.38       |
| 4         | 7.06       | 9.30       |
| 5         | 9.06       | 9.38       |
| 6         | 11.04      | 9.62       |
| 7         | 13.00      | 10.01      |
| 8         | 14.93      | 10.55      |
| 9         | 16.80      | 11.25      |
| 10        | 18.62      | 12.09      |
| 11        | 20.36      | 13.07      |
| 12        | 22.02      | 14.18      |
| 13        | 23.59      | 15.42      |
| 14        | 25.06      | 16.78      |
| 15        | 26.42      | 18.25      |
| 16        | 27.32      | 19.40      |

Circle Center At X = 7.0 ; Y = 34.7 and Radius, 25.4

\*\*\* 1.242 \*\*\*

Failure Surface Specified By 18 Coordinate Points

| Point No. | X-Surf (m) | Y-Surf (m) |
|-----------|------------|------------|
| 1         | .00        | 10.00      |



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

140 di 151

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 2  | 1.97  | 9.66  |
| 3  | 3.96  | 9.45  |
| 4  | 5.96  | 9.37  |
| 5  | 7.96  | 9.41  |
| 6  | 9.95  | 9.58  |
| 7  | 11.93 | 9.89  |
| 8  | 13.88 | 10.31 |
| 9  | 15.80 | 10.87 |
| 10 | 17.69 | 11.54 |
| 11 | 19.52 | 12.33 |
| 12 | 21.30 | 13.24 |
| 13 | 23.02 | 14.27 |
| 14 | 24.67 | 15.40 |
| 15 | 26.24 | 16.63 |
| 16 | 27.74 | 17.97 |
| 17 | 29.14 | 19.39 |
| 18 | 29.14 | 19.40 |

Circle Center At X = 6.3 ; Y = 40.5 and Radius, 31.1

\*\*\* 1.242 \*\*\*

1

Failure Surface Specified By 12 Coordinate Points

| Point No. | X-Surf (m) | Y-Surf (m) |
|-----------|------------|------------|
| 1         | 10.00      | 10.00      |
| 2         | 11.99      | 9.83       |
| 3         | 13.99      | 9.90       |
| 4         | 15.97      | 10.22      |
| 5         | 17.89      | 10.77      |
| 6         | 19.73      | 11.55      |
| 7         | 21.46      | 12.54      |
| 8         | 23.07      | 13.74      |
| 9         | 24.51      | 15.13      |
| 10        | 25.77      | 16.68      |
| 11        | 26.84      | 18.37      |
| 12        | 27.33      | 19.40      |

Circle Center At X = 12.4 ; Y = 26.2 and Radius, 16.4

\*\*\* 1.252 \*\*\*

Failure Surface Specified By 16 Coordinate Points

| Point No. | X-Surf (m) | Y-Surf (m) |
|-----------|------------|------------|
| 1         | 4.44       | 10.00      |



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

141 di 151

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 2  | 6.39  | 9.54  |
| 3  | 8.37  | 9.26  |
| 4  | 10.37 | 9.15  |
| 5  | 12.37 | 9.22  |
| 6  | 14.35 | 9.47  |
| 7  | 16.31 | 9.88  |
| 8  | 18.22 | 10.47 |
| 9  | 20.07 | 11.22 |
| 10 | 21.85 | 12.14 |
| 11 | 23.54 | 13.20 |
| 12 | 25.14 | 14.41 |
| 13 | 26.62 | 15.76 |
| 14 | 27.97 | 17.23 |
| 15 | 29.19 | 18.82 |
| 16 | 29.56 | 19.40 |

Circle Center At X = 10.6 ; Y = 31.8 and Radius, 22.7

\*\*\* 1.254 \*\*\*



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

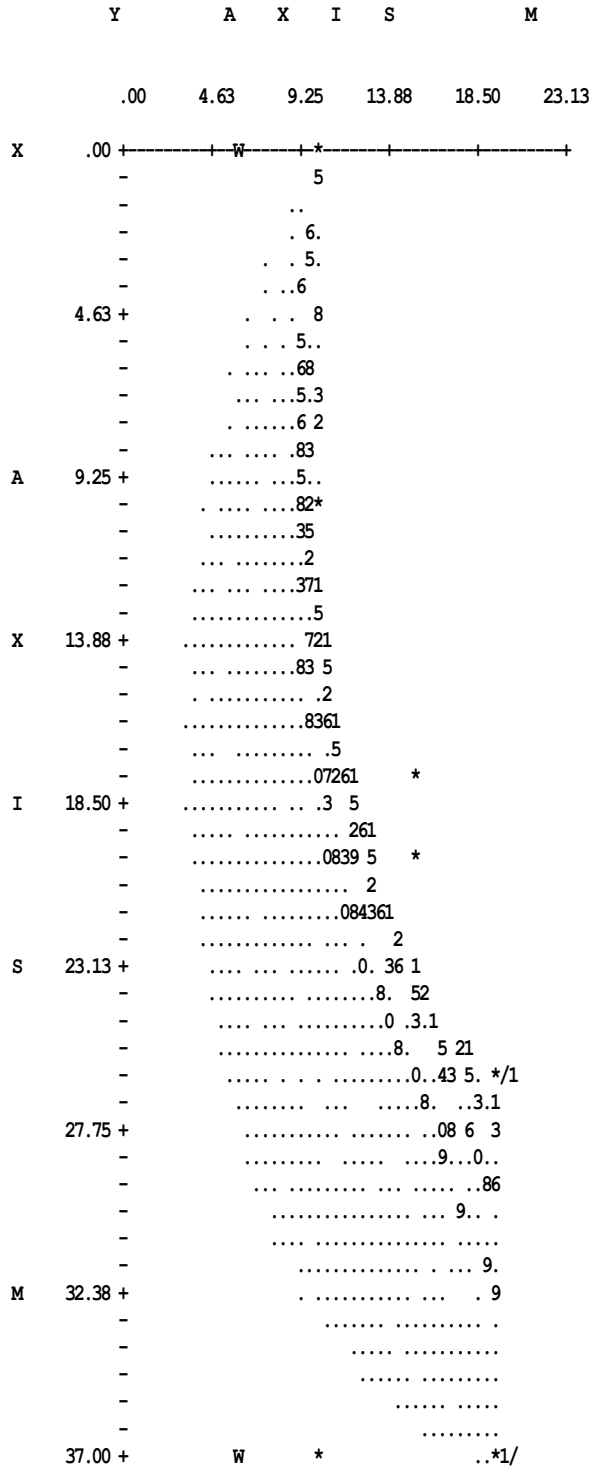
P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

142 di 151

1





Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

143 di 151

**ANALISI SISMICA**

\*\* PCSTABL5M \*\*

by

Purdue University

1

--Slope Stability Analysis--

Simplified Janbu, Simplified Bishop

or Spencer's Method of Slices

Run Date: 02-16-12  
 Time of Run: 5:53pm  
 Run By:  
 Input Data Filename: C:SIS.SI  
 Output Filename: C:SIS.OUT  
 Unit: SI  
 Plotted Output Filename: C:SIS.PLT

PROBLEM DESCRIPTION Analisi stabilit.. rilevato H=9.4m  
 Analisi sismica SLU

BOUNDARY COORDINATES

5 Top Boundaries  
 6 Total Boundaries

| Boundary No. | X-Left (m) | Y-Left (m) | X-Right (m) | Y-Right (m) | Soil Type Below End |
|--------------|------------|------------|-------------|-------------|---------------------|
| 1            | .00        | 10.00      | 10.00       | 10.00       | 2                   |
| 2            | 10.00      | 10.00      | 18.00       | 15.40       | 1                   |
| 3            | 18.00      | 15.40      | 20.00       | 15.40       | 1                   |
| 4            | 20.00      | 15.40      | 26.00       | 19.40       | 1                   |
| 5            | 26.00      | 19.40      | 37.00       | 19.40       | 1                   |
| 6            | 10.00      | 10.00      | 37.00       | 10.00       | 2                   |

1

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

2 Type(s) of Soil

| Soil Type No. | Total Unit Wt. (KN/m3) | Saturated Unit Wt. (KN/m3) | Cohesion Intercept (KPa) | Friction Angle (deg) | Pore Pressure Param. (KPa) | Pressure Constant (KPa) | Piez. Surface No. |
|---------------|------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------|
| 1             | 20.0                   | 20.0                       | .0                       | 29.3                 | .00                        | .0                      | 1                 |
| 2             | 18.0                   | 18.0                       | .0                       | 27.5                 | .00                        | .0                      | 1                 |

1



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

144 di 151

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

Unit Weight of Water = 9.80

Piezometric Surface No. 1 Specified by 2 Coordinate Points

| Point No. | X-Water (m) | Y-Water (m) |
|-----------|-------------|-------------|
| 1         | .00         | 6.00        |
| 2         | 37.00       | 6.00        |

1

BOUNDARY LOAD(S)

1 Load(s) Specified

| Load No. | X-Left (m) | X-Right (m) | Intensity (KPa) | Deflection (deg) |
|----------|------------|-------------|-----------------|------------------|
| 1        | 26.80      | 37.00       | 20.0            | .0               |

NOTE - Intensity Is Specified As A Uniformly Distributed Force Acting On A Horizontally Projected Surface.

A Horizontal Earthquake Loading Coefficient Of .062 Has Been Assigned

A Vertical Earthquake Loading Coefficient Of .031 Has Been Assigned

Cavitation Pressure = .0 (KPa)

1

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

100 Trial Surfaces Have Been Generated.

10 Surfaces Initiate From Each Of 10 Points Equally Spaced Along The Ground Surface Between X = .00 m and X = 9.90 m

Each Surface Terminates Between X = 26.00 m and X = 37.00 m





Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO  
145 di 151

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation  
At Which A Surface Extends Is  $Y = 1.00$  m

2.00 m Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

1

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial  
Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical  
First.

\* \* Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method \* \*

Failure Surface Specified By 13 Coordinate Points

| Point<br>No. | X-Surf<br>(m) | Y-Surf<br>(m) |
|--------------|---------------|---------------|
| 1            | 7.70          | 10.00         |
| 2            | 9.69          | 9.77          |
| 3            | 11.69         | 9.77          |
| 4            | 13.67         | 10.00         |
| 5            | 15.62         | 10.46         |
| 6            | 17.50         | 11.14         |
| 7            | 19.29         | 12.03         |
| 8            | 20.96         | 13.13         |
| 9            | 22.50         | 14.41         |
| 10           | 23.88         | 15.86         |
| 11           | 25.08         | 17.46         |
| 12           | 26.09         | 19.19         |
| 13           | 26.18         | 19.40         |

Circle Center At  $X = 10.7$  ;  $Y = 27.0$  and Radius, 17.3

\*\*\* 1.1000 \*\*\*

Individual data on the 17 slices

| Slice<br>No. | Width<br>(m) | Weight<br>(N) | Water               |                     | Tie                  |                     | Earthquake          |                     |                          |
|--------------|--------------|---------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|
|              |              |               | Force<br>Top<br>(N) | Force<br>Bot<br>(N) | Force<br>Norm<br>(N) | Force<br>Tan<br>(N) | Force<br>Hor<br>(N) | Force<br>Ver<br>(N) | Surcharge<br>Load<br>(N) |
| 1            | 2.0          | 1261.6        | .0                  | .0                  | .0                   | .0                  | 78.2                | 39.1                | .0                       |
| 2            | .3           | 398.0         | .0                  | .0                  | .0                   | .0                  | 24.7                | 12.3                | .0                       |
| 3            | 1.7          | 7996.9        | .0                  | .0                  | .0                   | .0                  | 495.8               | 247.9               | .0                       |
| 4            | 2.0          | 23174.7       | .0                  | .0                  | .0                   | .0                  | 1436.8              | 718.4               | .0                       |
| 5            | .0           | 59.5          | .0                  | .0                  | .0                   | .0                  | 3.7                 | 1.8                 | .0                       |
| 6            | 1.9          | 34444.4       | .0                  | .0                  | .0                   | .0                  | 2135.6              | 1067.8              | .0                       |
| 7            | 1.9          | 41603.5       | .0                  | .0                  | .0                   | .0                  | 2579.4              | 1289.7              | .0                       |



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

146 di 151

|    |     |         |    |    |    |    |        |       |    |
|----|-----|---------|----|----|----|----|--------|-------|----|
| 8  | .5  | 12081.7 | .0 | .0 | .0 | .0 | 749.1  | 374.5 | .0 |
| 9  | 1.3 | 28999.2 | .0 | .0 | .0 | .0 | 1798.0 | 899.0 | .0 |
| 10 | .7  | 13574.8 | .0 | .0 | .0 | .0 | 841.6  | 420.8 | .0 |
| 11 | 1.0 | 17079.7 | .0 | .0 | .0 | .0 | 1058.9 | 529.5 | .0 |
| 12 | 1.5 | 26086.9 | .0 | .0 | .0 | .0 | 1617.4 | 808.7 | .0 |
| 13 | 1.4 | 20087.3 | .0 | .0 | .0 | .0 | 1245.4 | 622.7 | .0 |
| 14 | 1.2 | 12640.1 | .0 | .0 | .0 | .0 | 783.7  | 391.8 | .0 |
| 15 | .9  | 4747.1  | .0 | .0 | .0 | .0 | 294.3  | 147.2 | .0 |
| 16 | .1  | 150.5   | .0 | .0 | .0 | .0 | 9.3    | 4.7   | .0 |
| 17 | .1  | 61.4    | .0 | .0 | .0 | .0 | 3.8    | 1.9   | .0 |

Failure Surface Specified By 14 Coordinate Points

| Point No. | X-Surf (m) | Y-Surf (m) |
|-----------|------------|------------|
| 1         | 6.60       | 10.00      |
| 2         | 8.56       | 9.60       |
| 3         | 10.55      | 9.42       |
| 4         | 12.55      | 9.45       |
| 5         | 14.54      | 9.70       |
| 6         | 16.48      | 10.16      |
| 7         | 18.37      | 10.83      |
| 8         | 20.17      | 11.70      |
| 9         | 21.87      | 12.76      |
| 10        | 23.44      | 13.99      |
| 11        | 24.87      | 15.39      |
| 12        | 26.14      | 16.93      |
| 13        | 27.24      | 18.61      |
| 14        | 27.64      | 19.40      |

Circle Center At X = 11.3 ; Y = 27.8 and Radius, 18.4

\*\*\* 1.1000 \*\*\*

1

Failure Surface Specified By 16 Coordinate Points

| Point No. | X-Surf (m) | Y-Surf (m) |
|-----------|------------|------------|
| 1         | 1.10       | 10.00      |
| 2         | 3.06       | 9.61       |
| 3         | 5.05       | 9.38       |
| 4         | 7.05       | 9.30       |
| 5         | 9.05       | 9.38       |
| 6         | 11.03      | 9.62       |
| 7         | 12.99      | 10.01      |
| 8         | 14.92      | 10.55      |
| 9         | 16.79      | 11.25      |
| 10        | 18.61      | 12.08      |
| 11        | 20.35      | 13.06      |
| 12        | 22.02      | 14.18      |
| 13        | 23.58      | 15.41      |
| 14        | 25.05      | 16.77      |



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

147 di 151

15 26.41 18.24  
16 27.32 19.40

Circle Center At X = 7.0 ; Y = 34.7 and Radius, 25.4

\*\*\* 1.1000 \*\*\*

Failure Surface Specified By 18 Coordinate Points

| Point No. | X-Surf (m) | Y-Surf (m) |
|-----------|------------|------------|
| 1         | .00        | 10.00      |
| 2         | 1.97       | 9.66       |
| 3         | 3.96       | 9.45       |
| 4         | 5.96       | 9.37       |
| 5         | 7.96       | 9.41       |
| 6         | 9.95       | 9.58       |
| 7         | 11.93      | 9.89       |
| 8         | 13.88      | 10.31      |
| 9         | 15.80      | 10.87      |
| 10        | 17.69      | 11.54      |
| 11        | 19.52      | 12.33      |
| 12        | 21.30      | 13.24      |
| 13        | 23.02      | 14.27      |
| 14        | 24.67      | 15.40      |
| 15        | 26.24      | 16.63      |
| 16        | 27.74      | 17.97      |
| 17        | 29.14      | 19.39      |
| 18        | 29.14      | 19.40      |

Circle Center At X = 6.3 ; Y = 40.5 and Radius, 31.1

\*\*\* 1.1000 \*\*\*

1

Failure Surface Specified By 14 Coordinate Points

| Point No. | X-Surf (m) | Y-Surf (m) |
|-----------|------------|------------|
| 1         | 6.60       | 10.00      |
| 2         | 8.55       | 9.56       |
| 3         | 10.54      | 9.34       |
| 4         | 12.54      | 9.35       |
| 5         | 14.53      | 9.57       |
| 6         | 16.48      | 10.02      |
| 7         | 18.36      | 10.68      |
| 8         | 20.17      | 11.54      |
| 9         | 21.86      | 12.61      |
| 10        | 23.43      | 13.85      |
| 11        | 24.85      | 15.26      |



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO  
148 di 151

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 12 | 26.10 | 16.82 |
| 13 | 27.17 | 18.51 |
| 14 | 27.61 | 19.40 |

Circle Center At X = 11.5 ; Y = 27.2 and Radius, 17.9

\*\*\* 1.1000 \*\*\*

Failure Surface Specified By 12 Coordinate Points

| Point No. | X-Surf (m) | Y-Surf (m) |
|-----------|------------|------------|
| 1         | 9.90       | 10.00      |
| 2         | 11.89      | 9.81       |
| 3         | 13.89      | 9.85       |
| 4         | 15.87      | 10.12      |
| 5         | 17.81      | 10.61      |
| 6         | 19.68      | 11.32      |
| 7         | 21.46      | 12.24      |
| 8         | 23.12      | 13.35      |
| 9         | 24.64      | 14.65      |
| 10        | 26.01      | 16.11      |
| 11        | 27.20      | 17.72      |
| 12        | 28.17      | 19.40      |

Circle Center At X = 12.5 ; Y = 27.3 and Radius, 17.5

\*\*\* 1.106 \*\*\*

1

Failure Surface Specified By 16 Coordinate Points

| Point No. | X-Surf (m) | Y-Surf (m) |
|-----------|------------|------------|
| 1         | 4.40       | 10.00      |
| 2         | 6.35       | 9.54       |
| 3         | 8.33       | 9.26       |
| 4         | 10.32      | 9.15       |
| 5         | 12.32      | 9.22       |
| 6         | 14.31      | 9.46       |
| 7         | 16.27      | 9.88       |
| 8         | 18.18      | 10.46      |
| 9         | 20.03      | 11.21      |
| 10        | 21.81      | 12.12      |
| 11        | 23.51      | 13.18      |
| 12        | 25.10      | 14.39      |
| 13        | 26.58      | 15.73      |
| 14        | 27.94      | 17.20      |
| 15        | 29.17      | 18.78      |



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

149 di 151

16 29.57 19.40

Circle Center At X = 10.6 ; Y = 31.9 and Radius, 22.7

\*\*\* 1.107 \*\*\*

Failure Surface Specified By 15 Coordinate Points

| Point No. | X-Surf (m) | Y-Surf (m) |
|-----------|------------|------------|
| 1         | 6.60       | 10.00      |
| 2         | 8.55       | 9.58       |
| 3         | 10.54      | 9.33       |
| 4         | 12.54      | 9.26       |
| 5         | 14.54      | 9.37       |
| 6         | 16.51      | 9.66       |
| 7         | 18.46      | 10.12      |
| 8         | 20.36      | 10.75      |
| 9         | 22.19      | 11.56      |
| 10        | 23.94      | 12.52      |
| 11        | 25.60      | 13.64      |
| 12        | 27.16      | 14.89      |
| 13        | 28.59      | 16.29      |
| 14        | 29.89      | 17.80      |
| 15        | 31.04      | 19.40      |

Circle Center At X = 12.3 ; Y = 31.6 and Radius, 22.4

\*\*\* 1.152 \*\*\*

1

Failure Surface Specified By 14 Coordinate Points

| Point No. | X-Surf (m) | Y-Surf (m) |
|-----------|------------|------------|
| 1         | 6.60       | 10.00      |
| 2         | 8.50       | 9.37       |
| 3         | 10.46      | 8.98       |
| 4         | 12.46      | 8.85       |
| 5         | 14.45      | 8.97       |
| 6         | 16.42      | 9.33       |
| 7         | 18.32      | 9.95       |
| 8         | 20.13      | 10.79      |
| 9         | 21.82      | 11.86      |
| 10        | 23.37      | 13.14      |
| 11        | 24.74      | 14.59      |
| 12        | 25.91      | 16.21      |
| 13        | 26.87      | 17.96      |
| 14        | 27.44      | 19.40      |



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE  
Lavori di Potenziamento dello  
Svincolo Tiburtina  
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

150 di 151

Circle Center At X = 12.5 ; Y = 24.7 and Radius, 15.8

\*\*\* 1.165 \*\*\*

Failure Surface Specified By 16 Coordinate Points

| Point<br>No. | X-Surf<br>(m) | Y-Surf<br>(m) |
|--------------|---------------|---------------|
| 1            | 3.30          | 10.00         |
| 2            | 5.18          | 9.31          |
| 3            | 7.11          | 8.81          |
| 4            | 9.09          | 8.53          |
| 5            | 11.09         | 8.45          |
| 6            | 13.09         | 8.58          |
| 7            | 15.06         | 8.92          |
| 8            | 16.98         | 9.46          |
| 9            | 18.84         | 10.21         |
| 10           | 20.61         | 11.14         |
| 11           | 22.27         | 12.26         |
| 12           | 23.81         | 13.54         |
| 13           | 25.20         | 14.97         |
| 14           | 26.43         | 16.55         |
| 15           | 27.49         | 18.24         |
| 16           | 28.06         | 19.40         |

Circle Center At X = 10.8 ; Y = 27.5 and Radius, 19.0

\*\*\* 1.174 \*\*\*



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

151 di 151

1

Y A X I S M

.00 4.63 9.25 13.88 18.50 23.13

