GRUPPO FS ITALIANE

**Direzione Tecnica**

# S.S. n°1 AURELIA
# VARIANTE ALL'ABITATO DI IMPERIA
# LOTTO 1
# DA SVINCOLO TORRENTE PRINO A SVINCOLO IMPERO

## PROGETTO DEFINITIVO

COD. GE271


PROGETTAZIONE:
RAGGRUPPAMENTO
TEMPORANEO PROGETTISTI

MANDATARIA:
PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.

MANDANTI:
delta ingegneria
ViA INGEGNERIA

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
*Ing. Riccardo Formichi – Società Pro Iter Srl*
*Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. 18045*

IL GEOLOGO:
*Geol. Massimo Mezzanzanica – Società Pro Iter Srl*
*Ordine Geologi Regione Lombardia n. A762*

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:
*Ing. Matteo Di Girolamo – Società VIA Ingegneria Srl*
*Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. n° 15138*

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO:
*Ing. Fabrizio Cardone*

IL PROGETTISTA:
*Ing. Enrico Maria Pizzarotti – Società Pro Iter Srl*
*Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. 29470*

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO
DOTT.ING. FORMICHI RICCARDO
Sez.A Settori:
a) civile e ambientale
b) industriale
c) dell'informazione
n° A 18045

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO
DOTT.ING. ENRICO MARIA PIZZAROTTI
Sez.A Settori
a) civile e ambientale
b) industriale
c) dell'informazione
n° A 29470


PROTOCOLLO:

DATA:

## 02 - GEOLOGIA E GEOTECNICA
### 02.03 - GEOTECNICA
Relazione geomeccanica

| CODICE PROGETTO | NOME FILE | REVISIONE | SCALA |
|---|---|---|---|
| PROGETTO: DPGE2710 — LIV. PROG.: D 23 | T00GE03GETRE02A.pdf | | |
| | CODICE ELAB.: T00GE03GETRE02 | A | |

| REV. | DESCRIZIONE | DATA | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |
|---|---|---|---|---|---|
| D | | | | | |
| C | | | | | |
| B | | | | | |
| A | EMISSIONE | Gennaio 2024 | Vitiello | Mezzanzanica | Formichi |

**ANAS SpA**

S.S. 1 AURELIA – VARIANTE ALL'ABITATO DI IMPERIA

1° LOTTO FUNZIONALE

# PROGETTO DEFINITIVO

**RELAZIONE GEOMECCANICA**

# I N D I C E

**1 PREMESSA ..... 5**
1.1 OPERE IN SOTTERRANEO: GALLERIE ..... 6
**2 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO ..... 9**
2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO ..... 9
2.2 ELABORATI DI PROGETTO DEFINITIVO ..... 9
**3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO ..... 11**
**4 INDAGINI GEOGNOSTICHE ..... 12**
4.1 CAMPAGNA DI INDAGINE GEOGNOSTICA PREGRESSA (2010) ..... 12
*4.1.1 Indagini geognostiche in sito ..... 14*
4.1.1.1 Sondaggi geognostici a carotaggio continuo ..... 14
4.1.1.2 Prove penetrometriche dinamiche in foro di sondaggio (SPT) ..... 15
4.1.1.3 Prove di permeabilità Lefranc ..... 17
4.1.1.4 Prove di permeabilità Lugeon ..... 17
4.1.1.5 Prove pressiometriche ..... 18
4.1.1.6 Prove dilatometriche ..... 18
4.1.1.7 Prove penetrometriche dinamiche continue ..... 18
4.1.1.8 Prospezioni sismiche di superficie ..... 19
4.1.1.9 Prospezioni sismiche down hole ..... 20
4.1.1.10 Pozzetti esplorativi ..... 22
4.1.1.11 Misure piezometriche ..... 22
*4.1.2 Prove geotecniche di laboratorio ..... 23*
*4.1.3 Prove geomeccaniche di laboratorio ..... 24*
*4.1.4 Prove di resistenza a carico puntiforme (point load strength test) ..... 26*
*4.1.5 Rilievi geomeccanici ..... 27*
4.2 CAMPAGNA DI INDAGINE GEOGNOSTICA INTEGRATIVA (2023) ..... 28
*4.2.1 Indagini geognostiche in sito ..... 29*
4.2.1.1 Sondaggi geognostici ..... 29
4.2.1.2 Prove di resistenza dinamica in foro: Standard Penetration Test (SPT) ..... 30
4.2.1.3 Prove di permeabilità Lefranc ..... 31
4.2.1.4 Prove di permeabilità Lugeon ..... 31
4.2.1.5 Prove dilatometriche ..... 32
4.2.1.6 Prove di carico su piastra ..... 32
4.2.1.7 Prelievo di campioni ambientali ..... 33
4.2.1.8 Indagini geofisiche ..... 34
*4.2.2 Prove geotecniche di laboratorio ..... 38*
*4.2.3 Prove geomeccaniche di laboratorio ..... 38*
**5 GALLERIE NATURALI: ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE ED IDROGEOLOGICO ..... 41**
5.1 GALLERIA MONTE CALVARIO (L=467.00 M) ..... 41
5.2 GALLERIA COSTA MURATA (L=665.00 M) ..... 42
5.3 GALLERIA MERIELLO (L=612.50 M) ..... 43
5.4 GALLERIA MONTE BARDELLINI (L=1934.00 M) ..... 44
**6 DETERMINAZIONE DELLE VENUTE D'ACQUA IN GALLERIA ..... 47**

**7 CRITERI DI CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA ..... 53**

7.1 CRITERI DI CLASSIFICAZIONE TECNICA DEGLI AMMASSI ROCCIOSI ..... 53

7.2 CRITERI DI CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEGLI AMMASSI ROCCIOSI ..... 56

7.3 DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI DI RESISTENZA E DEFORMABILITÀ DELL'AMMASSO ROCCIOSO 57

**8 PARAMETRI GEOMECCANICI DI PROGETTO DELLE UNITÀ DI SUBSTRATO ..... 61**

8.1 PARAMETRI DI BASE ..... 61

8.2 GALLERIA MONTE CALVARIO ..... 64

*8.2.1. Indagini di riferimento ..... 64*

*8.2.2. Classificazioni – Unità FS1 ..... 64*

*8.2.3. Classificazioni – Unità FS2 ..... 66*

*8.2.4. Parametri geomeccanici di progetto ..... 68*

8.2.4.1. Unità FS1 - Imbocchi ..... 68

8.2.4.2. Unità FS2 - Galleria naturale ..... 68

8.2.4.3. Unità FS2 - Imbocchi ..... 68

8.2.4.4. Zone di faglia ..... 69

8.3 GALLERIA COSTA MURATA ..... 70

*8.3.1 Indagini di riferimento ..... 70*

*8.3.2 Classificazioni – Unità FS1 ..... 70*

*8.3.3 Parametri geomeccanici di progetto ..... 72*

8.3.3.1 Unità FS1 - Galleria naturale ..... 72

8.3.3.2 Unità FS1 - Imbocchi ..... 72

8.3.3.3 Zone di faglia ..... 72

8.4 GALLERIA MERIELLO ..... 74

*8.4.1 Indagini di riferimento ..... 74*

*8.4.2 Classificazioni – Unità FS1 ..... 74*

*8.4.3 Parametri geomeccanici di progetto ..... 76*

8.4.3.1 Unità FS1 - Galleria naturale ..... 76

8.4.3.2 Unità FS1 - Imbocchi ..... 76

8.4.3.3 Unità FS2 - Imbocchi ..... 76

8.5 GALLERIA MONTE BARDELLINI ..... 78

*8.5.1 Indagini di riferimento ..... 78*

*8.5.2 Classificazioni – Unità FS1 ..... 78*

*8.5.3 Parametri geomeccanici di progetto ..... 80*

8.5.3.1 Unità FS1 - Galleria naturale ..... 80

8.5.3.2 Unità FS2 - Galleria naturale ..... 80

8.5.3.3 Unità FS1 - Imbocchi ..... 80

8.5.3.4 Unità FS2 - Imbocchi ..... 81

8.5.3.5 Zone di faglia ..... 81

**9 ALLEGATI ..... 82**

9.1 ALLEGATO 1 – RILIEVI GEOMECCANICI – SCHEDE DI MISURA E SINTESI ..... 82

9.2 ALLEGATO 2 – RILIEVI GEOMECCANICI - PROIEZIONI CALCOGRAFICHE E POLARI – RISULTATI 111

9.3 ALLEGATO 3 – RILIEVI GEOMECCANICI - POINT LOAD STRENGTH TEST – RISULTATI ..... 204

9.4 ALLEGATO 4 – RILIEVI GEOMECCANICI - CLASSIFICAZIONE E CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEGLI AMMASSI ROCCIOSI....217
9.5 ALLEGATO 5 – RILIEVI GEOMECCANICI – DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO LUNGO I GIUNTI – RISULTATI....277
9.6 ALLEGATO 6 – RILIEVO STRATIMETRICO – RISULTATI....316

# 1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto la caratterizzazione geomeccanica degli ammassi rocciosi attraversati dalle opere in sotterraneo previste nell'ambito della progettazione definitiva dell'infrastruttura denominata "*S.S.1 Aurelia – Variante all'abitato di Imperia – 1° Lotto funzionale"* (cfr. **Figura 1-1**), il cui tracciato si snoda tra il Torrente Prino a ovest e il Torrente Impero a est, esclusivamente all'interno del territorio comunale di Imperia.

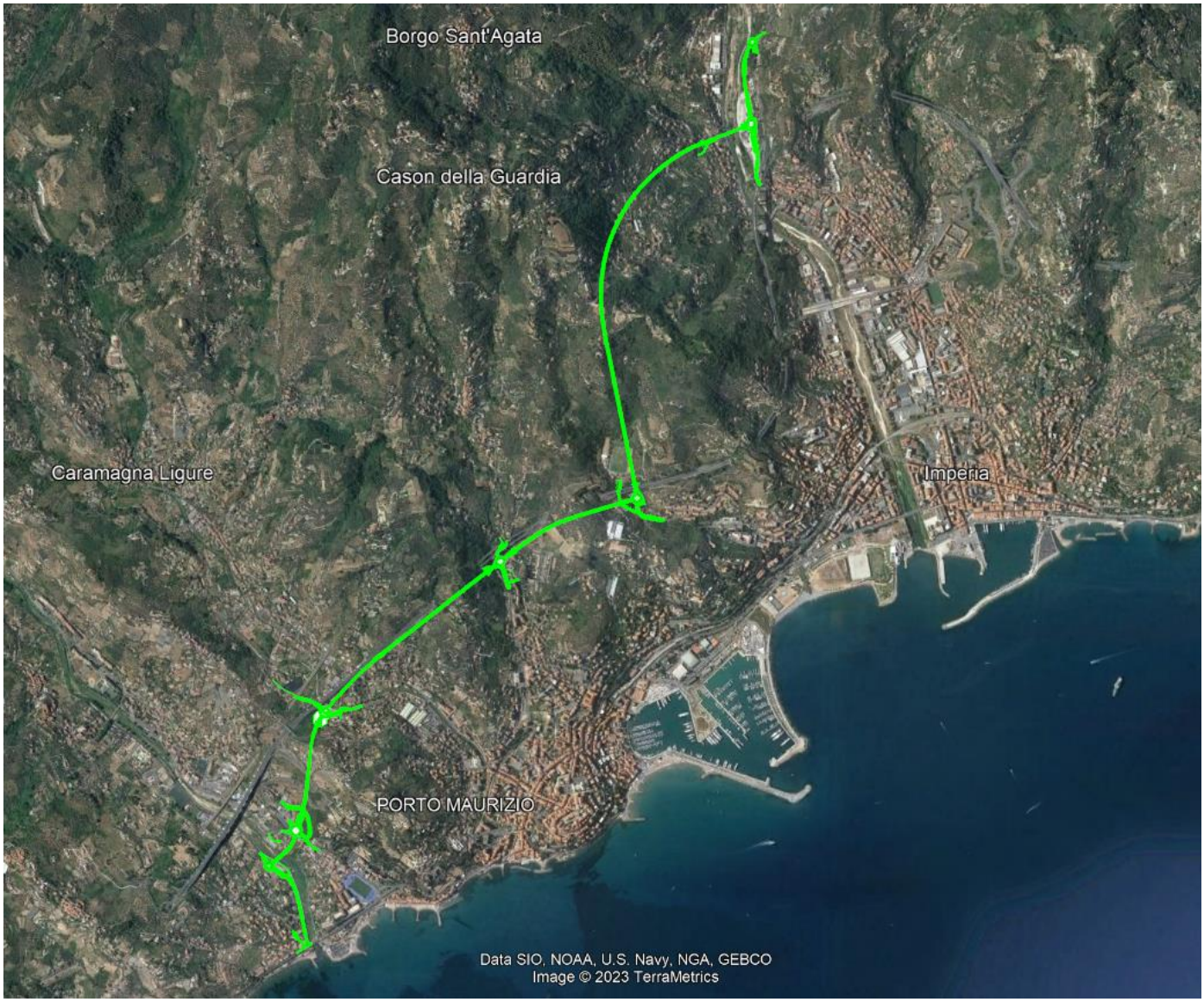



**FIGURA 1-1 - FOTO AEREA DA GOOGLE EARTH CON SOVRAPPOSIZIONE SCHEMATICA DEL TRACCIATO DI PROGETTO (IN VERDE)**

L'opera definita "Aurelia bis" si inquadra nella serie di interventi volti a modernizzare la viabilità costiera ligure lungo la direttrice est-ovest, decongestionando gli assi viari urbani con lo spostamento del flusso veicolare di transito alle spalle dei centri abitati. La conformazione del territorio implica così lo sviluppo di lunghi tratti in galleria.

Lo sviluppo complessivo dell'asse principale del 1° Lotto funzionale risulta pari a 5082.06 m e comprende principalmente 4 gallerie naturali e 3 ponti/viadotti principali.

## 1.1 Opere in sotterraneo: Gallerie

Il progetto definitivo del 1° Lotto funzionale della variante all'esistente S.S.1 "Aurelia" in Comune di Imperia, nella tratta compresa tra lo Svincolo foce del T. Prino e lo Svincolo S.S.28, prevede la realizzazione di 4 gallerie naturali a singolo fornice contenenti una piattaforma stradale bidirezionale (categoria C1). Il tracciato in esame si estende per una lunghezza di circa 5.082,06 m di cui circa 3.678,50 m in sotterraneo.

Si riporta nel seguito un prospetto delle gallerie con individuazione delle lunghezze dei tratti in artificiale e dei tratti in naturale.

**Tratto 2**

| Imbocco | prog. Inizio | prog. fine | L | Sez. tipo | L GA/GN |
|---|---|---|---|---|---|
| [n°] | [m] | [m] | [m] | | [m] |
| **Monte Calvario Imbocco 1 dir. Ovest** | 88,00 | 103,00 | 15,00 | Portale | **77,00** |
| | 103,00 | 160,00 | 57,00 | GA | |
| | 160,00 | 165,00 | 5,00 | Dima+concio d'attacco | |
| **Monte Calvario Galleria Naturale** | 165,00 | 550,00 | 385,00 | GN | **385,00** |
| **Monte Calvario Imbocco 2 dir. Est** | 550,00 | 555,00 | 5,00 | Dima+concio d'attacco | **5,00** |
| | 555,00 | 555,00 | 0,00 | GA | |
| | 555,00 | 555,00 | 0,00 | Portale | |
| | | | | totale | **467,00** |

**Tratto 3**

| Imbocco | prog. Inizio | prog. fine | L | Sez. tipo | L GA/GN |
|---|---|---|---|---|---|
| [n°] | [m] | [m] | [m] | | [m] |
| **Costa Murata Imbocco 1 dir. Ovest** | 420,00 | 420,00 | 0,00 | Portale | **305,00** |
| | 420,00 | 720,00 | 300,00 | GA | |
| | 720,00 | 725,00 | 5,00 | Dima+concio d'attacco | |
| **Costa Murata Galleria Naturale** | 725,00 | 1.080,00 | 355,00 | GN | **355,00** |
| **Costa Murata Imbocco 2 dir. Est** | 1.080,00 | 1.085,00 | 5,00 | Dima+concio d'attacco | **5,00** |
| | 1.085,00 | 1.085,00 | 0,00 | GA | |
| | 1.085,00 | 1.085,00 | 0,00 | Portale | |
| | | | | totale | **665,00** |

| | Imbocco | prog. Inizio | prog. fine | L | Sez. tipo | L GA/GN |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | [n°] | [m] | [m] | [m] | | [m] |
| **Tratto 4** | **Meriello Imbocco 1 dir. Ovest** | 90,00 | 105,00 | 15,00 | Portale | **70,00** |
| | | 105,00 | 155,00 | 50,00 | GA | |
| | | 155,00 | 160,00 | 5,00 | Dima+concio d'attacco | |
| | **Meriello Galleria Naturale** | 160,00 | 670,00 | 510,00 | GN | **510,00** |
| | **Meriello Imbocco 2 dir. Est** | 670,00 | 675,00 | 5,00 | Dima+concio d'attacco | **32,50** |
| | | 675,00 | 702,50 | 27,50 | GA | |
| | | 702,50 | 702,50 | 0,00 | Portale | |
| | | | | | totale | **612,50** |

| | Imbocco | prog. Inizio | prog. fine | L | Sez. tipo | L GA/GN |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | [n°] | [m] | [m] | [m] | | [m] |
| **Tratto 5** | **Monte Bardellini Imbocco 1 dir. Ovest** | 76,00 | 76,00 | 0 | Portale | **14,00** |
| | | 76,00 | 85,00 | 9 | GA | |
| | | 85,00 | 90,00 | 5 | Dima+concio d'attacco | |
| | **Monte Bardellini Galleria Naturale** | 90,00 | 1.985,00 | 1.895 | GN | **1895,00** |
| | **Monte Bardellini Imbocco 2 dir. Est** | 1.985,00 | 1.990,00 | 5 | Dima+concio d'attacco | **25,00** |
| | | 1.990,00 | 2.000,00 | 10 | GA | |
| | | 2.000,00 | 2.010,00 | 10 | Portale | |
| | | | | | totale | **1934,00** |

Secondo quanto previsto dalla normativa, la carreggiata stradale tipo C1 è composta da due corsie di marcia da 3.75m, e banchine di 1.5m (con ulteriore allargamento per aumentare la visuale libera in alcuni tratti); la sezione utile corrente ha una estensione di circa 120m$^2$. La sagoma utile è stata mantenuta di altezza pari a 5m nelle corsie da 3.75m e pari a 4.8m nelle banchine laterali (**Figura 1-2**).

Nella maggior parte delle gallerie la pendenza trasversale della piattaforma stradale raggiunge valori massimi del 5%.

Nella galleria Monte Bardellini le caratteristiche plano-altimetriche del tracciato hanno reso necessaria l'introduzione di un allargamento massimo di 1m della sagoma interna della galleria per il rispetto delle visuali libere.

Altimetricamente i tracciati in galleria presentano una pendenza longitudinale massima del 3%.

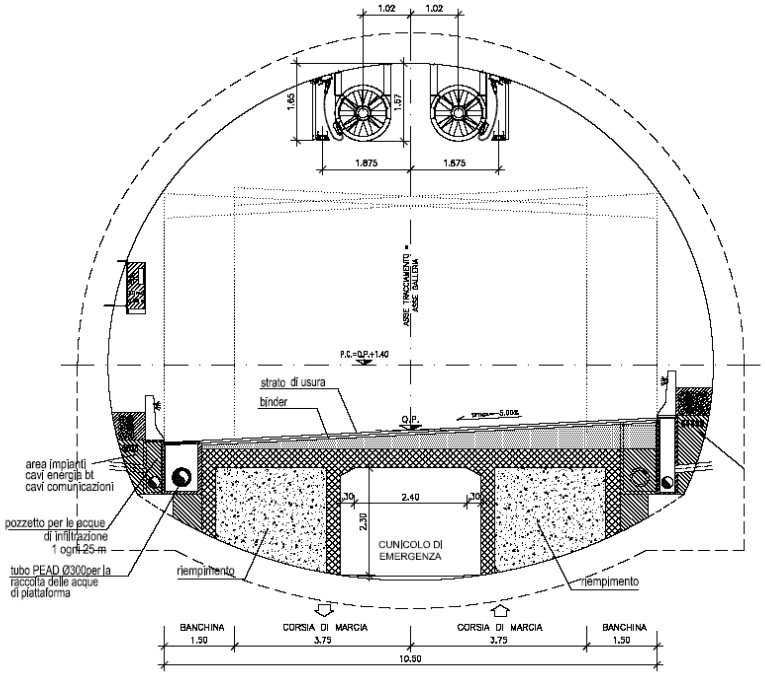



**FIGURA 1-2 – SEZIONE TIPO IN GALLERIA**

Le problematiche inerenti la realizzazione delle gallerie in oggetto sono relative all'interferenza del loro tracciato con quello della linea ferroviaria della tratta S. Lorenzo al Mare - Andora e dell'Autostrada dei Fiori. Grazie alle elevate differenze di quota con cui i tracciati si intersecano (la galleria ferroviaria risulta più profonda della strada in progetto mentre quelle autostradali più superficiali) e anche in relazione alle buone caratteristiche dell'ammasso roccioso attraversato nelle aree di interferenza, le eventuali influenze degli scavi sulle infrastrutture esistenti non risultano significative.

Più importanti risultano invece gli impatti degli scavi degli imbocchi nel contesto edificato del territorio attraversato. Ciò ha comportato la realizzazione di opere di sostegno di altezze significative, sia provvisorie che definitive, resesi necessarie anche per le limitate lunghezze delle tratte d'uscita dalla galleria allo svincolo immediatamente antistante. Questa condizione, particolarmente impegnativa per lo sviluppo delle opere, ha influito in modo importante nella scelta delle sistemazioni definitive degli imbocchi delle gallerie in quanto, dovendo garantire la visuale libera lungo l'assetto stradale, ha indirizzato verso soluzioni con portali d'imbocco di lunghezza ridotta e prosecuzione con muri rivestiti in pietrame a sostegno delle pareti di scavo delle trincee antistanti.

# 2 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

## 2.1 Normativa di riferimento

La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito sono state eseguite in conformità alla normativa vigente, costituita da:

- Ministero delle Infrastrutture e Trasporti - **Decreto 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"**
- Ministero delle Infrastrutture e Trasporti - **Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP – Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"**

## 2.2 Elaborati di Progetto Definitivo

**Geologia**

- **T00GE01GEORE01 – Relazione geologica**
- **T00GE01GEORE02 - Indagini geognostiche – Monografie di ubicazione dei punti di indagine**
- **T00GE01GEORE03 - Indagini geognostiche – Indagini in sito**
- **T00GE01GEORE04 - Indagini geognostiche – Prospezioni sismiche MASW**
- **T00GE01GEORE05 - Indagini geognostiche – Prove geotecniche di laboratorio**
- **T00GE01GEORE06 - Indagini geognostiche – Analisi chimiche di laboratorio**
- **T00GE01GEORE07 - Indagini geognostiche pregresse – Sondaggi geognostici**
- **T00GE01GEORE08 - Indagini geognostiche pregresse – Prove penetrometriche dinamiche continue**
- **T00GE01GEORE09 - Indagini geognostiche pregresse – Pozzetti esplorativi**
- **T00GE01GEORE10 - Indagini geognostiche pregresse – Indagini sismiche a rifrazione**
- **T00GE01GEORE11 - Indagini geognostiche pregresse – Prove in foro**
- **T00GE01GEORE12 - Indagini geognostiche pregresse – Prove di laboratorio – Parte 1**
- **T00GE01GEORE13 - Indagini geognostiche pregresse – Prove di laboratorio – Parte 2**
- **T00GE01GEORE14 - Indagini geognostiche pregresse – Analisi chimiche sui terreni**
- **T00GE01GEORE15 - Indagini geognostiche pregresse - Autostrada dei Fiori - Sondaggi geognostici**
- **T00GE01GEORE16 - Indagini geognostiche pregresse - Linea ferroviaria S.Lorenzo-Andora - Sondaggi - Parte 1**
- **T00GE01GEORE17 - Indagini geognostiche pregresse - Linea ferroviaria S.Lorenzo-Andora - Sondaggi - Parte 2**
- **T00GE01GEORE18 - Indagini geognostiche pregresse - Linea ferroviaria S.Lorenzo-Andora - Laboratorio - Parte 1**
- **T00GE01GEORE19 - Indagini geognostiche pregresse - Linea ferroviaria S.Lorenzo-Andora - Laboratorio - Parte 2**

- **T00GE01GEORE20 - Linea ferroviaria S.Lorenzo-Andora – Galleria Poggi - Rilievi geologico-strutturali dei fronti di scavo**
- **T00GE01GEOPU01÷04 - Planimetria con ubicazione delle indagini geognostiche - scala 1:2.000 (4 tavv.).**
- **T00GE01GEOCG01÷02 - Carta geologica generale – Scala 1:5.000 (2 tavv.)**
- **T00GE01GEOCG03÷06 - Carta geologica di dettaglio – Scala 1:2.000 (4 tavv.)**
- **T00GE01GEOCG07÷10 - Carta geologico-strutturale di dettaglio – Scala 1:2.000 (4 tavv.)**
- **T00GE01GEOCG11÷14 - Carta geomorfologica – Scala 1:2.000 (4 tavv.)**
- **T00GE01GEOCI01÷04 - Carta idrogeologica – Scala 1:2.000 (4 tavv.)**
- **T00GE01GEOFG01÷02 - Profilo geologico asse principale – Scala 1:2.000/2.000 (2 tavv.)**
- **T00GE01GEOSG01 - Sezioni geologiche trasversali – Scala 1:2.000/2.000**
- **T00GE01GEOPF01 - Planimetria e profilo geologico – Ponte sul Torrente Prino - Scala 1:1.000/1.000**
- **T00GE01GEOPF02 - Planimetria e profilo geologico – Viadotto Caramagna - Scala 1:1.000/1.000**
- **T00GE01GEOPF03 - Planimetria e profilo geologico – Ponte sul Torrente Impero - Scala 1:1.000/1.000**
- **T00GE01GEOSG02 - Sezioni geologico-tecniche – Tav.1/2 – Scala 1:200/200**
- **T00GE01GEOSG03 - Sezioni geologico-tecniche – Tav.2/2 – Scala 1:200/200**

**Piano di gestione materie**

- **T00GE02GEORE01 - Relazione di gestione materie**
- **T00GE02GEORE02 - Piano di utilizzo delle terre e rocce da scavo - Relazione tecnica**
- **T00GE02GEOCD01 - Planimetria ubicativa dei siti di cava e deposito**

**Geotecnica**

- **T00GE03GETRE01 - Relazione geotecnica generale**
- **T00GE03GETFG01÷04 – Profilo geotecnico asse principale - Scala 1:2.000/200 (4 tavv.)**
- **T00GE03GETFG05 – Profili geotecnici opere maggiori - Scala 1:500/200**
- **T00GE03GETFG06 – Profilo geologico-geomeccanico – Galleria Monte Calvario - Scala 1:2.000/2000**
- **T00GE03GETFG07 – Profilo geologico-geomeccanico – Galleria Costa Murata - Scala 1:2.000/2000**
- **T00GE03GETFG08 – Profilo geologico-geomeccanico – Galleria Meriello - Scala 1:2.000/2000**
- **T00GE03GETFG09 – Profilo geologico-geomeccanico – Galleria Monte Bardellini - Scala 1:2.000/2000**

**Sismica**

- **T00GE04GETRE01 - Relazione sismica**
- **T00GE04GETCS01÷04 - Planimetria con classificazione sismica del territorio - scala 1:2.000 (4 tavv.).**

# 3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area in cui si sviluppa il tracciato in progetto è localizzata nelle Alpi marittime entro la cosiddetta "Zona dei Flysch", regione tettonostratigrafica inclusa tra la Zona Delfinese-Provenzale a W e la Zona Brianzonese e Piemontese ad E. Entro questa Zona strutturale sono comprese essenzialmente 4 unità principali, legate ai meccanismi genetici dei flysch, che la suddivisione classica definisce come: l'Unità Colla Domenica – Leverone, l'Unità di Borghetto d'Arroscia-Alassio, l'Unità di Moglio – Testico ed infine l'Unità di Sanremo – Saccarello. Quest'ultima unità viene correlata generalmente alla Formazione del monte Antola che chiude la sequenza della zona Sestri-Voltaggio e la serie delle unità tettono-stratigrafiche delle Liguridi Interne (Haccard et Alii, 1972; Ellero, 2000).

La zona strutturale è infatti costituita da un gruppo di quattro Unità sradicate, in posizione sommitale ed esterna rispetto alla catena, che forma un grosso triangolo con un vertice nella zona del Colle di Tenda e la base tra Albenga e Bordighera; lungo il lato settentrionale le unità flyschioidi sono accavallate alle unità piemontesi e brianzonesi, quindi con vergenza NNE; sul lato sudoccidentale si accavallano invece alla zona delfinese-provenzale.

All'interno dell'Unità tettono-stratigrafica di Sanremo-M. Saccarello non si individuano dunque, per la posizione sommitale nell'edificio strutturale, elementi di evoluzione metamorfica.

La struttura geologica dell'intera area è costituita da termini del Flysch di Sanremo (facies arenaceo-calcareo-pelitica FS1 e facies marnosa FS2), costituiti da successioni flyschioidi di strati arenacei, marnosi e calcarei, spessi da pochi decimetri ad alcuni metri, con interstrati marnoso-pelitici fino ad argillitici con spessori variabili. La stratificazione è sempre planare a scala dell'affioramento e prevalentemente anche alla mesoscala. Le strutture deformative sono costituite generalmente da pieghe ad ampio raggio di curvatura.

Cataclasiti di vario genere sono difficilmente individuabili per l'alterazione. Alcune brecce tettoniche di carattere tensionale suturate da calcite spatica sono meglio conservate e quindi rilevabili. Tali terreni sono stati soggetti a profonda alterazione che ha dato luogo ad estese coperture alteritiche e detritiche.

Le principali valli sono interessate da materassi alluvionali di spessore non elevato, riferibili alle fasi terminali del quaternario, mentre alcuni rilievi di bassa quota entro i principali sistemi vallivi sono invece costituiti da depositi vallivi o bacinali plio-pleistocenici (genericamente post-messiniani) successivamente reincisi fino alla definizione dell'attuale struttura fisiografica del territorio, con evidenti fenomeni di inversione del rilievo.

# 4 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Gli elementi necessari per la progettazione definitiva delle opere previste in progetto sono stati ricavati principalmente dall'interpretazione dei dati geognostici disponibili dall'esecuzione delle campagne di indagini previste per la presente fase di progetto definitivo, congiuntamente all'esame dei dati bibliografici disponibili tra cui risultano due diverse campagne di indagini pregresse.

In particolare, sono stati utilizzati gli esiti della recente (2023) campagna di indagine eseguita per l'integrazione della caratterizzazione sismica e ambientale imposta dalla recente normativa, gli esiti della campagna di indagine (2010) eseguita per il precedente progetto definitivo dell'intera variante fino a Diano Marina, nonché gli esiti delle indagini eseguite per il raddoppio della Linea S. Lorenzo a Mare-Andora, fornite da *Italferr S.p.A.*, e le indagini eseguite per la realizzazione dell'autostrada A10, fornite da e da *Autostrada dei Fiori S.p.A.*

L'ubicazione di tutte le indagini eseguite nell'ambito del tracciato in progetto è riportata nell'elaborato **T00GE01GEOPU01÷04** – "Planimetria con ubicazione delle indagini geognostiche" (4 tavv.) allegato al progetto sulla quale, oltre alle indagini programmate ed eseguite nell'ambito dello sviluppo della presente fase progettuale, si riporta anche l'ubicazione delle indagini pregresse eseguite nelle aree limitrofe al tracciato in progetto e messe a disposizione da *Italferr S.p.A.* e da *Autostrada dei Fiori S.p.A.*

## 4.1 Campagna di indagine geognostica pregressa (2010)

Nell'ambito della progettazione definitiva dell'intera variante di Imperia fino a Diano Marina, è stata eseguita nel 2010 una campagna di indagini geognostiche nell'ottica di caratterizzare i terreni e le rocce di sottofondo delle opere oltre che da un punto di vista prettamente geologico anche dal punto di vista geotecnico, sismico ed ambientale.

Tale campagna, infatti si rendeva necessaria per integrare i dati disponibili per l'area che consistevano negli gli esiti delle indagini eseguite per il raddoppio della Linea S. Lorenzo a Mare-Andora, fornite da *Italferr S.p.A.* (2004-05) nonché nelle indagini eseguite per la realizzazione dell'autostrada A10, fornite da e da *Autostrada dei Fiori S.p.A* e datate anni '60-'70. In particolare, per queste due campagne risultano disponibili esclusivamente i report stratigrafici dei sondaggi eseguiti, ad oggi ubicati comunque a diversi metri di distanza dall'asse di progetto e utilizzati nella presente fase di progettazione esclusivamente a corredo dei dati più recenti per la caratterizzazione geologica di terreni e rocce costituenti l'area in esame.

Le indagini realizzate nel 2010 hanno comportato l'esecuzione di sondaggi geognostici a carotaggio continuo con installazione di piezometri a tubo aperto, prove di permeabilità Lefranc e Lugeon, prove dilatometriche e pressiometriche, prove penetrometriche dinamiche, indagini sismiche down-hole, indagini sismiche di superficie a rifrazione, pozzetti esplorativi e rilievi geomeccanici di dettaglio su affioramenti significativi.

Le indagini sono state eseguite nel periodo giugno-dicembre 2010 dalla Società "Citiemme" di Torino. In particolare, l'indagine di progetto definitivo è consistita in:

- sondaggi geognostici eseguiti a carotaggio continuo, con esecuzione di prove penetrometriche dinamiche tipo SPT, prove dilatometriche e pressiometriche, prove di permeabilità Lefranc e Lugeon, prelievo di campioni rimaneggiati e indisturbati da sottoporre a prove di laboratorio;
- sondaggi a distruzione di nucleo, con installazione nei fori di sondaggio di tubazioni in PVC per l'esecuzione di prospezioni sismiche down-hole;
- prove penetrometriche dinamiche continue spinte sino ad ottenere rifiuto alla penetrazione;
- stendimenti sismici a rifrazione;
- pozzetti esplorativi con rilievo della stratigrafia, prelievo di campioni rimaneggiati ed esecuzione di prove di carico su piastra;
- rilievi geomeccanici di dettaglio su affioramenti rocciosi significativi.

Sui campioni prelevati in sito sono state eseguite, presso il Laboratorio geotecnico SGL di Vado Ligure (SV), prove di identificazione, prove edometriche, prove di taglio diretto, prove triassiali UU, prove di compressione ad espansione laterale libera, misure della velocità sonica, prove di trazione indiretta e prove di compressione monoassiale e triassiale su provini di materiale lapideo.

L'esatta ubicazione di tutte le indagini eseguite, comprese quelle pregresse fornite da *Italferr S.p.A.* e *Autostrada dei Fiori S.p.A.*, è riportata in planimetria nell'elaborato di progetto **T00GE01GEOPU01÷04** – "Planimetria con ubicazione delle indagini geognostiche" (4 tavv.).

I risultati sperimentali completi sono riportati nei seguenti rapporti tecnico-descrittivi:

- **T00GE01GEORE02** - Indagini geognostiche – Monografie di ubicazione dei punti di indagine
- **T00GE01GEORE03** - Indagini geognostiche – Indagini in sito
- **T00GE01GEORE04** - Indagini geognostiche – Prospezioni sismiche MASW
- **T00GE01GEORE05** - Indagini geognostiche – Prove geotecniche di laboratorio
- **T00GE01GEORE06** - Indagini geognostiche – Analisi chimiche di laboratorio
- **T00GE01GEORE07** - Indagini geognostiche pregresse – Sondaggi geognostici
- **T00GE01GEORE08** - Indagini geognostiche pregresse – Prove penetrometriche dinamiche continue
- **T00GE01GEORE09** - Indagini geognostiche pregresse – Pozzetti esplorativi
- **T00GE01GEORE10** - Indagini geognostiche pregresse – Indagini sismiche a rifrazione
- **T00GE01GEORE11** - Indagini geognostiche pregresse – Prove in foro
- **T00GE01GEORE12** - Indagini geognostiche pregresse – Prove di laboratorio – Parte 1
- **T00GE01GEORE13** - Indagini geognostiche pregresse – Prove di laboratorio – Parte 2
- **T00GE01GEORE14** - Indagini geognostiche pregresse – Analisi chimiche sui terreni
- **T00GE01GEORE15** - Indagini geognostiche pregresse - Autostrada dei Fiori - Sondaggi geognostici
- **T00GE01GEORE16** - Indagini geognostiche pregresse - Linea ferroviaria S. Lorenzo-Andora - Sondaggi - Parte 1

- **T00GE01GEORE17** - Indagini geognostiche pregresse - Linea ferroviaria S .Lorenzo-Andora - Sondaggi - Parte 2
- **T00GE01GEORE18** - Indagini geognostiche pregresse - Linea ferroviaria S .Lorenzo-Andora - Laboratorio – Parte 1
- **T00GE01GEORE19** - Indagini geognostiche pregresse - Linea ferroviaria S. Lorenzo-Andora - Laboratorio - Parte 2
- **T00GE01GEORE20** - Linea ferroviaria S. Lorenzo-Andora – Galleria Poggi - Rilievi geologico-strutturali dei fronti di scavo

### 4.1.1 Indagini geognostiche in sito

#### *4.1.1.1 Sondaggi geognostici a carotaggio continuo*

Sono stati eseguiti n° 19 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, spinti fino a profondità variabile tra 23.4 e 110 m. Per la perforazione a carotaggio dei sondaggi nelle tratte in terreno è stato utilizzato il carotiere semplice con corona al widia, mentre per i tratti in roccia (calcari, arenarie, siltiti e marne) è stato utilizzato il carotiere doppio T6 con corona diamantata. Nella **Tabella 4-1** sono riassunti in uno schema i tipi di perforazione eseguita e la strumentazione installata in ogni verticale di indagine:

| *sondaggio n°* | *tipo di perforazione* | *profondità [m]* | *strumentazione installata* |
|---|---|---|---|
| S1 | carotaggio continuo | 30 | piezometro a tubo aperto |
| S1bis | distruzione di nucleo | 30 | tubazione in PVC per down-hole |
| S2 | carotaggio continuo | 30 | piezometro a tubo aperto |
| S3 | carotaggio continuo | 25 | piezometro a tubo aperto |
| S4 | carotaggio continuo | 25 | piezometro a tubo aperto |
| S5 | carotaggio continuo | 30 | piezometro a tubo aperto |
| S5bis | distruzione di nucleo | 30 | tubazione in PVC per down-hole |
| S6 | carotaggio continuo | 70 | piezometro a tubo aperto |
| S7 | carotaggio continuo | 25 | piezometro a tubo aperto |
| S8 | carotaggio continuo | 30 | piezometro a tubo aperto |
| S9 | carotaggio continuo | 40 | piezometro a tubo aperto |
| S17 | carotaggio continuo | 23.4 | piezometro a tubo aperto |
| S19 | carotaggio continuo | 25 | piezometro a tubo aperto |
| S21 | carotaggio continuo | 25 | piezometro a tubo aperto |
| S22 | carotaggio continuo | 25 | piezometro a tubo aperto |

| | | | |
|---|---|---|---|
| S23 | carotaggio continuo | 25 | piezometro a tubo aperto |
| S24 | carotaggio continuo | 35 | piezometro a tubo aperto |
| S25 | carotaggio continuo | 70 | piezometro a tubo aperto |
| S26 | carotaggio continuo | 110 | piezometro a tubo aperto |
| S28 | carotaggio continuo | 30 | piezometro a tubo aperto |
| S29 | carotaggio continuo | 30 | piezometro a tubo aperto |
| S29bis | distruzione di nucleo | 30 | tubazione in PVC per down-hole |

**TABELLA 4-1 – CAMPAGNA DI INDAGINI 2010: SONDAGGI GEOGNOSTICI E STRUMENTAZIONE INSTALLATA**

### *4.1.1.2 Prove penetrometriche dinamiche in foro di sondaggio (SPT)*

Nei fori di sondaggio sono state complessivamente eseguite n° 86 prove penetrometriche dinamiche tipo SPT (*Standard Penetration Test*). Nella **Tabella 4-2** vengono riportati, per ciascun sondaggio, la profondità di ogni prova e il corrispondente valore di $N_{SPT}$ (numero di colpi necessario ad una penetrazione del campionatore Raymond pari a 30 cm).

| *Sondaggio n°* | *profondità [m]* | $N_{SPT}$ *[colpi/30 cm]* |
|---|---|---|
| S1 | 1,5 | 56 |
| | 3,0 | 73 |
| | 4,5 | 62 |
| | 6,0 | 66 |
| | 9,0 | 65 |
| | 12,0 | 37 |
| | 15,0 | 49 |
| | 18,0 | R |
| | 21,0 | R |
| S2 | 1,5 | R |
| | 3,0 | R |
| | 4,5 | R |
| | 6,0 | 39 |
| | 7,5 | 47 |
| | 9,0 | 26 |
| | 12,0 | 3 |
| | 15,0 | 10 |
| | 18,0 | 27 |

| *Sondaggio n°* | *profondità [m]* | $N_{SPT}$ *[colpi/30 cm]* |
|---|---|---|
| S17 | 3,0 | 61 |
| | 6,0 | 11 |
| | 9,0 | R |
| | 12,0 | R |
| S19 | 1,5 | 9 |
| | 3,0 | 15 |
| S21 | 3,0 | 25 |
| | 6,0 | 20 |
| | 9,0 | 57 |
| | 12,0 | R |
| | 15,0 | R |
| S22 | 1,5 | 54 |
| | 4,5 | 52 |
| | 7,5 | 65 |
| S23 | 3,0 | 8 |
| | 6,0 | 12 |
| | 9,0 | R |
| S24 | 1,5 | R |

| | | |
|---|---|---|
| | 21,0 | R |
| S3 | 3,0 | 21 |
| | 4,5 | R |
| | 6,0 | R |
| | 9,0 | 44 |
| S4 | 1,5 | 25 |
| | 3,0 | 22 |
| | 6,0 | 19 |
| S5 | 1,5 | 16 |
| | 3,0 | 22 |
| | 6,0 | 12 |
| S6 | 1,5 | R |
| | 3,0 | R |
| | 4,5 | 79 |
| S7 | 1,5 | 31 |
| | 4,5 | R |
| | 6,0 | R |
| | 9,0 | 57 |
| | 12,0 | R |
| S8 | 1,5 | 11 |
| | 3,0 | 11 |
| | 4,5 | 8 |
| | 6,0 | 8 |
| | 9,0 | 17 |
| | 12,0 | 25 |
| | 15,0 | 29 |
| | 18,0 | 31 |
| S9 | 1,5 | 12 |
| | 3,0 | 17 |
| | 4,5 | 19 |
| | 6,0 | 66 |
| | 9,0 | R |
| | 3,0 | R |
| | 6,0 | R |
| S25 | 1,5 | R |
| | 3,0 | R |
| | 6,0 | 83 |
| S26 | 1,5 | 26 |
| | 3,0 | R |
| | 6,0 | 39 |
| S28 | 3,0 | R |
| | 6,0 | R |
| | 9,0 | R |
| S29 | 1,5 | R |
| | 4,5 | 80 |
| | 7,5 | R |
| | 10,5 | 50 |
| | 13,5 | R |

**TABELLA 4-2 – CAMPAGNA DI INDAGINI 2010: RISULTATI PROVE SPT**

### 4.1.1.3 Prove di permeabilità Lefranc

In n.5 fori di sondaggio sono state eseguite prove Lefranc per la determinazione del coefficiente di permeabilità in sito. Le prove sono state condotte sempre a carico idraulico variabile, previa preparazione della tasca di prova (cilindrica) e saturazione, misurando nel tempo gli abbassamenti del livello dell'acqua nel foro a partire da un livello iniziale, coincidente generalmente con l'estremità superiore del tubo di rivestimento.

Nella **Tabella 4-3** si riportano, per ciascuna prova, il foro di sondaggio in cui è stata eseguita, la profondità della tasca di prova e il valore del coefficiente di permeabilità calcolato sulla base delle misure eseguite.

| *sondaggio n°* | *profondità [m]* | *K [m/s]* |
|---|---|---|
| S1 | 9.0÷10.5 | 7.61E-06 |
| S5 | 4.5÷5.0 | 3.21E-06 |
| S8 | 18.5÷20.0 | 7.36E-08 |
| S15 | 6.0÷7.0 | 1.70E-07 |
| S29 | 12.0÷13.5 | 1.83E-04 |

**TABELLA 4-3 – CAMPAGNA DI INDAGINI 2010: RISULTATI PROVE DI PERMEABILITÀ LEFRANC**

### 4.1.1.4 Prove di permeabilità Lugeon

In n° 6 fori di sondaggio è stata eseguita una prova Lugeon per la determinazione del coefficiente di permeabilità in sito all'interno del substrato lapideo. Le prove sono state condotte isolando, mediante idonei otturatori (packer), tratti di foro di lunghezza compresa tra 1.0 e 3.0 m e misurando il volume d'acqua assorbito a diversi valori di pressione di iniezione.

Nella **Tabella 4-4** si riportano, per ciascuna prova, il foro di sondaggio in cui è stata eseguita, la profondità della tasca di prova e il valore del coefficiente di permeabilità calcolato sulla base delle misure eseguite.

| *sondaggio n° [-]* | *da prof. [m]* | *a prof. [m]* | *L [m]* | *Unità Lugeon media [U.L.]* | *K [m/s]* | *note* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| S2 | 27,50 | 29,00 | 1,50 | 0,94 | 9,38E-08 | intasamento fratture |
| S5 | 23,00 | 25,00 | 2,00 | 10,24 | 1,02E-06 | moto idraulico laminare |
| S21 | 24,00 | 25,00 | 1,00 | 1,13 | 1,13E-07 | parziale dilavamento fratture |
| S22 | 9,00 | 12,00 | 3,00 | 0,48 | 4,83E-08 | dilatazione fratture |
| S24 | 20,00 | 22,00 | 2,00 | 30,63 | 3,06E-06 | moto idraulico laminare |
| S28 | 27,00 | 30,00 | 3,00 | 0,16 | 1,65E-08 | dilatazione fratture |

**TABELLA 4-4 – CAMPAGNA DI INDAGINI 2010: RISULTATI PROVE DI PERMEABILITÀ LUGEON**

#### 4.1.1.5 *Prove pressiometriche*

All'interno della perforazione di sondaggio S1 è stata eseguita una prova pressiometrica tipo Menard per la determinazione delle caratteristiche di deformabilità e di resistenza dell'ammasso roccioso attraversato. La prova è stata condotta in sostituzione della prevista prova dilatometrica in ragione della natura siltitica del substrato. La prova ha fornito un valore di modulo pressiometrico pari a 426.6 MPa.

#### 4.1.1.6 *Prove dilatometriche*

Sono state eseguite complessivamente n° 5 prove dilatometriche per la definizione dei parametri di deformabilità degli ammassi rocciosi. Le prove sono state condotte impiegando una sonda dilatometrica cilindrica del diametro di 95 mm in grado di misurare le deformazioni delle pareti del foro lungo tre direzioni diametrali poste a 120° l'una dall'altra in seguito alla pressurizzazione della sonda mediante azoto. Le prove hanno previsto l'esecuzione di tre cicli di carico/scarico, che hanno consentito la definizione del modulo di deformazione e del modulo di elasticità per ogni ciclo di carico, oltre alla definizione del modulo di deformazione globale (ottenuto dalla retta congiungente i picchi del primo e del terzo ciclo). La sintesi dei risultati delle prove è riportata nella **Tabella 4-5**.

| | | | modulo di deformazione | | | | modulo di elasticità | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1° ciclo | 2° ciclo | 3° ciclo | globale | 1° ciclo | 2° ciclo | 3° ciclo |
| sondaggio | prof. [m] | litologia | E [MPa] | E [MPa] | E [MPa] | E [MPa] | E [MPa] | E [MPa] | E [MPa] |
| S4 | 20,00 | marna litoide colore grigio | 241 | 395 | 487 | 266 | 580 | 574 | 624 |
| S6 | 65,00 | marna calcarea | 267 | 506 | 600 | 669 | 401 | 562 | 650 |
| S9 | 35,00 | calcare marnoso | 245 | 552 | 701 | 485 | 745 | 841 | 914 |
| S24 | 25,00 | calcare marnoso-arenaceo | 469 | 1026 | 1221 | 1213 | 789 | 1302 | 1556 |
| S26 | 100,00 | marna e/o marna calcarea fratturata e frammentata | 125 | 237 | 278 | 180 | 208 | 532 | 465 |

**TABELLA 4-5 – CAMPAGNA DI INDAGINI 2010: RISULTATI PROVE DILATOMETRICHE**

#### 4.1.1.7 *Prove penetrometriche dinamiche continue*

Lungo lo sviluppo dell'opera in progetto sono state eseguite n° 16 prove penetrometriche dinamiche continue con attrezzatura superpesante DPSH tipo Meardi-AGI, con massa battente di 73 kg ed altezza di caduta di 75 cm e penetrazione di riferimento di 30 cm. La punta impiegata ha una conicità di 60° ed un diametro di 51 mm. Le prove che hanno raggiunto rifiuto alla penetrazione a profondità inferiore a 3 m sono state ripetute in posizioni limitrofe (DPSH5bis e DPSH14bis)

Nella **Tabella 4-6** sono riassunte le profondità raggiunte dalle prove penetrometriche dinamiche continue eseguite.

| *Prova n°* | *profondità [m]* |
|---|---|
| DPSH1 | 20.4 |
| DPSH2 | 12.9 |
| DPSH3 | 6.3 |
| DPSH4 | 14.4 |
| DPSH5 | 2.1 |
| DPSH5bis | 1.8 |
| DPSH6 | 5.1 |
| DPSH7 | 8.1 |
| DPSH8 | 7.2 |
| DPSH9 | 11.4 |
| DPSH10 | 12.9 |
| DPSH12 | 9.0 |
| DPSH13 | 6.9 |
| DPSH14 | 1.8 |
| DPSH14bis | 2.1 |
| DPSH15 | 5.4 |
| DPSH16 | 6.3 |
| DPSH17 | 4.2 |

**TABELLA 4-6 – CAMPAGNA DI INDAGINI 2010: PROFONDITÀ PROVE PENETROMETRICHE DPSH**

#### *4.1.1.8 Prospezioni sismiche di superficie*

Lungo lo sviluppo dell'opera in progetto sono stati acquisiti n. 27 stendimenti sismici con tecnica a rifrazione, per complessivi 4320 m di linea indagata. La geometria degli stendimenti ha previsto una distanza intergeofonica pari a 5 metri, in grado quindi di coprire con 12 geofoni una lunghezza complessiva di 55 metri, oppure con 24 geofoni di 115 metri. Per la realizzazione di stendimenti di lunghezza maggiore è stata utilizzata una combinazione di stese successive delle tipologie sopra descritte, distanziate reciprocamente di 5 metri. Ogni stendimento è stato energizzato in 7 punti e per l'acquisizione dei segnali è stato impiegato un sismografo a 24 canali. I risultati della prospezione sismica eseguita sono mostrati nel rapporto di indagine allegato. In linea generale le indagini eseguite hanno consentito l'individuazione di tre orizzonti sismo-stratigrafici, così schematizzabili (cfr. **Tabella 4-7**):

| *Unità sismostratigrafica* | *Litologia* | *$V_P$ [m/s]* |
|---|---|---|
| 1 | coltre eluvio-colluviale | < 1200÷1400 |
| 2 | Alterite | 1200÷1400 - 2300÷2600 |
| 3 | Substrato lapideo | >2300÷2600 |

**TABELLA 4-7 – CAMPAGNA DI INDAGINI 2010: STENDIMENTI SISMO-STRATIGRAFICI E RISULTATI**

È da evidenziare la presenza di ampi settori delle aree indagate caratterizzati da elevati spessori degli orizzonti eluvio-colluviale e lateritico che sovente raggiungono valori complessivamente superiori a 15 m.

#### *4.1.1.9 Prospezioni sismiche down hole*

All'interno delle perforazioni di sondaggio S1bis, S5bis ed S29bis, della profondità di 30 m, sono state eseguite altrettante prospezioni sismiche tipo down-hole, con la finalità di misurare le velocità sismiche delle onde di compressione $V_P$ e delle onde di taglio $V_S$, in modo da definire in maniera diretta i parametri dinamici dei terreni attraversati.

I risultati della prospezione sismica down-hole, in termini di velocità delle onde di compressione $V_P$ e delle onde di taglio $V_S$ sono mostrati nelle seguenti figure (cfr.**Figura 4-1, Figura 4-2, Figura 4-3**)

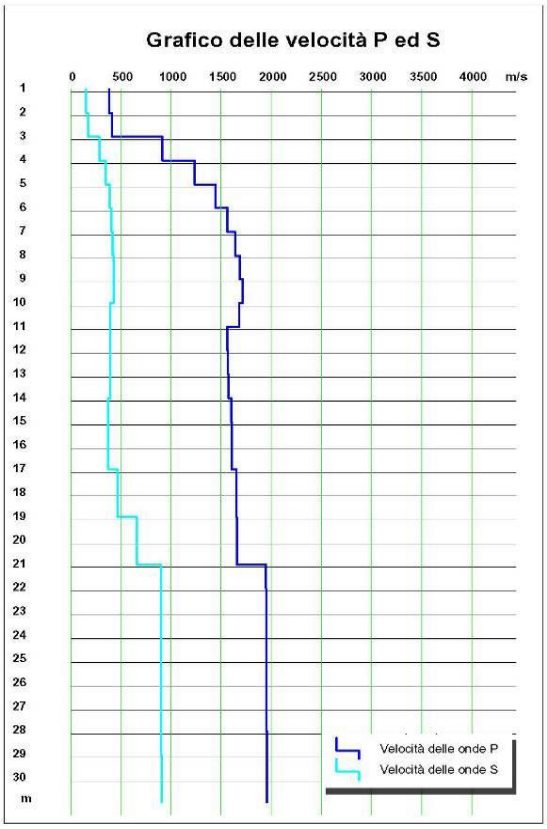



**FIGURA 4-1 – DOWN-HOLE S1BIS**

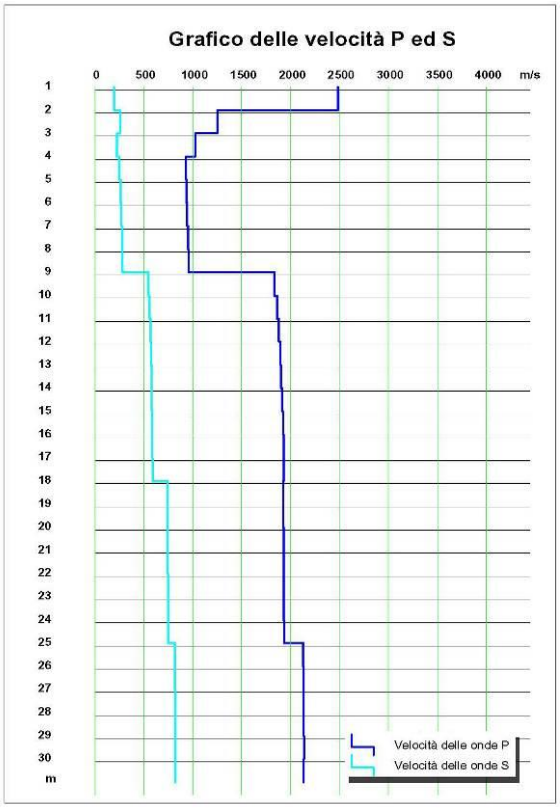



**FIGURA 4-2 – DOWN-HOLE S5BIS**

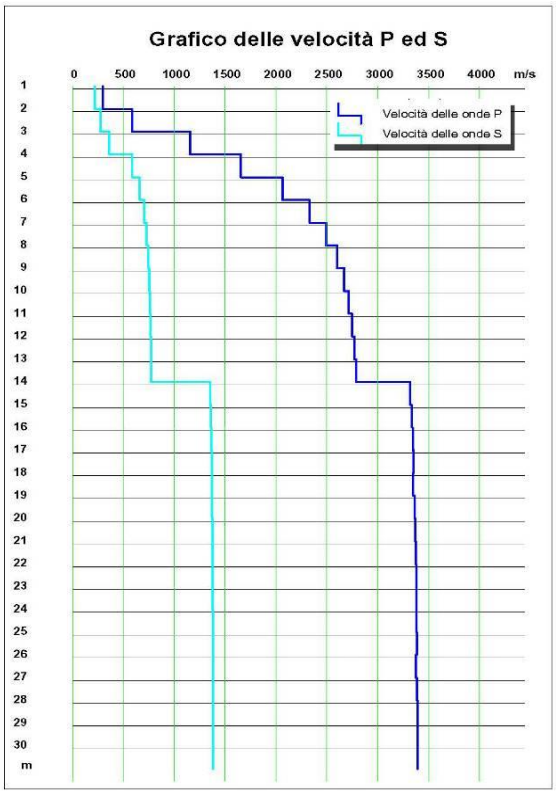



**FIGURA 4-3 – DOWN-HOLE S29BIS**

#### *4.1.1.10 Pozzetti esplorativi*

Lungo lo sviluppo del tracciato di progetto sono stati scavati n° 6 pozzetti esplorativi con escavatore a braccio rovescio che hanno raggiunto profondità comprese tra 1.6 e 3.0 m da p.c. All'interno di ciascun pozzetto esplorativo è stato prelevato un campione rimaneggiato da sottoporre ad analisi di laboratorio finalizzate alla caratterizzazione geotecnica dei terreni di sottofondo ed è stata eseguita una prova di carico su piastra per la determinazione delle relative caratteristiche di deformabilità. Una sintesi delle profondità raggiunte e della quota di prelievo dei campioni rimaneggiati è mostrata nella **Tabella 4-8.**

| *Pozzetto esplorativo* | *Profondità [m]* | *Profondità di campionamento [m]* |
|---|---|---|
| PE1 | 1.6 | 1.6 |
| PE2 | 3.0 | 2.5 |
| PE3 | 1.9 | 1.8 |
| PE5 | 3.0 | 1.8 |
| PE6 | 3.0 | 1.0 |
| PE7 | 3.0 | 2.5 |

**TABELLA 4-8 - CAMPAGNA DI INDAGINI 2010: PROFONDITÀ POZZETTI ESPLORATIVI**

#### *4.1.1.11 Misure piezometriche*

Per la definizione del livello piezometrico di progetto lungo tutto il tracciato della variante in progetto in ogni verticale di indagine è stato installato un piezometro a tubo aperto per la definizione del livello piezometrico di progetto. Nella seguente tabella si riporta la profondità del tratto fenestrato di misura in corrispondenza di ciascuna verticale di misura (cfr. **Tabella 4-9**).

| *Sondaggio* | *Profondità [m]* | *Piezometro [m]* | *tratto filtrante [m]* | *profondità del livello piezometrico [m]* | *data di misurazione* |
|---|---|---|---|---|---|
| S1 | 30 | *30* | *3-30* | *2.70* | *17/06/2010* |
| S2 | 30 | *30* | *3-30* | *1.77* | *22/06/2010* |
| S3 | 25 | *25* | *1-25* | *6.70* | *24/06/2010* |
| S4 | 25 | *25* | *1-25* | *11.00* | *29/07/2010* |
| S5 | 30 | *30* | *3-30* | *22.25* | *23/07/2010* |
| S6 | 70 | *70* | *55-70* | *38.30* | *22/07/2010* |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| S7 | 25 | *25* | *1-25* | *6.00* | *05/07/2010* |
| S8 | 30 | *27* | *3-27* | *19.70* | *02/07/2010* |
| S9 | 40 | *40* | *25-40* | *11.80* | *08/07/2010* |
| S17 | 23.4 | *23.4* | *2.4-23.4* | *6.30* | *13/08/2010* |
| S19 | 25 | *25* | *1-25* | *7.20* | *09/07/2010* |
| S21 | 25 | *25* | *1-25* | *4.05* | *16/07/2010* |
| S22 | 25 | *25* | *1-25* | *5.20* | *10/08/2010* |
| S23 | 25 | *25* | *1-25* | *14.36* | *30/07/2010* |
| S24 | 35 | *35* | *20-35* | *4.80* | *12/08/2010* |
| S25 | 70 | *70* | *55-70* | *39.21* | *02/09/2010* |
| S26 | 110 | *110* | *95-110* | *14.50* | *15/10/2010* |
| S28 | 30 | *30* | *3-30* | *5.30* | *27/08/2010* |
| S29 | 30 | *30* | *3-30* | *7.00* | *22/07/2010* |

**TABELLA 4-9 - CAMPAGNA DI INDAGINI 2010: MISURE PIEZOMETRICHE**

### 4.1.2 Prove geotecniche di laboratorio

Sui campioni prelevati in sito sono state eseguite, presso il Laboratorio geotecnico SGL di Vado Ligure (SV), prove di identificazione, prove edometriche, prove di taglio diretto, prove triassiali UU sui campioni geotecnici, mentre sugli spezzoni di carota lapidei sono state eseguite prove di compressione ad espansione laterale libera, misure di velocità soniche, prove di compressione monoassiale e triassiale, prove di trazione indiretta brasiliana. Nella **Tabella 4-10** sono indicate le profondità di tutti i campioni prelevati, sondaggio per sondaggio.

| *Sondaggio n°* | *Campione n°* | *Profondità m* |
|---|---|---|
| S01 | A | 10,00-10,30 |
| S01 | B | 14,50-15,00 |
| S02 | 1 | 11,50-12,00 |
| S02 | A | 7,50-8,00 |
| S02 | B | 19,70-20,20 |
| S03 | 1 | 7,50-8,00 |
| S03 | C | 22,50-22,60 |
| S04 | A | 9,00-9,30 |
| S04 | B | 11,00-11,30 |
| S04 | C | 17,70-18,00 |

| *Sondaggio n°* | *Campione n°* | *Profondità m* |
|---|---|---|
| S19 | A | 2,40-2,90 |
| S19 | B | 15,00-15,47 |
| S19 | C | 20,70-21,00 |
| S21 | A | 2,70-3,00 |
| S21 | B | 7,50-8,00 |
| S21 | C | 8,70-9,00 |
| S22 | A | 4,70-5,00 |
| S22 | B | 6,00-6,20 |
| S22 | C | 12,50-12,80 |
| S22 | D | 19,50-19,80 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| S04 | D | 22,45-22,80 | S23 | A | 4,80-5,00 |
| S05 | A | 5,60-6,00 | S23 | B | 7,00-7,30 |
| S05 | D | 19,00-19,35 | S23 | C | 10,50-10,80 |
| S05 | E | 26,30-26,60 | S23 | D | 24,50-25,00 |
| S06 | A | 8,50-9,00 | S24 | A | 5,10-5,30 |
| S06 | B | 36,35-36,65 | S24 | B | 9,20-9,40 |
| S06 | C | 49,40-49,90 | S24 | C | 16,60-16,90 |
| S06 | D | 61,65-61,95 | S25 | 1 | 59,40-60,40 |
| S07 | A | 4,00-4,30 | S26 | A | 4,70-5,00 |
| S07 | C | 16,60-16,80 | S26 | B | 22,20-22,40 |
| S07 | D | 20,20-20,35 | S26 | C | 43,60-43,90 |
| S08 | A | 7,00-7,50 | S26 | D | 71,40-71,95 |
| S09 | A | 11,00-11,30 | S28 | 1 | 7,50-7,90 |
| S09 | C | 28,00-28,60 | S28 | A | 3,80-4,00 |
| S09 | D | 31,70-31,90 | S28 | B | 5,80-6,00 |
| S17 | A | 4,00-4,30 | S28 | D | 13,70-14,00 |
| S17 | B | 9,50-9,80 | S29 | A | 6,00-6,50 |
| S17 | D | 20,00-20,30 | S29 | C | 17,00-17,40 |
| | | | S29 | D | 22,05-22,40 |

**TABELLA 4-10 - CAMPAGNA DI INDAGINI 2010: PROFONDITÀ CAMPIONI**

Per l'analisi dei risultati delle prove di identificazione e resistenza eseguite su ciascun campione, necessarie ai fini della caratterizzazione geotecnica si rimanda all'elaborato di progetto **T00GE03GETRE01** – "Relazione geotecnica generale".

### 4.1.3 Prove geomeccaniche di laboratorio

Sugli spezzoni di carota lapidea, prelevati nei sondaggi eseguiti nell'ambito del Lotto Ovest della Variante di Imperia, presso il Laboratorio geotecnico SGL di Vado Ligure (SV) sono state eseguite complessivamente nº 4 misure del peso di volume naturale e della velocità di propagazione delle onde di compressione e di taglio, n° 11 prove di resistenza a compressione monoassiale, n° 10 prove di resistenza a compressione triassiale e n° 3 prove di resistenza a trazione indiretta tipo brasiliana. Una sintesi dei risultati ottenuti è mostrata nelle tabelle seguenti (cfr. **Tabella 4-11**, **Tabella 4-12** e **Tabella 4-13**).

| litotipo [-] | sondaggio [-] | campione [-] | profondità [m] | peso di volume naturale $\gamma_N$ [kN/m$^3$] | resistenza a compresssione monoassiale $\sigma_{ci}$ [MPa] | modulo di elasticità secante al 50% $E_{s50}$ [GPa] | coefficiente di Poisson secante al 50% $\nu_{s50}$ [-] | Velocità sonica | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | Vp [m/s] | Vs [m/s] |
| Calcare | S5 | D | 19,00-19,35 | - | 78,67 | 23,05 | 0,05 | - | - |
| Calcare marnoso | S6 | C | 49,40-49,90 | 26,07 | 169,54 | 38,29 | 0,24 | 4733 | 3081 |
| Arenaria | S7 | D | 20,20-20,35 | - | 168,91 | 51,01 | 0,18 | - | - |
| Calcare marnoso | S9 | C | 28,00-28,60 | - | 80,97 | 12,16 | 0,08 | - | - |
| Calcare marnoso | S17 | D | 20,00-20,30 | - | 41,98 | 4,74 | - | - | - |
| Arenaria | S19 | B | 15,00-15,47 | - | 63,58 | 11,89 | 0,14 | - | - |
| Arenaria | S22 | C | 12,50-12,80 | - | 11,26 | 10,78 | 0,11 | - | - |
| Calcare | S23 | C | 10,50-10,80 | 25,56 | 18,89 | 5,67 | 0,09 | 4717 | 3227 |
| Marna calcarea | S26 | C | 43,60-43,90 | 26,29 | 115,15 | 74,46 | 0,14 | 5744 | 3752 |
| Arenaria calcarea | S29 | C | 17,00-17,40 | - | 114,32 | 26,39 | 0,09 | - | - |
| Calcare marnoso | S29 | D | 22,05-22,40 | 25,94 | 51,82 | 38,63 | 0,19 | 4763 | 3105 |

**TABELLA 4-11 - CAMPAGNA DI INDAGINI 2010: RISULTATI PROVE DI RESISTENZA A COMPRESSIONE MONOASSIALE, DETERMINAZIONI DEL PESO DI VOLUME NATURALE E DELLA VELOCITÀ SONICA**

| litotipo [-] | sondaggio [-] | campione [-] | profondità [m] | resistenza a compressione triassiale | | | | | | | | modulo di elasticità secante al 50% $E_{s50}$ [GPa] | coeff. di Poisson secante al 50% $\nu_{s50}$ [-] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | [$\sigma_3$ = 1,0 MPa] $\sigma_{1p}$ [MPa] | [$\sigma_3$ = 2,0 MPa] $\sigma_{1p}$ [MPa] | [$\sigma_3$ = 3,0 MPa] $\sigma_{1p}$ [MPa] | [$\sigma_3$ = 4,0 MPa] $\sigma_{1p}$ [MPa] | [$\sigma_3$ = 5,0 MPa] $\sigma_{1p}$ [MPa] | [$\sigma_3$ = 6,0 MPa] $\sigma_{1p}$ [MPa] | [$\sigma_3$ = 7,0 MPa] $\sigma_{1p}$ [MPa] | [$\sigma_3$ = 15,0 MPa] $\sigma_{1p}$ [MPa] | | |
| Calcare marnoso | S3 | C | 22,50-22,60 | - | 88,79 | - | - | - | - | - | - | 37,86 | 0,17 |
| Calcare marnoso | S4 | D | 22,45-22,80 | - | - | 82,72 | - | - | - | - | - | 62,97 | - |
| Calcare marnoso | S5 | E | 26,30-26,60 | - | - | - | 107,64 | - | - | - | - | 31,11 | 0,09 |
| Arenaria | S6 | D | 61,65-61,95 | - | - | - | - | 134,55 | - | - | - | 29,37 | 0,12 |
| Calcare marnoso | S7 | C | 16,60-16,80 | 124,81 | - | - | - | - | - | - | - | 30,21 | 0,17 |
| Arenaria | S9 | D | 31,70-31,90 | - | 21,95 | - | - | - | - | - | - | 3,02 | 0,08 |
| Arenaria | S19 | C | 20,70-21,00 | - | - | 86,89 | - | - | - | - | - | 24,07 | 0,34 |
| Calcare marnoso | S23 | D | 24,50-25,00 | - | - | - | - | - | - | 210,33 | - | 144,27 | - |
| Marna calcarea | S26 | B | 22,20-22,40 | - | - | - | - | - | 34,28 | - | - | 9,14 | 0,58 |
| Marna calcarea | S26 | D | 71,40-71,95 | - | - | - | - | - | - | - | 171,91 | 31,58 | 0,14 |

**TABELLA 4-12 - CAMPAGNA DI INDAGINI 2010: RISULTATI PROVE DI RESISTENZA A COMPRESSIONE TRIASSIALE**

| litotipo [-] | sondaggio [-] | campione [-] | profondità [m] | | resistenza a trazione indiretta (prova brasiliana) $\sigma_t$ media [MPa] |
|---|---|---|---|---|---|
| Calcare | S6 | B | 36,35 | 36,65 | 9,61 |
| Arenaria | S22 | D | 19,50 | 19,80 | 6,77 |
| Arenaria | S24 | C | 16,60 | 16,90 | 6,21 |

**TABELLA 4-13 - CAMPAGNA DI INDAGINI 2010: RISULTATI PROVE DI TRAZIONE INDIRETTA (PROVE BRASILIANE)**

### 4.1.4 Prove di resistenza a carico puntiforme (point load strength test)

Sui campioni di roccia prelevati nelle aree di rilievo geomeccanico sono state condotte prove di compressione a carico puntiforme (point load strength test) eseguite in accordo alla norma ASTM D 5731-95. Le prove condotte hanno consentito la determinazione della resistenza a compressione monoassiale $\sigma_{ci}$ ottenuta a mezzo della relazione:

$$\sigma_{ci} = I_{s(50)} * 24$$

con $I_{s(50)}$ = indice di resistenza al point-load corretto in funzione della forma e delle dimensioni del campione in accordo alla norma citata. Oltre al valore medio di resistenza, ottenuto scartando i valori più alti ed i valori più bassi ottenuti è stata valutata anche la variabilità statistica dei risultati ottenuti.

I risultati delle prove sono sintetizzati nella **Tabella 4-14**, mentre si rimanda all'**Allegato 3 – Rilievi geomeccanici - Point load strength test – Risultati** per l'esame completo dei risultati.

| litotipo [-] | area di rilievo geomeccanico [-] | campione [-] | Point Load Strength Test parallelo $Is_{(50)}$ [MPa] | Point Load Strength Test normale $Is_{(50)}$ [MPa] | Point Load Strength Test parallelo $\sigma_{ci}$ [MPa] | Point Load Strength Test normale $\sigma_{ci}$ [MPa] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Marna siltosa | RG1 | C1 | - | 1,30 | - | 31,1 |
| Arenaria | | C2 | - | 4,39 | - | 105,2 |
| Arenaria | RG2 | C1 | - | 3,65 | - | 87,6 |
| Arenaria | RG3 | C1 | - | 2,66 | - | 63,7 |
| Arenaria | RG4 | C1 | - | 3,16 | - | 75,9 |
| Arenaria | RG5 | C1 | - | 3,12 | - | 74,9 |
| Siltite marnosa | | C2 | - | 0,172 | - | 4,13 |
| Arenaria | RG6 | C1 | - | 2,44 | - | 58,47 |
| Arenaria | RG7 | C1 | - | 3,7 | - | 88,8 |
| Calcarenite | RG8 | C1 | - | 3,39 | - | 81,31 |
| Arenaria | RG9 | C1 | - | 2,38 | - | 57,16 |
| Siltiti marnose | | C2 | - | 0,37 | - | 8,84 |
| Siltiti marnose | RG10 | C1 | - | 0,31 | - | 7,56 |

**TABELLA 4-14 - CAMPAGNA DI INDAGINI 2010: RISULTATI PROVE DI RESISTENZA A CARICO PUNTUALE (POINT LOAD STRENGTH TEST)**

### 4.1.5 Rilievi geomeccanici

Lungo lo sviluppo del tracciato in progetto sono stati condotti n° 10 rilievi geomeccanici di dettaglio in accordo alle raccomandazioni ISRM ("Quantitative description of discontinuities in rock masses", 1978).

L'esame dei risultati dei rilievi geomeccanici e della caratterizzazione condotta in ciascuna area di rilievo ha consentito la suddivisione degli ammassi rocciosi analizzati in 4 gruppi geomeccanici omogenei, definiti sulla base della litologia e del rapporto stratimetrico tra le litologie arenacee competenti e le litologie siltitico-marnose caratterizzate da più modesti parametri di resistenza e deformabilità.

In particolare, sono stati individuati i seguenti gruppi geomeccanici:

- *Gruppo 1*: marne siltose con sporadiche intercalazioni di marne calcaree;
- *Gruppo 2*: siltiti debolmente marnose di aspetto scaglioso fittamente laminate con sporadici sottili straterelli di arenarie fini a laminazione parallela di spessore da centimetrico a decimetrico.
- *Gruppo 3:* alternanze di arenarie a grana da media a fine, gradate e laminate, in strati di spessore da decimetrico a metrico, marne in banchi metrici e strati decimetrici e siltiti grigio verdastre in livelli di spessore da decimetrico a metrico, con rapporto stratimetrico percentuale tra le litologie competenti ed i livelli siltitici mediamente compreso tra 35/65 e 65/35.
- *Gruppo 4:* sequenze arenacee in strati decimetrici e banchi metrici con sottili interstrati siltitici di spessore centimetrico.

I gruppi 1 e 2 risultano distribuiti all'interno del Membro di San Lorenzo del Flysch di Sanremo (*Unità FS2*), distribuito nella porzione occidentale dell'area rilevata, mentre i gruppi 3 e 4 si rinvengono all'interno del Membro di San Michele (*Unità FS1*), distribuito nelle porzioni centrale ed orientale dell'area rilevata. Per quanto concerne la distinzione tra gruppo 3 e gruppo 4 occorre rilevare che spesso l'esiguità degli affioramenti disponibili non ha consentito di valutare correttamente il rapporto stratimetrico; di conseguenza allo stato attuale delle conoscenze, in attesa del completamento delle indagini geognostiche, non è possibile escludere l'eventualità che gli elevati rapporti stratimetrici tra arenarie e siltiti che caratterizzano il gruppo 4 siano in realtà da attribuire esclusivamente alla scarsa estensione delle serie affioranti. A tale proposito risulta di particolare interesse l'esame del rilievo stratimetrico eseguito lungo uno stendimento di misura di sviluppo pari a circa 450 m nei pressi di Capo Berta, lungo la strada litoranea tra Diano Marina ed Oneglia, che ha consentito il rilievo di circa 200 m di serie stratigrafica. L'esame dei risultati ottenuti evidenzia infatti che nell'ambito della serie esaminata il rapporto stratimetrico tra i livelli arenacei ed i livelli pelitici, valutato su intervalli di lunghezza pari a 10 m, pur risultando generalmente compreso tra 0,8 e 2,5, mostra tuttavia locali incrementi fino ad oltre 10 e decrementi fino a 0,5. È quindi possibile che il gruppo 4 sia frutto di locali e periodiche variazioni degli apporti di torbida all'interno dell'area di sedimentazione dell'unità.

I rilievi geomeccanici eseguiti risultano così distribuiti all'interno dei gruppi geomeccanici omogenei:

- Gruppo 1: RG1
- Gruppo 2: RG10
- Gruppo 3: RG4, RG5, RG8 e RG9
- Gruppo 4: RG2, RG3, RG6 e RG7

Per i risultati di dettaglio dei rilievi geomeccanici si rimanda ai seguenti allegati alla presente relazione:

- **Allegato 1 – Rilievi geomeccanici - Schede di misura e sintesi**
- **Allegato 2 – Rilievi geomeccanici - Proiezioni ciclografiche e polari - Risultati**
- **Allegato 3 – Rilievi geomeccanici - Point load strength test – Risultati**
- **Allegato 4 – Rilievi geomeccanici - Classificazione e caratterizzazione geomeccanica degli ammassi rocciosi**
- **Allegato 5 – Rilievi geomeccanici - Determinazione della resistenza a taglio lungo i giunti – Risultati**
- **Allegato 6 – Rilievo stratimetrico - Risultati**

## 4.2 Campagna di indagine geognostica integrativa (2023)

Le indagini realizzate nella recente campagna del 2023 hanno comportato l'esecuzione di sondaggi geognostici a carotaggio continuo con installazione di piezometri a tubo aperto, prove di permeabilità Lefranc e Lugeon, prove dilatometriche, prospezioni sismiche tipo MASW, pozzetti esplorativi geotecnici e ambientali.

Le indagini sono state eseguite nel periodo giugno-dicembre 2023 dalla ATI Geoserving S.r.l. (IN.TEC. Soc. Coop.-Logos S.r.l. – Geo-Surveys S.r.l. – Aureli Soil S.r.l. – O.S.I. S.r.l.).

La campagna geognostica in oggetto ha previsto l'esecuzione delle seguenti tipologie di indagini in sito, eseguite dalla ATI Geoserving S.r.l. nel periodo giugno-agosto 2023:

- sondaggi geognostici a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati da sottoporre a prove di laboratorio;
- esecuzione di prove in foro (SPT, prove di permeabilità Lefranc e Lugeon, prove dilatometriche) e installazione nei fori di sondaggio a carotaggio di piezometri a tubo aperto;
- pozzetti esplorativi con rilievo della stratigrafia, prelievo di campioni rimaneggiati, ambientali ed esecuzione di prove di carico su piastra;
- prospezioni sismiche tipo MASW.

### 4.2.1 Indagini geognostiche in sito

#### *4.2.1.1 Sondaggi geognostici*

Sono stati previsti complessivamente n.6 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, di profondità variabile tra 15 e 200 m in funzione delle quote di progetto della strada e delle caratteristiche strutturali delle opere (viadotti e gallerie, in particolare). Oltre a tali verticali, sono stati realizzati anche pozzetti esplorativi da 2 m in prossimità degli assi secondari del tracciato, oggetto di realizzazione di opere in rilevato, coadiuvati da prove di carico su piastra necessarie ai fini della determinazione del comportamento geotecnico dei terreni nei primi metri di profondità. La planimetria che riporta le indagini eseguite è rappresentata dall'elaborato di progetto **T00GE01GEOPU01÷04** – "Planimetria con ubicazione delle indagini geognostiche" (4 tavv.)

Tutte le perforazioni delle verticali di sondaggio sono state eseguite tutte a carotaggio continuo, con l'utilizzo del carotiere semplice nei tratti in materiale sciolto (depositi superficiali e substrato roccioso molto alterato) e del carotiere doppio, associato a corona diamantata, nei tratti in roccia. In particolare, l'utilizzo del carotiere doppio ha consentito di misurare per ogni manovra il valore di RQD % (Deere, 1964), ottenuto dalla somma delle lunghezze delle carote lapidee di lunghezza > 10 cm rapportato alla lunghezza della manovra.

A fine perforazione, è stata prevista l'installazione di tubazioni piezometriche a tubo aperto, per l'esecuzione di misure di livello della falda.

Nella **Tabella 4-15** sono riassunti in uno schema i tipi di perforazione eseguita e la strumentazione installata in ogni verticale di indagine:

| Sondaggio | Prof. (m) | Metodo perforazione | Strumentazione installata |
|---|---|---|---|
| SN01 | 50 | Carotaggio continuo | Piezometro a tubo aperto |
| SN02 | 25 | Carotaggio continuo | Piezometro a tubo aperto |
| SN03 | 25 | Carotaggio continuo | Piezometro a tubo aperto |
| SN04bis | 25 | Carotaggio continuo | Piezometro a tubo aperto |
| SN05 | 50 | Carotaggio continuo | Piezometro a tubo aperto |
| SN06 | 200 | Carotaggio continuo | Piezometro a tubo aperto |

**TABELLA 4-15 – SONDAGGI GEOGNOSTICI ESEGUITI: PROFONDITÀ E STRUMENTAZIONE INSTALLATA**

Tutti i sondaggi hanno raggiunto il substrato roccioso, costituito sostanzialmente lungo tutto lo sviluppo del tracciato dalla formazione del *Flysch di Sanremo,* nelle sue due *facies arenaceo-pelitica* e *marnosa*, intervallate nel tratto centrale del tracciato dalle formazioni delle *Argille di Ortovero* e, nel complesso, sempre ricoperte da spessori metrici di materiale alteritico limoso-sabbioso-argilloso e da depositi alluvionali recenti o antichi in corrispondenza delle valli principali (Prino, Caramagna, Artallo e Baité)..

#### *4.2.1.2 Prove di resistenza dinamica in foro: Standard Penetration Test (SPT)*

All'interno dei fori di sondaggio, durante la loro esecuzione, sono state eseguite delle prove penetrometriche dinamiche SPT, a profondità variabili. In particolare, sono state eseguite n.17 prove SPT.

Nella sottostante tabella (cfr. **Tabella 4-16**) sono riassunti i risultati delle prove SPT eseguite (R = "rifiuto").

| Sondaggio | SPT | Profondità | $N_{SPT}$ |
|---|---|---|---|
| SN01 | SPT1 | 1,5 | 12 |
| | SPT2 | 4,5 | 51 |
| | SPT3 | 7,5 | R |
| SN02 | SPT1 | 3,0 | 37 |
| | SPT2 | 6,0 | 33 |
| | SPT3 | 7,5 | R |
| | SPT4 | 9,0 | R |
| | SPT5 | 12,0 | R |
| SN03 | SPT1 | 4,0 | 23 |
| | SPT2 | 6,0 | R |
| | SPT3 | 9,0 | R |
| SN04bis | SPT1 | 3,0 | R |
| | SPT2 | 6,0 | R |
| | SPT3 | 9,0 | R |
| SN05 | SPT1 | 1,5 | 33 |
| | SPT2 | 4,5 | R |
| | SPT3 | 7,5 | R |

**TABELLA 4-16 – PROVE DI RESISTENZA DINAMICA SPT DI CIASCUN SONDAGGIO**

In generale i risultati delle prove penetrometriche SPT hanno consentito di verificare, per i terreni di copertura, uno stato di addensamento tendenzialmente medio e uno stato di consistenza da medio ad elevato per i primi metri di terreno di alterazione del substrato roccioso.

#### 4.2.1.3 *Prove di permeabilità Lefranc*

Come anticipato, la campagna geognostica in oggetto ha previsto l'esecuzione, all'interno dei sondaggi eseguiti, di prove di permeabilità Lefranc per i tratti in terreno che hanno consentito di determinare il valore del *coefficiente di permeabilità K*.

Il modello idrogeologico proposto nell'elaborato di progetto **T00GE01GEORE01 – Relazione geologica** deriva dalla attribuzione del valore qualitativo del grado di permeabilità a ciascuna delle unità litostratigrafiche, discriminate in base a quanto rinvenuto dalle prove di permeabilità di cui sopra. A tal proposito, nell'elaborato **T00GE01GEOCI01÷04** – "Carta idrogeologica" (4 tavv.) allegata al progetto, sono stati rappresentati i range di permeabilità delle unità litostratigrafiche riconosciute.

Nella tabella sottostante (cfr. **Tabella 4-17**) si riportano gli esiti delle prove di permeabilità Lefranc eseguite all'interno dei fori di sondaggio e che hanno permesso di definire i valori di coefficiente di permeabilità K.

| Sigla | Opera | Pk | Profondità sondaggio (m) | Tratto di prova (m da p.c.) | K - coeff. di permeabilità (cm/s) |
|---|---|---|---|---|---|
| SN-02 | Viadotto Caramagna | 1418.12 | 25 | 4.0 - 4.5 | 0.01186 |
| SN-03 | Viadotto Caramagna | 1483.52 | 25 | 4.0 - 4.5 | 0.00859 |
| SN-04 Bis | Ponte sul Torrente Prino | 30.57 | 25 | 4.0 - 4.5 | 0.16707 |

**TABELLA 4-17 – CAMPAGNA DI INDAGINI 2023: RISULTATI DELLE PROVE DI PERMEABILITÀ LEFRANC**

In generale, il sottosuolo del tracciato in esame è caratterizzato nel complesso da unità geotecniche e geomeccaniche a permeabilità variabile, da **molto bassa** *(Argille di Ortovero)* ad **alta-molto alta** *(Depositi alluvionali attuali e recenti)* con valori che variano rispettivamente tra 1E-07÷1E-08 m/s e 1E-03÷1E-05 m/s.

#### 4.2.1.4 *Prove di permeabilità Lugeon*

In n° 3 fori di sondaggio (SN01, SN05 e SN06) sono state eseguite prove Lugeon per la determinazione del coefficiente di permeabilità in sito all'interno del substrato lapideo. Le prove sono state condotte isolando, mediante idonei otturatori (packer), tratti di foro di lunghezza pari a 3.0 m e misurando il volume d'acqua assorbito a diversi valori di pressione di iniezione.

Nella **Tabella 4-18** si riportano, per ciascuna prova, il foro di sondaggio in cui è stata eseguita, la profondità della tasca di prova e il valore del coefficiente di permeabilità calcolato sulla base delle misure eseguite.

| *sondaggio n° [-]* | *da prof. [m]* | *a prof. [m]* | *L [m]* | *Unità Lugeon media [U.L.]* | *K [m/s]* | *note* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SN01 | 36,00 | 39,00 | 3,00 | 0,18 | 1,8E-08 | dilatazione fratture |
| SN05 | 33,00 | 36,00 | 3,00 | 0,31 | 3,1E-08 | dilatazione fratture |
| SN06 | 185,00 | 188,00 | 3,00 | 0,90 | 9,0E-08 | moto idraulico laminare |

**TABELLA 4-18 – CAMPAGNA DI INDAGINI 2023: RISULTATI PROVE DI PERMEABILITÀ LUGEON**

#### 4.2.1.5 *Prove dilatometriche*

In n° 3 fori di sondaggio (SN01, SN05 e SN06) sono state eseguite prove dilatometriche in foro per la determinazione dei parametri di deformabilità degli ammassi rocciosi in condizioni di carico (modulo di deformazione) e di scarico (modulo di elasticità). Le prove sono state eseguite dalla ditta GeoAnalisi Srl con tre cicli di carico/scarico con determinazione del modulo corrispondente ad ogni ciclo.

Una sintesi dei risultati delle prove è riportata nella **Tabella 4-19**.

| | | | modulo di deformazione | | | | modulo di elasticità | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1° ciclo | 2° ciclo | 3° ciclo | globale | 1° ciclo | 2° ciclo | 3° ciclo |
| sondaggio | prof. [m] | litologia | E [MPa] | E [MPa] | E [MPa] | E [MPa] | E [MPa] | E [MPa] | E [MPa] |
| SN01 | 41,00 | Calcarenite grigia massiva | - | 658 | 579 | 784 | 511 | 2777 | 4672 |
| SN05 | 38,50 | Calcarenite grigia massiva | - | 176 | 205 | 205 | 290 | 456 | 5235 |
| SN06 | 190,50 | Calcare marnoso grigio | - | 229 | 261 | 271 | 408 | 728 | 6352 |

**TABELLA 4-19 – CAMPAGNA DI INDAGINI 2023: RISULTATI PROVE DILATOMETRICHE**

#### 4.2.1.6 *Prove di carico su piastra*

Nel corso della campagna integrativa sono stati realizzati n.6 pozzetti esplorativi, spinti alla profondità di 2 m. Tali pozzetti si sono resi necessari in ottica di:

- verificare la stratigrafia degli strati più superficiali;
- prelievo di n.2 campioni rimaneggiati per ciascun pozzetto, tra 0.5 m e 2 m di profondità, sui quali eseguire prove di laboratorio (analisi granulometrica e limiti di Atterberg) atte a definire il gruppo di appartenenza dei terreni nell'ambito di classificazione stradale CNR-UNI 10006;
- prelievo di n.2 campioni ambientali per ciascun pozzetto, sui quali eseguire le analisi chimiche di cui al **punto 4.2.1.7**;
- esecuzione di prove di carico su piastra circolare al di sotto dello spessore di terreno di scotico di 0.5 m.

Sono state eseguite prove di carico a doppio ciclo su piastra circolare, con piano di posa a 0.5 m di profondità dal p.c., al fine di determinare le caratteristiche di deformabilità dei terreni di sottofondo dei rilevati e delle fondazioni stradali.

Le prove di carico su piastra sono state eseguite con piastra da 298,5 mm e doppio ciclo di carico secondo la norma CNR-BU n.146 del 14.12.1992, con determinazione del modulo di deformazione "Md", al primo e al secondo ciclo di carico, misurato nell'intervallo 50-150 kPa.

I risultati ottenuti, in termini di modulo di deformazione Md (rapporto fra l'intervallo di carico predefinito, 150-50=100 KPa, ed il cedimento corrispondente) sono mostrati nella sottostante tabella (cfr. **Tabella 4-20**) dove è riportato anche il rapporto Md1 / Md2.

| **Pozzetto** [-] | **Profondità** [m] | **$Md_1$** (1° ciclo) [MPa] | **$Md_2$** (2° ciclo) [MPa] | **$Md_1$ / $Md_2$** [-] |
|---|---|---|---|---|
| PA01 | 0.5 | 11.9 | 76.3 | 0.16 |
| PA02 | 0.5 | 21.3 | 96.7 | 0.22 |
| PA03 | 0.5 | 9.8 | 160.7 | 0.6 |
| PA04 | 0.5 | 13.4 | 160.7 | 0.08 |
| PA05 | 0.5 | 37.5 | 290.3 | 0.13 |
| PA06 | 0.5 | 14.4 | 272.7 | 0.05 |

**TABELLA 4-20 – CAMPAGNA DI INDAGINI 2023: RISULTATI PROVE DI CARICO SU PIASTRA PER CIASCUN POZZETTO ESPLORATIVO**

Nel caso specifico, i valori del modulo di deformazione del terreno di sottofondo sono risultati variabili tra 10 e 38 MPa al 1° ciclo di carico, mentre i valori al 2° ciclo sono risultati molto più elevati, in un range compreso tra 76 e 290 MPa, indicando un elevato incremento del modulo di deformazione in conseguenza delle operazioni di compattazione.

#### *4.2.1.7 Prelievo di campioni ambientali*

Per la determinazione dello stato di qualità dei terreni e delle acque, sono stati previsti i prelievi di campioni di terreno e di acqua sotterranea, sia in corrispondenza delle verticali di sondaggio sia nei pozzetti esplorativi. In particolare, è stato previsto almeno un campione ambientale per ogni verticale di indagine, localizzati in corrispondenza delle sezioni si scavo, e un campione composito nei tratti in galleria per un totale di n. 35 campioni di terreno e n.2 campioni di acqua sotterranea che sono stati sottoposti ad analisi chimiche.

Il set analitico di riferimento ha previsto l'analisi della concentrazione delle sostanze così come definito nell'*Allegato 4 al D.P.R. 13 giugno 2017, n.120 – Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n.133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n.164* e il prelievo di campioni è stato effettuato in ciascuna verticale di sondaggio in funzione delle previste profondità di scavo: per quanto riguardo lo scavo in galleria, sono stati previsti campioni medi compositi alle profondità di scavo della galleria, prevedendo almeno n.3 incrementi per ciascun campione medio composito.

Sono stati previsti infine campionamenti di acque sotterranee in piezometro ai fini dell'esecuzione di analisi chimiche per la verifica alla conformità alle CSC di cui al D.Lgs. 152/06. Dato che il progetto prevede la presenza di strutture interrate potenzialmente a contatto con acque di falda, sui campioni di acque sotterranee sono state previste anche analisi chimiche per la verifica dell'eventuale aggressività dell'acqua nei confronti del calcestruzzo e analisi chimiche su campioni di terreno nei confronti del calcestruzzo.

Infine, sono state previste analisi chimiche per la classificazione delle terre e rocce da scavo come rifiuto ("omologa rifiuto") per un totale di n.2 campioni.

I risultati delle analisi chimiche, effettuate dai laboratori O.S.I. Srl, sono descritti negli elaborati di progetto **T00GE02GEORE02** – "Piano di utilizzo in sito delle terre e rocce da scavo – Relazione tecnica" e **T00GE02GEORE01** – "Relazione di gestione materie" mentre i certificati delle analisi chimiche si rimanda all'elaborato **T00GE01GEORE06** - "Indagini geognostiche - Analisi chimiche di laboratorio".

#### *4.2.1.8 Indagini geofisiche*

Nel corso della campagna di indagini, la ditta Geoserving Srl si è occupata dell'esecuzione di n.6 stendimenti sismici tipo MASW per la determinazione delle categorie di sottosuolo nei diversi tratti del tracciato. Tali indagini vanno ad integrare le diverse prospezioni sismiche eseguite nella campagna di indagine pregressa di cui ai **punti 4.1.1.8** e **4.1.1.9,** costituite da prospezioni sismiche down-hole e stendimenti di sismica a rifrazione.

L'elaborazione è stata eseguita tramite il software SWAN (Surface Wave Analysis) della Geostudi Astier. Le onde sismiche superficiali non evidenziano elevati contrasti di velocità. Infatti, si verifica un aumento graduale delle velocità con la profondità (gradiente di velocità) delle onde S, le quali individuano unbedrock sismico di riferimento (Vs > 800 m/s) prima dei 30 m di profondità dal piano campagna.

Le n.6 prospezioni MASW, eseguite nei tratti di tracciato non coperti dalle precedenti prospezioni e in particolare in prossimità del tratto finale del Ponte sul Prino (MASW1), lungo lo sviluppo del Viadotto Caramagna (MASW2, MASW3 e MASW4), nel tratto compreso tra il Viadotto Caramagna e la Galleria artificiale Costa Murata (MASW5) e infine in prossimità del tratto iniziale del Ponte sull'Impero (MASW6).

Le indagini eseguite con i relativi risultati in termine di onde di taglio, nonché gli esiti delle categorie di sottosuolo assegnate in relazione a ciascuna opera sono riportate nella tabella sottostante e, assieme agli esiti delle indagini geofisiche pregresse, nella **Tabella 4-21**.

| | |
|---|---|
| **STENDIMENTO SISMICO "MASW50_L1":** | VS,eq = 500.58 m/s |
| **STENDIMENTO SISMICO "MASW50_L2":** | VS,eq = 518.08 m/s |
| **STENDIMENTO SISMICO "MASW50_L3":** | VS,eq = 504.11 m/s |
| **STENDIMENTO SISMICO "MASW50_L4":** | VS,eq = 530.04 m/s |
| **STENDIMENTO SISMICO "MASW50_L5":** | VS,eq = 570.73 m/s |
| **STENDIMENTO SISMICO "MASW50_L6":** | VS,eq = 602.60 m/s |

**TABELLA 4-21 – CAMPAGNA DI INDAGINI 2023: RISULTATI PROSPEZIONI SISMICHE TIPO MASW IN TERMINI DI VSEQ**

Di seguito si riportano i profili delle onde S delle diverse prospezioni eseguite, dalla **Figura 4-4** alla **Figura 4-9**.

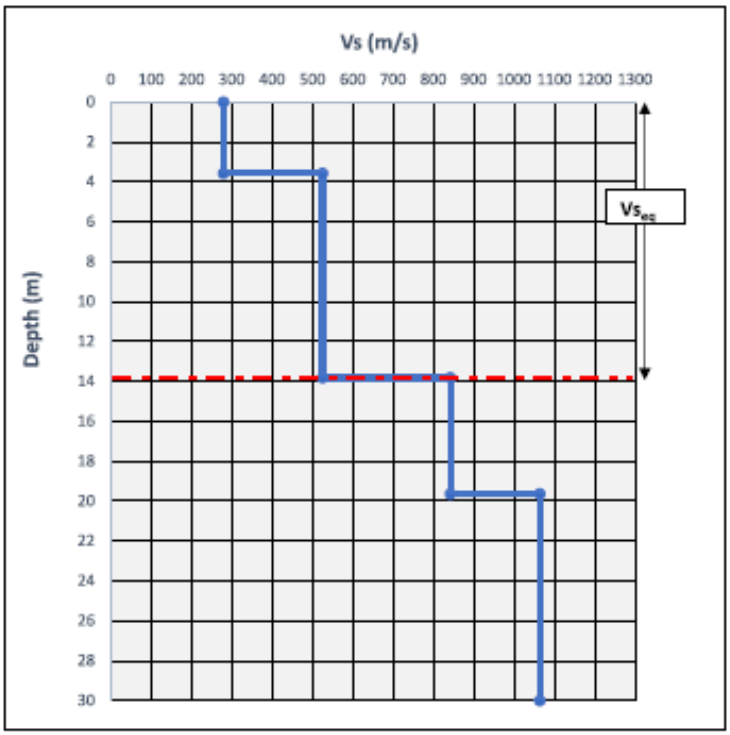



**FIGURA 4-4 – MASW1: GRAFICO DELLE VS**

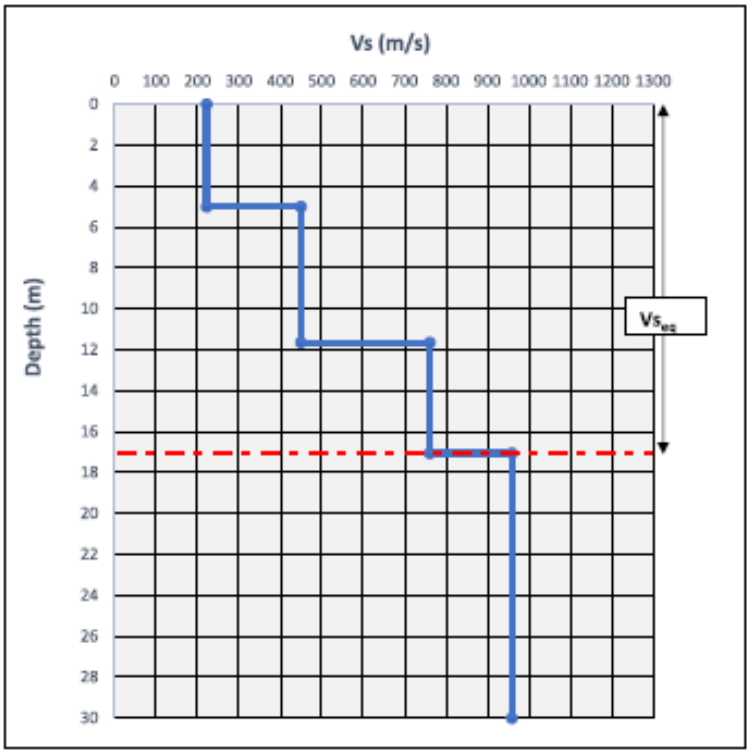



**FIGURA 4-5 – MASW2: GRAFICO DELLE VS**

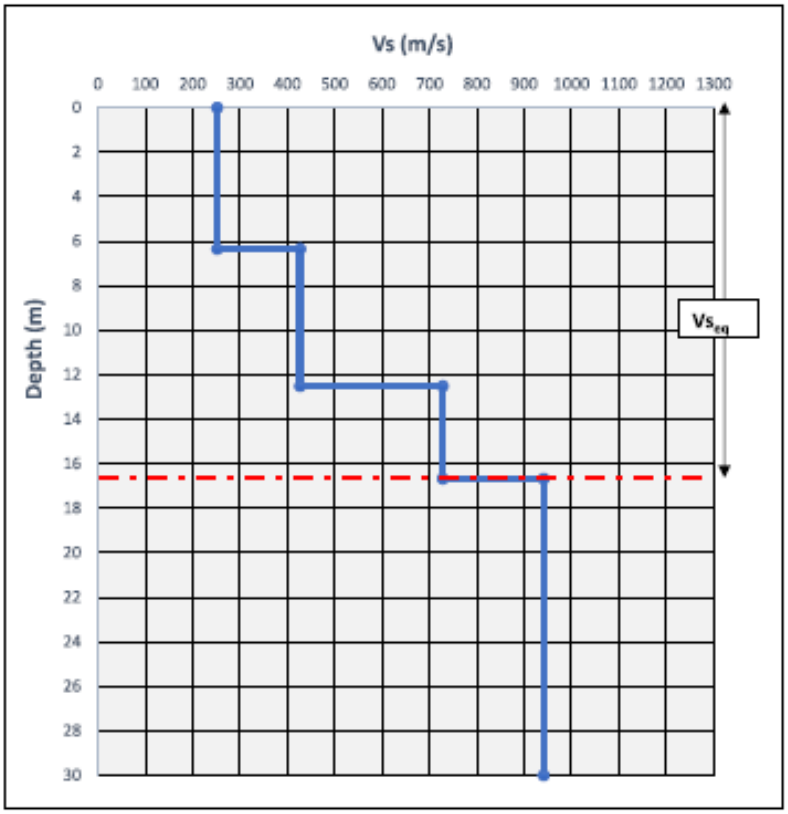



**FIGURA 4-6 – MASW3: GRAFICO DELLE VS**

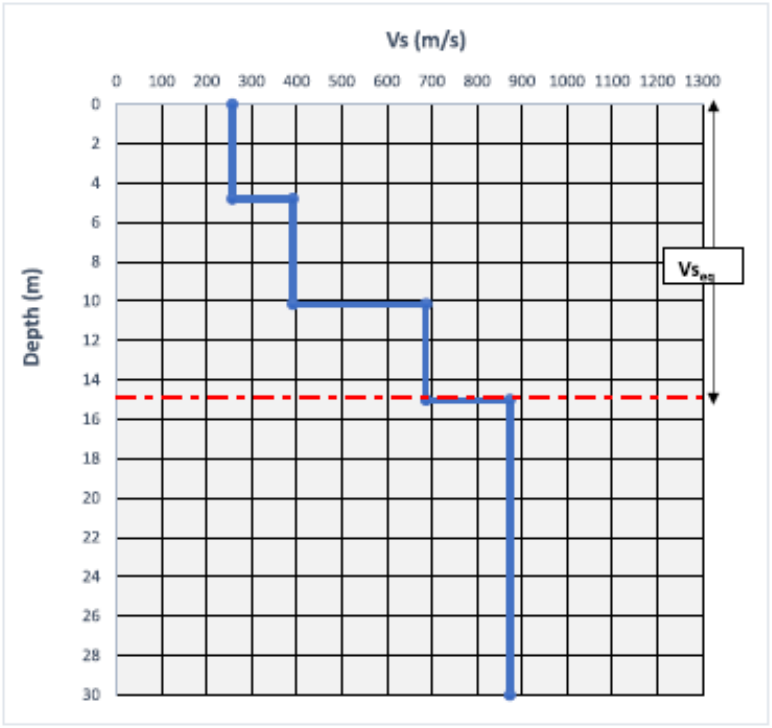



**FIGURA 4-7 – MASW4: GRAFICO DELLE VS**

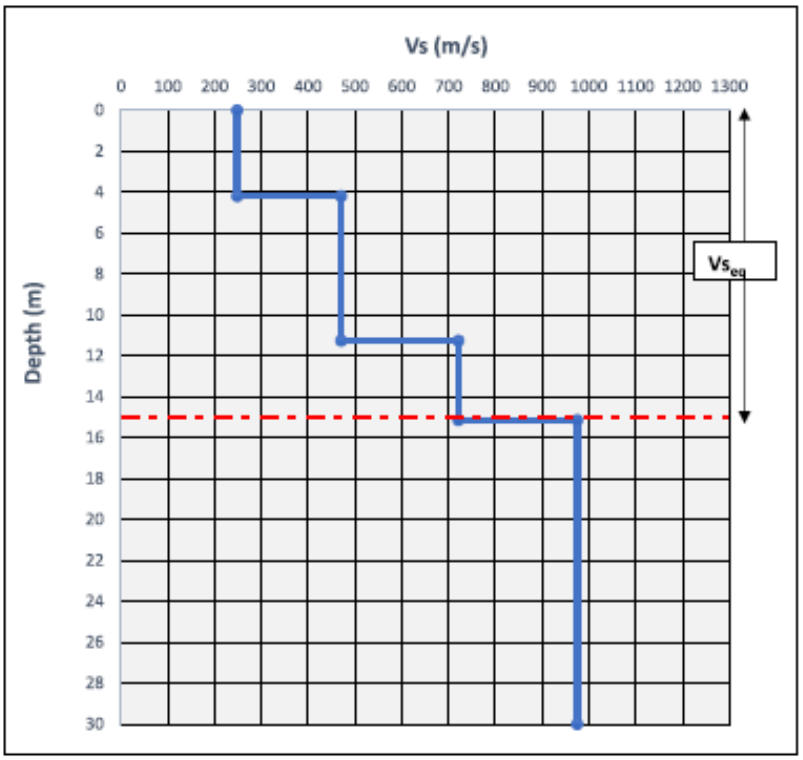



**FIGURA 4-8 – MASW5: GRAFICO DELLE VS**

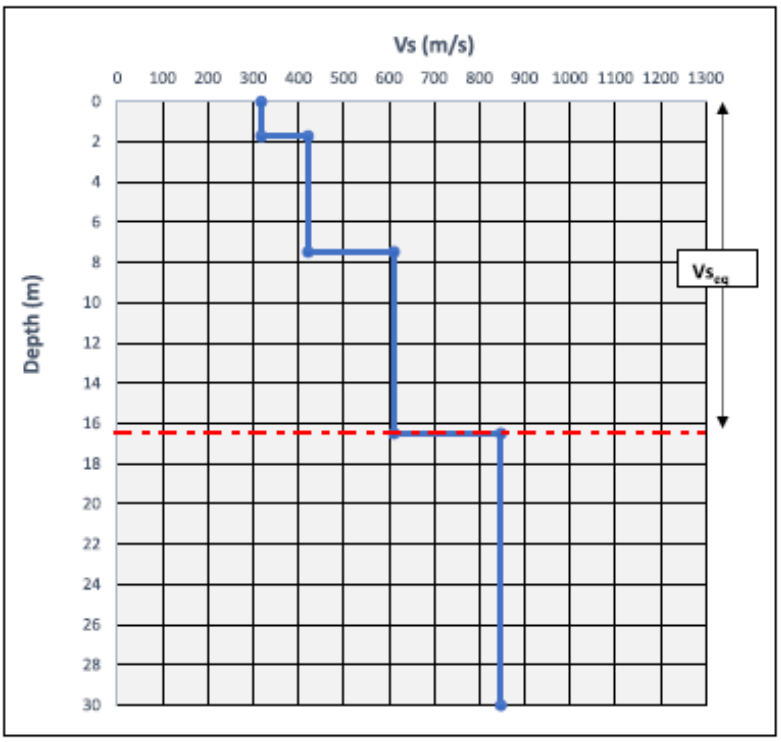



**FIGURA 4-9 – MASW6: GRAFICO DELLE VS**

### 4.2.2 Prove geotecniche di laboratorio

Durante la perforazione dei sondaggi e dei pozzetti nella campagna di indagine eseguita sono stati prelevati n.26 tra campioni rimaneggiati e indisturbati su cui eseguire prove geotecniche di laboratorio. Tali prove sono state eseguite dai laboratori di Geoserving Srl e i risultati hanno permesso di definire una caratterizzazione geotecnica dei terreni di sottofondo delle opere previste lungo l'infrastruttura in oggetto.

In particolare, durante la perforazione dei sondaggi geognostici sono stati previsti complessivamente n.25 campioni rimaneggiati e n.1 campione indisturbato, sui quali sono state previste le seguenti prove:

- aperture e descrizioni geotecniche
- determinazioni del peso di volume naturale e peso specifico dei grani
- determinazioni del contenuto naturale d'acqua
- analisi granulometriche complete
- determinazioni dei limiti di consistenza
- prove di taglio diretto con determinazione della resistenza di picco

Tutti i risultati di tali prove e la caratterizzazione geotecnica dei terreni che ne consegue vengono descritti nel dettaglio nell'elaborato **T00GE03GETRE01** – "Relazione geotecnica generale", a cui si rimanda.

### 4.2.3 Prove geomeccaniche di laboratorio

Durante la perforazione dei sondaggi nella campagna di indagine eseguita sono stati prelevati anche n.16 spezzoni di carota lapidea su cui eseguire prove geomeccaniche di laboratorio. Tali prove sono state eseguite dai laboratori di Geoserving Srl e i risultati hanno permesso di definire una caratterizzazione geomeccanica dele unità rocciose attraversate dalle opere.

In particolare, sui campioni di roccia, ricavati da spezzoni di carota lapidea, sono state previste le seguenti prove:

- aperture e descrizioni del campione di roccia
- determinazioni del peso di volume naturale
- prove di resistenza a compressione monoassiale e triassiale con rilievo delle deformazioni assiali e diametrali
- prove di resistenza a compressione triassiale con rilievo delle deformazioni assiali e diametrali
- prove di resistenza a trazione indiretta (brasiliana)
- prove di carico puntiforme (point-load strength test)

Nella **Tabella 4-22** sono riportati i risultati delle prove di resistenza a compressione monoassiale, nella

| litotipo | sondaggio | campione | profondità | peso di volume | resistenza a compressione triassiale | | | | | | | | | | modulo di elasticità secante al 50% | coeff. di Poisson secante al 50% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | [$\sigma_3$ = 1,0 MPa] | [$\sigma_3$ = 2,0 MPa] | [$\sigma_3$ = 3,0 MPa] | [$\sigma_3$ = 4,0 MPa] | [$\sigma_3$ = 5,0 MPa] | [$\sigma_3$ = 6,0 MPa] | [$\sigma_3$ = 7,0 MPa] | [$\sigma_3$ = 8,0 MPa] | [$\sigma_3$ = 9,0 MPa] | [$\sigma_3$ = 10,0 MPa] | | |
| [-] | [-] | [-] | [m] | $\gamma_N$ [kN/m$^3$] | $\sigma_{1p}$ [MPa] | $\sigma_{1p}$ [MPa] | $\sigma_{1p}$ [MPa] | $\sigma_{1p}$ [MPa] | $\sigma_{1p}$ [MPa] | $\sigma_{1p}$ [MPa] | $\sigma_{1p}$ [MPa] | $\sigma_{1p}$ [MPa] | $\sigma_{1p}$ [MPa] | $\sigma_{1p}$ [MPa] | $E_{S50}$ [GPa] | $\nu_{S50}$ [-] |
| Arenaria grigia | SN01 | CL1 | 22,20 - 22,40 | 25,40 | 94,59 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 49,996 | 0,26 |
| Calcare marnoso grigio | SN01 | CL3bis | 48,80 - 49,00 | 25,80 | - | - | 64,72 | - | - | - | - | - | - | - | 32,736 | 0,41 |
| Arenaria grigia | SN03 | CL1 | 10,20 - 10,50 | 26,30 | - | 176,31 | - | - | - | - | - | - | - | - | 39,154 | 0,23 |
| Arenaria grigia | SN03 | CL3 | 21,00 - 21,60 | 25,60 | - | - | - | 186,14 | - | - | - | - | - | - | 58,137 | 0,19 |
| Calcare marnoso grigio | SN05 | CL3 | 36,40 - 36,70 | 25,90 | 170,69 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 40,698 | 0,19 |
| Calcare marnoso grigio | SN06 | CL2 | 36,20 - 37,00 | 25,70 | 69,57 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 22,962 | 0,27 |
| Calcare marnoso grigio | SN06 | CL3 | 47,60 - 48,00 | 25,30 | - | 65,40 | - | - | - | - | - | - | - | - | 31,588 | 0,17 |
| Calcare marnoso grigio | SN06 | CL4 | 52,35 - 53,00 | 25,70 | - | - | 40,64 | - | - | - | - | - | - | - | 41,300 | 0,13 |
| Calcare marnoso grigio | SN06 | CL5 | 57,00 - 57,50 | 25,90 | - | - | | 51,21 | - | - | - | - | - | - | 23,162 | 0,47 |
| Arenaria grigia | SN06 | CL6 | 65,00 - 65,80 | 25,60 | - | - | - | - | 51,63 | - | - | - | - | - | 39,546 | 0,35 |
| Arenaria grigia | SN06 | CL7 | 68,00 - 68,35 | 25,60 | - | - | - | - | - | 59,91 | - | - | - | - | 44,823 | 0,39 |
| Calcare marnoso grigio | SN06 | CL8 | 71,30 - 72,00 | 26,10 | - | - | - | - | - | - | 63,06 | - | - | - | 23,749 | 0,31 |
| Calcare marnoso grigio | SN06 | CL10 | 97,35 - 98,00 | 25,50 | - | 51,54 | - | - | - | - | - | - | - | - | 25,514 | 0,13 |
| Calcare marnoso grigio | SN06 | CL11 | 110,15 - 110,65 | 25,70 | - | - | 12,33 | - | - | - | - | - | - | - | 4,911 | - |
| Calcare marnoso grigio | SN06 | CL12 | 129,10 - 129,65 | 25,10 | - | - | - | - | 15,80 | - | - | - | - | - | 7,233 | - |
| Calcare marnoso grigio | SN06 | CL13 | 138,00 - 138,80 | 25,90 | - | - | - | - | - | 38,55 | - | - | - | - | 45,785 | 0,19 |
| Calcare marnoso grigio | SN06 | CL14 | 151,00 - 151,70 | 25,80 | - | - | - | - | - | - | 53,33 | - | - | - | 21,899 | 0,26 |
| Calcare marnoso grigio | SN06 | CL16 | 178,00 - 179,00 | 25,60 | - | - | - | - | - | - | - | 73,30 | - | - | 16,533 | 0,33 |
| Calcare marnoso grigio | SN06 | CL18 | 187,35 - 187,75 | 25,50 | - | - | - | - | - | - | - | 67,23 | - | - | 16,272 | - |
| Calcare marnoso grigio | SN06 | CL19 | 191,00 - 191,50 | 25,60 | - | - | - | - | - | - | - | - | 89,54 | - | 25,602 | 0,37 |
| Calcare marnoso grigio | SN06 | CL20 | 198,00 - 198,45 | 25,80 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 45,14 | 37,801 | - |

**Tabella** 4-23 sono riportati i risultati delle prove di resistenza a compressione triassiale, nella **Tabella 4-24** sono riportati i risultati delle prove di resistenza a trazione indiretta (prove brasiliane); si sottolinea che tutte queste prove hanno previsto anche le determinazioni del peso di volume naturale sui campioni sottoposti alle prove di resistenza.

| litotipo [-] | sondaggio [-] | campione [-] | profondità [m] | peso di volume naturale $\gamma_N$ [kN/m$^3$] | resistenza a compresssione monoassiale $\sigma_{ci}$ [MPa] | modulo di elasticità secante al 50% $E_{S50}$ [GPa] | coefficiente di Poisson secante al 50% $\nu_{S50}$ [-] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Calcare grigio | SN01 | CL2bis | 49,00 - 49,30 | 25,70 | 64,60 | *188,038* | - |
| Calcare marnoso grigio | SN02 | CL2 | 23,50 - 24,00 | 23,70 | 5,63 | 0,715 | 0,17 |
| Calcare marnoso grigio | SN05 | CL1bis | 18,10 - 18,60 | 23,00 | 32,37 | 17,177 | 0,17 |
| Arenaria grigia | SN06 | CL9 | 85,00 - 85,55 | 26,50 | 100,42 | *216,157* | - |
| Calcare marnoso grigio | SN06 | CL15 | 172,00 - 172,80 | 26,50 | 84,83 | 61,456 | 0,27 |

**TABELLA 4-22 – CAMPAGNA DI INDAGINI 2023: RISULTATI PROVE DI RESISTENZA A COMPRESSIONE MONOASSIALE**

| litotipo [-] | sondaggio [-] | campione [-] | profondità [m] | peso di volume $\gamma_N$ [kN/m$^3$] | resistenza a compressione triassiale | | | | | | | | | | modulo di elasticità secante al 50% $E_{S50}$ [GPa] | coeff. di Poisson secante al 50% $\nu_{S50}$ [-] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | [$\sigma_3$ = 1,0 MPa] $\sigma_{1p}$ [MPa] | [$\sigma_3$ = 2,0 MPa] $\sigma_{1p}$ [MPa] | [$\sigma_3$ = 3,0 MPa] $\sigma_{1p}$ [MPa] | [$\sigma_3$ = 4,0 MPa] $\sigma_{1p}$ [MPa] | [$\sigma_3$ = 5,0 MPa] $\sigma_{1p}$ [MPa] | [$\sigma_3$ = 6,0 MPa] $\sigma_{1p}$ [MPa] | [$\sigma_3$ = 7,0 MPa] $\sigma_{1p}$ [MPa] | [$\sigma_3$ = 8,0 MPa] $\sigma_{1p}$ [MPa] | [$\sigma_3$ = 9,0 MPa] $\sigma_{1p}$ [MPa] | [$\sigma_3$ = 10,0 MPa] $\sigma_{1p}$ [MPa] | | |
| Arenaria grigia | SN01 | CL1 | 22,20 - 22,40 | 25,40 | 94,59 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 49,996 | 0,26 |
| Calcare marnoso grigio | SN01 | CL3bis | 48,80 - 49,00 | 25,80 | - | - | 64,72 | - | - | - | - | - | - | - | 32,736 | 0,41 |
| Arenaria grigia | SN03 | CL1 | 10,20 - 10,50 | 26,30 | - | 176,31 | - | - | - | - | - | - | - | - | 39,154 | 0,23 |
| Arenaria grigia | SN03 | CL3 | 21,00 - 21,60 | 25,60 | - | - | - | 186,14 | - | - | - | - | - | - | 58,137 | 0,19 |
| Calcare marnoso grigio | SN05 | CL3 | 36,40 - 36,70 | 25,90 | 170,69 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 40,698 | 0,19 |
| Calcare marnoso grigio | SN06 | CL2 | 36,20 - 37,00 | 25,70 | 69,57 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 22,962 | 0,27 |
| Calcare marnoso grigio | SN06 | CL3 | 47,60 - 48,00 | 25,30 | - | 65,40 | - | - | - | - | - | - | - | - | 31,588 | 0,17 |
| Calcare marnoso grigio | SN06 | CL4 | 52,35 - 53,00 | 25,70 | - | - | 40,64 | - | - | - | - | - | - | - | 41,300 | 0,13 |
| Calcare marnoso grigio | SN06 | CL5 | 57,00 - 57,50 | 25,90 | - | - | | 51,21 | - | - | - | - | - | - | 23,162 | 0,47 |
| Arenaria grigia | SN06 | CL6 | 65,00 - 65,80 | 25,60 | - | - | - | - | 51,63 | - | - | - | - | - | 39,546 | 0,35 |
| Arenaria grigia | SN06 | CL7 | 68,00 - 68,35 | 25,60 | - | - | - | - | - | 59,91 | - | - | - | - | 44,823 | 0,39 |
| Calcare marnoso grigio | SN06 | CL8 | 71,30 - 72,00 | 26,10 | - | - | - | - | - | - | 63,06 | - | - | - | 23,749 | 0,31 |
| Calcare marnoso grigio | SN06 | CL10 | 97,35 - 98,00 | 25,50 | - | 51,54 | - | - | - | - | - | - | - | - | 25,514 | 0,13 |
| Calcare marnoso grigio | SN06 | CL11 | 110,15 - 110,65 | 25,70 | - | - | 12,33 | - | - | - | - | - | - | - | 4,911 | - |
| Calcare marnoso grigio | SN06 | CL12 | 129,10 - 129,65 | 25,10 | - | - | - | - | 15,80 | - | - | - | - | - | 7,233 | - |
| Calcare marnoso grigio | SN06 | CL13 | 138,00 - 138,80 | 25,90 | - | - | - | - | - | 38,55 | - | - | - | - | 45,785 | 0,19 |
| Calcare marnoso grigio | SN06 | CL14 | 151,00 - 151,70 | 25,80 | - | - | - | - | - | - | 53,33 | - | - | - | 21,899 | 0,26 |
| Calcare marnoso grigio | SN06 | CL16 | 178,00 - 179,00 | 25,60 | - | - | - | - | - | - | - | 73,30 | - | - | 16,533 | 0,33 |
| Calcare marnoso grigio | SN06 | CL18 | 187,35 - 187,75 | 25,50 | - | - | - | - | - | - | - | 67,23 | - | - | 16,272 | - |
| Calcare marnoso grigio | SN06 | CL19 | 191,00 - 191,50 | 25,60 | - | - | - | - | - | - | - | - | 89,54 | - | 25,602 | 0,37 |
| Calcare marnoso grigio | SN06 | CL20 | 198,00 - 198,45 | 25,80 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 45,14 | 37,801 | - |

**TABELLA 4-23 – CAMPAGNA DI INDAGINI 2023: RISULTATI PROVE DI RESISTENZA A COMPRESSIONE TRIASSIALE**

| litotipo [-] | sondaggio [-] | campione [-] | profondità [m] | | peso di volume $\gamma_N$ [kN/m$^3$] | resistenza a trazione indiretta (prova brasiliana) $\sigma_t$ media [MPa] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Arenaria grigia | SN01 | CL4 | 48,30 | 48,60 | 25,40 | 1,73 |
| Calcare marnoso grigio | SN05 | CL2 | 32,40 | 33,00 | - | 3,06 |
| Calcare marnoso grigio | SN06 | CL17 | 180,25 | 181,00 | - | 4,42 |

**TABELLA 4-24 – CAMPAGNA DI INDAGINI 2023: RISULTATI PROVE DI RESISTENZA A TRAZIONE INDIRETTA (PROVE BRASILIANE)**

Infine, nella **Tabella 4-25** sono mostrati i risultati delle prove di resistenza a carico puntuale (point load strength test. Tali prove hanno consentito di determinare la resistenza a compressione monoassiale $\sigma_{ci}$ a mezzo della relazione:

$$\sigma_{ci} = Is_{(50)} * 24$$

con $Is_{(50)}$ = indice di resistenza al point-load corretto in funzione della forma e delle dimensioni del campione.

| litotipo [-] | sondaggio [-] | campione [-] | profondità [m] | Point Load Strength Test | | Point Load Strength Test | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | parallelo $Is_{(50)}$ [MPa] | normale $Is_{(50)}$ [MPa] | parallelo $\sigma_{ci}$ [MPa] | normale $\sigma_{ci}$ [MPa] |
| Marna calcarea grigia | SN02 | CL1 | 18,00 - 18,50 | - | 0,80 | - | 19,2 |
| Marna calcarea e calcare marnoso grigio | SN04 | CL1 | 22,20 - 22,80 | 0,15 | 1,56 | 3,7 | 37,4 |
| Marna calcarea grigia | SN04 | CL2 | 23,60 - 24,00 | - | 0,82 | - | 19,7 |
| Calcare marnoso grigio | SN05 | CL4bis | 24,30 - 34,80 | - | 1,56 | - | 37,4 |
| Calcare marnoso grigio | SN05 | CL5bis | 44,00 - 44,90 | - | 1,20 | - | 28,8 |

**TABELLA 4-25 – CAMPAGNA DI INDAGINI 2023: RISULTATI PROVE DI RESISTENZA A CARICO PUNTUALE (POINT LOAD STRENGTH TEST)**

.

# 5 GALLERIE NATURALI: ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE ED IDROGEOLOGICO

Di seguito si descrive il quadro geologico-strutturale ed idrogeologico definito per ognuna delle gallerie in progetto sulla base dei risultati delle indagini e dei rilievi eseguiti, integrati a mezzo delle informazioni pregresse disponibili. In ogni caso, per una descrizione più dettagliata dell'assetto geologico ed idrogeologico delle gallerie si rimanda all'elaborato di progetto **T00GE01GEORE01** – "Relazione geologica"**.**

## 5.1 Galleria Monte Calvario (L=467.00 m)

A partire dall'imbocco ovest (progr. km 0+088), dopo la coltre eluvio-colluviale e l'orizzonte di alterazione del substrato, che saranno attraversati col tratto di scavo in artificiale, esteso per 77 m (fino alla progr. km 0+165), lo scavo della galleria naturale Monte Calvario, di lunghezza complessiva (comprensiva dei tratti in artificiale) pari a 467 m, sarà impostato nelle sequenze prevalentemente siltitico-marnose dell'unità FS2. In questo tratto la giacitura dei piani di stratificazione mostra immersioni verso i quadranti orientali con inclinazioni variabili tra 40° e 45°. Le indagini sismiche a rifrazione eseguite in questo tratto evidenziano velocità delle onde sismiche longitudinali comprese tra 2300 e 2600 m/s all'interno del substrato, che si riducono a valori compresi tra 1200÷1400 e 2300÷2600 m/s all'interno dell'orizzonte di alterazione ed a valori inferiori a 1200÷1400 m/s nella coltre eluvio colluviale, che nel complesso mostrano spessori di circa 10÷15 m in corrispondenza dell'imbocco ovest e di circa 10 m in corrispondenza dell'imbocco est ( cfr. linee sismiche a rifrazione B1, B2, B20 e B21). In corrispondenza dell'imbocco ovest sono inoltre presenti depositi alluvionali antichi, che ricoprono con spessori di circa 6 m l'orizzonte di alterazione del substrato, mentre in corrispondenza dell'imbocco est sono presenti terreni di riporto con spessori massimi di circa 8÷10 m.

In prossimità dell'imbocco est, alla progressiva km. 0+563 circa, un piano di faglia subverticale pone a contato le sequenze siltitico-marnose dell'unità FS2 con le più competenti sequenze calcareo-pelitiche dell'unità FS1.

Dal punto di vista idrogeologico le indagini eseguite evidenziano la presenza di una circolazione di versante contenuta all'interno dell'orizzonte di alterazione del substrato e della coltre eluvio-colluviale, mentre all'interno delle sequenze siltitico-marnose dell'unità FS2 non sono prevedibili significativi apporti idrici in galleria.

Le altezze piezometriche rilevate nei piezometri ubicati in corrispondenza del tracciato sono riportate nella seguente tabella:

| ***Sondaggio*** | ***Profondità [m]*** | ***Piezometro [m]*** | ***tratto filtrante [m]*** | ***profondità del livello piezometrico [m]*** |
|---|---|---|---|---|
| S3 | 25 | *25* | *1-25* | *6.70* |
| S19 | 25 | *25* | *1-25* | *7.20* |
| SN01 | 50 | *50* | *29-50* | *14.25* |

## 5.2 Galleria Costa Murata (L=665.00 m)

Il tratto in artificiale di lunghezza pari a 270 m, esteso tra le progr. Km 0+430 e km 0+700, previsto all'imbocco ovest della galleria Costa Murata, di lunghezza complessiva comprensiva dei tratti in artificiale pari a 665 m, coinvolgerà le sequenze calcareo-pelitiche dell'unità FS1, ricoperte da depositi alteritici e depositi eluvio-colluviali mostranti nel complesso spessori massimi di circa 8÷10 m in progressiva riduzione verso la zona di imbocco del tratto in naturale, dove presentano uno spessore di circa 2÷3 m. Le indagini sismiche eseguite nella zona di imbocco evidenziano velocità delle onde sismiche longitudinali comprese tra 2300 e 2600 m/s all'interno del substrato lapideo, che si riducono a valori compresi tra 1200÷1400 e 2300÷2600 m/s all'interno dell'orizzonte di alterazione ed a valori inferiori a 1200÷1400 m/s nella coltre eluvio colluviale ( cfr. linee sismiche a rifrazione B22 e B23).

A partire dall'imbocco ovest (progr. Km 0+725) lo scavo in naturale interesserà per circa 65 m le sequenze arenaceo-pelitiche dell'unità FS1, che in questo tratto mostrano piani di strato con immersione verso i quadranti nord-orientali ed inclinazioni mediamente pari a circa 20°. In questa zona l'ammasso roccioso risulta mediamente fratturato, con valori di RQD mediamente compresi tra 40 e 60 (cfr. sondaggio S24 e rilievo geomeccanico RG2), mentre il rapporto stratimetrico tra le litologie calcare e quelle pelitiche è mediamente prossimo all'unità.

A partire dalla progr. Km 0+790 circa, in corrispondenza di una scarpata di faglia, lo scavo abbandonerà i termini del substrato per interessare terreni di natura argillosa sovraconsolidati (Argille di Ortovero) con intercalazioni di livelli granulari, specie alla base della sequenza deposizionale, costituenti il prodotto di riempimento di una profonda paleovalle messiniana, che saranno incontrati per circa 290 m fino all'imbocco est ubicato alla progr. Km 1+080, con altezze massime di ricoprimento di circa 65 m.

Per quanto attiene al quadro idrogeologico lo scavo delle sequenze argillose plioceniche avverrà con altezze piezometriche massime di circa 17 m al di sopra della calotta, con conseguenti carichi idrici di circa 170 kPa. In tale contesto, anche se in generale l'ammasso presenta una ridotta permeabilità, la presenza di orizzonti granulari saturi potrà dar luogo all'intercettazione di falde in pressione con improvvisi apporti idrici in galleria.

Nel tratto iniziale scavato all'interno delle sequenze calcareo-pelitiche di substrato la massima altezza piezometrica sarà pari a circa 5 m al di sopra della calotta con conseguenti carichi idrici di circa 50 kPa; conseguentemente in tale tratto non si prevedono significativi apporti idrici in fase di scavo.

Le altezze piezometriche rilevate nei piezometri ubicati in corrispondenza del tracciato sono riportate nella seguente tabella:

| ***Sondaggio*** | ***Profondità [m]*** | ***Piezometro [m]*** | ***tratto filtrante [m]*** | ***profondità del livello piezometrico [m]*** |
|---|---|---|---|---|
| S4 | 25 | *25* | *1-25* | *11.00* |
| S23 | 25 | *25* | *1-25* | *14.36* |
| S24 | 35 | *35* | *20-35* | *4.80* |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| S25 | 70 | *70* | *55-70* | *39.21* |

## 5.3 Galleria Meriello (L=612.50 m)

A partire dall'imbocco ovest (progr. Km 0+090) la Galleria Meriello, di lunghezza complessiva comprensiva dei tratti in artificiale pari a 612.5 m, attraverserà con un tratto in artificiale di lunghezza pari a 70 m i termini argillosi appartenenti alle Argille di Ortovero, che approssimandosi all'imbocco del tratto in naturale (progr. Km 0+160) si riducono progressivamente di spessore sovrapponendosi all'orizzonte di alterazione del substrato lapideo. Le indagini sismiche eseguite nella zona di imbocco mostrano elevati spessori dei depositi alteritici individuando il substrato lapideo a profondità mediamente comprese tra 15 e 25 m (cfr. linee sismiche a rifrazione B5a, B5b e B6), riscontrate anche nella perforazione di sondaggio S5 che incontra il substrato lapideo alla profondità di circa 17 m. In tale settore il substrato lapideo mostra velocità di propagazione delle onde di compressione superiori a 2600 m/s.

Lo scavo del tratto in naturale, di lunghezza complessiva pari a 510 m, incontrerà per circa 85 m a partire dall'imbocco ovest condizioni di fronte misto, con i depositi alteritici al di sopra delle sequenze calcareo-pelitiche di substrato (unità FS1), che costituiranno l'intera sezione di scavo a partire dalla progr. Km 0+250 circa e fino alla progr. 0+620 circa dove compariranno nuovamente depositi alteritici in calotta in progressivo ispessimento verso l'imbocco est (p.k.0+670), dove insieme ai sovrastanti depositi eluvio-colluviali raggiungeranno uno spessore di circa 14 m.

In questo settore i piani di strato presentano immersione verso i quadranti sud-orientali con inclinazioni mediamente comprese tra 40° e 45°. L'ammasso roccioso risulta mediamente fratturato, con valori di RQD mediamente compresi tra 50 e 60 (cfr. Sondaggi S5, S6 e S7 e rilievo geomeccanico RG3), mentre il rapporto stratimetrico tra le litologie calcare e quelle pelitiche risulta generalmente compreso tra 1.2 e 2. In corrispondenza della progr. Km 0+640 circa le sequenze calcareo-pelitiche dell'unità FS1 passano con limite stratigrafico transizionale alle sovrastanti sequenze siltitico-marnose dell'unità FS2, che costituisce il substrato lapideo nella zona dell'imbocco est e del relativo tratto in artificiale, esteso per una lunghezza di circa 32.5 m; in tale settore le indagini sismiche eseguite evidenziano uno spessore complessivo dell'orizzonte di alterazione e dei sovrastanti depositi eluvio-colluviali compreso tra 10 e 14 m (cfr. linee sismiche a rifrazione B7 e B8) e forniscono velocità di propagazione delle onde di compressione superiori a 2600 m/s all'interno del substrato lapideo

In merito al contesto idrogeologico di scavo, le indagini eseguite mostrano che nel tratto iniziale, fino alla progr. Km 0+230 circa, la piezometrica si mantiene al di sotto dello scavo di platea, per poi innalzarsi progressivamente fino a raggiungere la calotta in corrispondenza della progr. Km 0+320 circa. La massima altezza piezometrica sopra lo scavo di calotta risulta pari a 13 m, che danno luogo ad un carico idrico di circa 130 kPa. Di conseguenza, considerata anche la permeabilità d'ammasso, sono prevedibili moderati apporti idrici in fase di scavo in corrispondenza dei tratti a più elevata fratturazione.

Le altezze piezometriche rilevate nei piezometri ubicati in corrispondenza del tracciato sono riportate nella seguente tabella:

| *Sondaggio* | *Profondità [m]* | *Piezometro [m]* | *tratto filtrante [m]* | *profondità del livello piezometrico [m]* |
|---|---|---|---|---|
| S5 | 30 | *30* | *3-30* | *22.25* |
| S6 | 70 | *70* | *55-70* | *38.30* |
| S7 | 25 | *50* | *1-25* | *6.00* |
| SN05 | 50 | *50* | *29-50* | *27.57* |

## 5.4 Galleria Monte Bardellini (L=1934.00 m)

L'imbocco ovest della Galleria Monte Bardellini, di lunghezza complessiva comprensiva dei tratti in artificiale pari a 1934 m, è ubicato in un settore caratterizzato dalla presenza di una zona di accumulo di materiali di riporto derivanti dagli scavi delle esistenti gallerie autostradali che raggiungono uno spessore massimo di circa 12 m in corrispondenza del sondaggio S8. I terreni di riporto ricoprono un livello di depositi eluvio-colluviali, di spessore mediamente compreso tra 2 e 4 m, seguito in profondità da un potente livello di alteriti che mostrano spessori estremamente variabili, mediamente compresi tra 5 e 15 m. Le indagini sismiche a rifrazione eseguite nella zona di imbocco e nel primo tratto della galleria (cfr. linee sismiche B9a, B9b, B9c, B10 e B32) evidenziano un limite tra le alteriti ed il substrato lapideo sottostante ad andamento fortemente irregolare, con sacche di maggiore spessore alternate a zone di minore profondità. In questo settore le indagini sismiche mostrano valori di velocità delle onde longitudinali di circa 2600 m/s all'interno dei termini del substrato, senza apprezzabili distinzioni tra l'unità FS1 calcareo-pelitica e l'unità FS2 siltitico-marnosa che sono in contatto stratigrafico transizionale in corrispondenza del sondaggio S9, con limite immergente verso i settori sudorientali con inclinazione di circa 45°.

In tale contesto il tratto in artificiale di imbocco ovest, della lunghezza di 14 m, compreso tra le progr. Km 0+076 e 0+090, verrà scavato interamente all'interno dei terreni di riporto, della coltre eluvio-colluviale e delle alteriti. Analoga situazione si registrerà sino alla progr. Km 0+110, dove inizierà ad essere intercettato alla base dei piedritti il substrato lapideo costituito dalle sequenze siltitico-marnose dell'unità FS2, che a partire dalla progr. Km 0+145 costituirà l'intera sezione di scavo.

Tra le progr. Km 0+240 e km 0+270 verrà intercettato il limite tra l'unità FS2 e la sottostante unità FS1, costituita da sequenze torbiditiche calcareo-marnose e arenaceo-pelitiche che costituiranno l'intero fronte di scavo fino alla progr. Km 1+940.

In tale tratto l'ammasso roccioso, attraversato dalle perforazioni di sondaggio S9, SN06 e S26 e oggetto del rilievo geomeccanico di dettaglio RG4, risulta mediamente poco fratturato, con valori di RQD generalmente compresi tra 70 e 80, mentre il rapporto tra le litologie competenti (calcari, calcari marnosi e calcareniti) e le litologie deboli (siltiti, siltiti marnose e marne) risulta mediamente pari a 2.

Dal punto di vista strutturale le giaciture dei piani di strato evidenziano una struttura a pieghe ad ampio raggio. In particolare nel tratto iniziale i piani di strato immergono verso i quadranti sudorientali con inclinazioni mediamente pari a 45° per passare poi, per mezzo di un motivo anticlinalico il cui asse verrà intercettato alla progr. Km 0+550 circa, ad immersioni verso i quadranti nordorientali con inclinazioni di circa 30° e quindi nuovamente verso i quadranti sudorientali con inclinazioni medie di circa 40° a causa di una piega sinclinalica il cui asse verrà intercettato alla progr. Km 0+790 circa. In tale tratto, tra le progr. Km 0+330 e km 0+340 circa, si prevede l'intercettazione di una zona di faglia avente giacitura subverticale e direzione NE-SW. Altre due zone di faglia saranno incontrate tra le progr. Km 0+825 e km 0+835 circa  e tra le progr km 0+930 e km 0+940 circa; il primo dei due lineamenti intercettati mostra giacitura subverticale e direzione NE-SW, mentre il secondo ha analoga direzione ma mostra immersione verso i quadranti sudorientali con inclinazioni di circa 70°. Il tratto compreso tra le due faglie è caratterizzato da immersioni dei piani di strato verso i quadranti sudoccidentali con inclinazioni mediamente pari a 45°. Nel successivo tratto, fino ad una nuova zona di faglia avente direzione NW-SE ed inclinazione subverticale che verrà intercettata tra le progr. Km 1+650 e km 1+660 circa, l'ammasso presenta immersione dei piani di strato verso i quadranti meridionali e sudorientali con inclinazioni mediamente pari a 35°.

Nel tratto finale della galleria naturale l'ammasso roccioso mostra dapprima immersioni dei piani di strato verso i quadranti sudorientali con inclinazioni mediamente pari a 35° e quindi, a causa di una piega sinclinalica il cui asse verrà intercettato alla progr. Km 1+950 circa, verso i quadranti sudoccidentali con inclinazioni mediamente pari a 45°.

A partire dalla progr. Km 1+940 si incontreranno condizioni di fronte misto, con la comparsa in calotta di depositi alteritici in progressivo ispessimento verso est. In corrispondenza della sezione di imbocco est dello scavo in naturale (progr. Km 1+985) il fronte di scavo interesserà, per circa 12 m a partire dalla superficie, depositi alteritici con un sottile livello di depositi eluvio-colluviali in sommità come evidenziato dalla linea sismica a rifrazione B25. Tale spessore dei terreni di copertura del substrato lapideo verrà incontrato nello scavo del tratto in artificiale esteso per 25 m.

Per quanto concerne l'assetto idrogeologico le indagini condotte hanno permesso di definire una piezometrica di progetto che presenta una altezza massima sopra la calotta di circa 150 m a cui corrisponde un carico idrico di 1500 kPa in progressiva riduzione verso le zone di imbocco. In tale contesto sono prevedibili significativi apporti idrici in fase di scavo in corrispondenza delle zone di faglia e di orizzonti maggiormente fratturati, con venute anche in pressione. A tale riguardo si segnala che nel corso della perforazione del sondaggio S26 si è verificata una vera e propria eruzione di acqua in pressione che ha costretto a proseguire la perforazione adottando dei preventer di tenuta. Il sondaggio S26 si trova all'incrocio di due sistemi di faglie e fratture orientati NW-SE e NE-SW ed è collocato nel cuneo presso l'intersezione che chiude a valle la dorsale montuosa estesa dal passo Scuppellino al M. Rosa e al M. Bardellini, con circa 200 m di dislivello tra la cresta e la quota di perforazione del sondaggio. É quindi ipotizzabile che i due sistemi di faglia costituiscano una importante soglia di permeabilità.

Le altezze piezometriche rilevate nei piezometri ubicati in corrispondenza del tracciato sono riportate nella seguente tabella:

| *Sondaggio* | *Profondità [m]* | *Piezometro [m]* | *tratto filtrante [m]* | *profondità del livello piezometrico [m]* |
|---|---|---|---|---|
| S8 | 30 | *27* | *3-27* | *19.70* |
| S9 | 40 | *40* | *25-40* | *11.80* |
| S23 | 25 | *25* | *1-25* | *14.36* |
| S26 | 110 | *110* | *95-110* | *14.50* |
| SN06 | 200 | *200* | *179-200* | *28.80* |

# 6 DETERMINAZIONE DELLE VENUTE D'ACQUA IN GALLERIA

La realizzazione di un'opera in sotterraneo ubicata al di sotto della superficie di saturazione piezometrica comporta in ogni caso ripercussioni sul sistema acquifero attraversato che si traducono in apporti idrici verso il cavo in fase di scavo ed in abbattimento della quota piezometrica all'intorno della zona di influenza della galleria. L'esatta quantificazione numerica di tali effetti non è possibile allo stato attuale delle conoscenze anche ricorrendo ad avanzati codici di calcolo ad elementi distinti in quanto gli elementi di base necessari alla previsione non possono di fatto essere noti preventivamente. Occorre infatti evidenziare che la circolazione idrica all'interno degli ammassi lapidei, a differenza dei terreni di copertura porosi a cui è applicabile un approccio darcyano, avviene lungo sistemi di frattura che isolano porzioni di ammasso che possono essere considerate praticamente impermeabili; si viene così a creare un mezzo discreto a rete per il quale l'implementazione di un modello di flusso numerico necessita della esatta ricostruzione di un modello tridimensionale del campo di discontinuità in cui assumono particolare rilevanza l'intensità di fratturazione, la connettività del reticolo fessurativo, l'apertura ed il riempimento delle fratture e la loro orientazione spaziale. È del tutto evidente che per poter fornire indicazioni realistiche un tale approccio deve essere basato su una conoscenza di estremo dettaglio del campo fessurativo, generalmente caratterizzato da un elevato grado di aleatorietà e di fatto non disponibile nella comune pratica ingegneristica.

È quindi necessario ricorrere a più o meno attendibili stime dell'entità del drenaggio indotto dalle operazioni di scavo sulla base di approcci empirici o semi-empirici.

In linea del tutto generale gli afflussi idrici in sotterraneo possono essere di tipo concentrato o distribuito. Gli afflussi concentrati, in genere poco frequenti, si verificano quando la scavo intercetta zone di faglia con brecce incoerenti e prive di materiale fine, fasce ad intensa fratturazione, giunti beanti o sistemi carsici. In tali condizioni si possono avere venute d'acqua concentrate anche importanti, la cui esatta quantificazione preventiva è di fatto molto difficile.

Gli afflussi distribuiti sono strettamente dipendenti dall'entità della fratturazione che, in caso di intercettazione di fasce ad elevata fratturazione, può determinare significativi apporti idrici al cavo. Tipicamente fasce ad elevata fratturazione si rinvengono ai margini delle faglie maggiori che in genere di per sé costituiscono soglie di permeabilità in virtù del materiale milonitico ad esse associato che ne riduce sensibilmente la permeabilità.

Al fine di stimare i prevedibili apporti idrici nel corso dello scavo delle opere sotterranee in progetto si è fatto ricorso al metodo empirico proposto da Heuer (1995), a partire dalla soluzione di Goodman (1965):

$$q_s = F_s \cdot k \cdot H$$

dove: $q_s$ = portata al fronte in condizioni stazionarie

$F_s$ = fattore di influenza

k = permeabilità equivalente

H = carico idraulico

Il metodo adottato si basa sull'utilizzo di un abaco (cfr. ***Figura 6-1*** ) che fornisce una correlazione grafica tra la portata drenata in condizioni stazionarie $q_s$, espressa in termini normalizzati rispetto al carico piezometrico $q_s/H$, e la

permeabilità equivalente del mezzo, fornendo così un'alternativa alla determinazione analitica del fattore di influenza $F_s$.

La portata iniziale al fronte di scavo può essere poi valutata con la seguente espressione:

$$q_h = F_h \cdot q_s$$

dove: $q_h$ = portata iniziale al fronte

$q_s$ = portata al fronte in condizioni stazionarie

$F_h$ = fattore di flusso al fronte (variabile da 1 a 5 in funzione della permeabilità)

La riduzione della portata dai valori iniziali ai valori a regime è conseguenza di diverse cause, tra cui in particolare:

- il flusso al fronte è tridimensionale provenendo sia dal fronte in avanzamento che dalle pareti dello scavo;
- in prossimità del fronte si hanno pressioni e carichi idrostatici maggiori con più elevati gradienti idraulici;
- fenomeni di rapido svuotamento di zone e sacche sature ma di limitata estensione.

Il tempo necessario alla riduzione delle portate dai valori iniziali ai valori a regime stazionario non è di fatto determinabile se non in condizioni particolarmente semplici.

Per la determinazione delle portate drenate ciascuna galleria è stata suddivisa in tratte omogenee della lunghezza di 10 m a cui sono stati attribuiti corrispondenti valori di altezza di ricoprimento, carico idraulico e permeabilità d'ammasso; le portate ottenute sono state rappresentate in forma grafica in funzione della progressiva, sia come portata per singola tratta di calcolo che come portata cumulata all'imbocco.

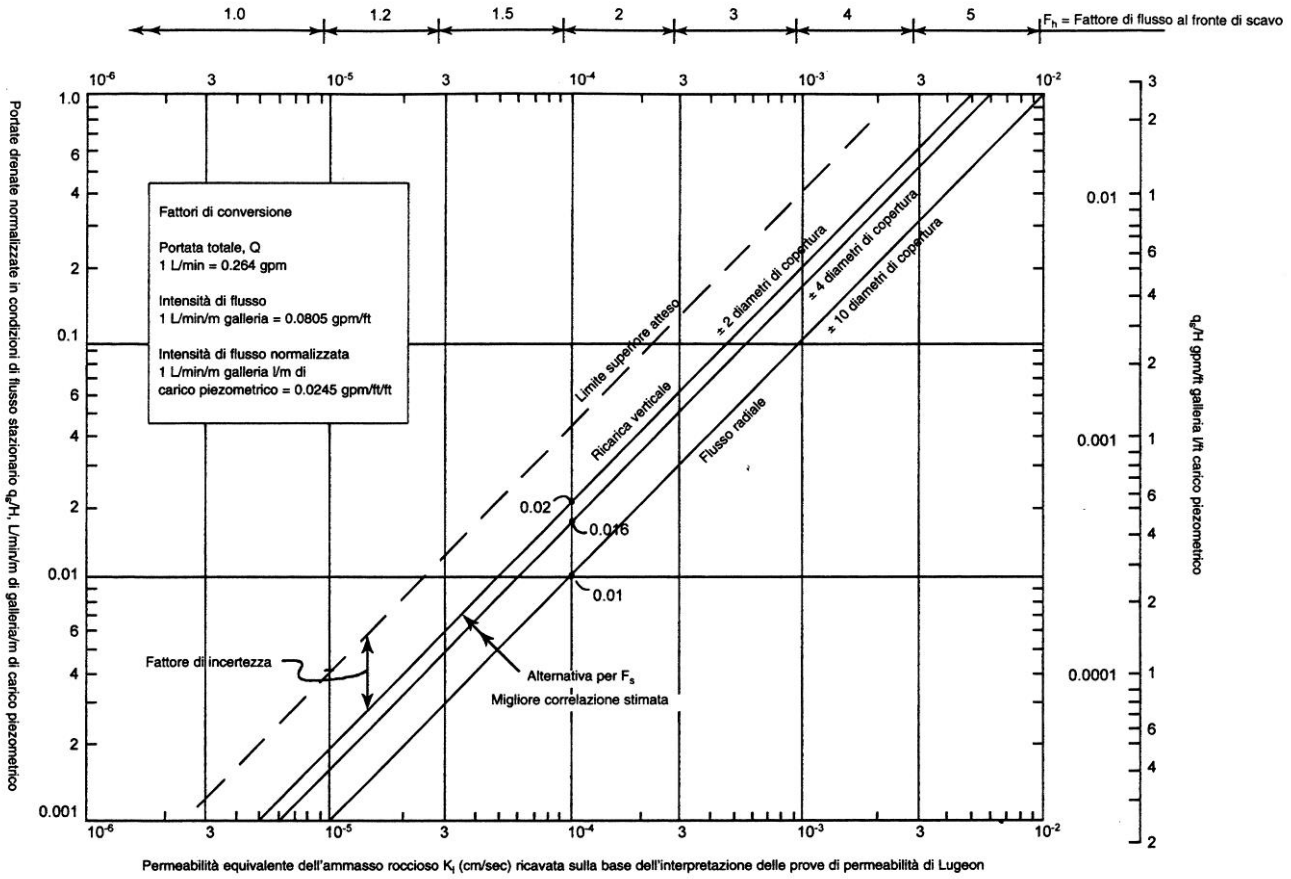



**FIGURA 6-1 – *ABACO PER LA DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DRENATE***

I valori di permeabilità adottati, che condizionano sostanzialmente il risultato finale, sono stati ottenuti a mezzo delle prove di permeabilità condotte in sito i cui risultati sono di seguito sintetizzati (cfr. Tabella 6-1):

| *sondaggio n°* | *profondità [m]* | *K [m/s]* | *Unità* |
|---|---|---|---|
| S5 | 4.5÷5.0 | 3.21E-06 | Alt |
| S8 | 18.5÷20.0 | 7.36E-08 | Alt |
| S2 | 27.50÷29.0 | 9,38E-08 | FS2 |
| S5 | 23.0÷25.0 | 1,02E-06 | FS1-Fratturato |
| S21 | 24.0÷25.0 | 1,13E-07 | FS2 |
| S22 | 9.0÷12.0 | 4,83E-08 | FS1 |
| S24 | 20.0÷22.0 | 3,06E-06 | FS1-Fratturato |
| S28 | 27.0÷30.0 | 1,65E-08 | FS1 |
| SN01 | 36.0-39.0 | 1,78E-08 | FS2 |
| SN05 | 33.0-36.0 | 3,14E-08 | FS1 |
| SN06 | 185.0-188.0 | 8,98E-08 | FS1 |

**TABELLA 6-1**

Sulla base dei dati sperimentali sono stati quindi definiti i seguenti valori di riferimento per le diverse unità intercettate dagli scavi in sotterraneo:

*Unità FS1*: coefficiente di permeabilità medio $1.0 \cdot 10^{-7}$ m/s

*Unità FS2*: coefficiente di permeabilità medio $1.0 \cdot 10^{-7}$ m/s

*Zone di Faglia*: coefficiente di permeabilità medio $5.0 \cdot 10^{-6}$ m/s

*Alteriti*: coefficiente di permeabilità medio $1.0 \cdot 10^{-6}$ m/s

Per le unita plioceniche si è fatto riferimento alla campagna di indagini RFI assumendo i seguenti valori di riferimento:

coefficiente di permeabilità medio $2.0 \cdot 10^{-6}$ m/s

Sulla base dei valori medi di permeabilità delle diverse unità intercettate dagli scavi in sotterraneo e delle formulazioni più sopra riportate, con applicazione di un fattore di incertezza pari a 2, si sono determinate le portate mostrate nelle seguenti figure (dalla ***Figura 6-2*** alla ***Figura 6-5***).

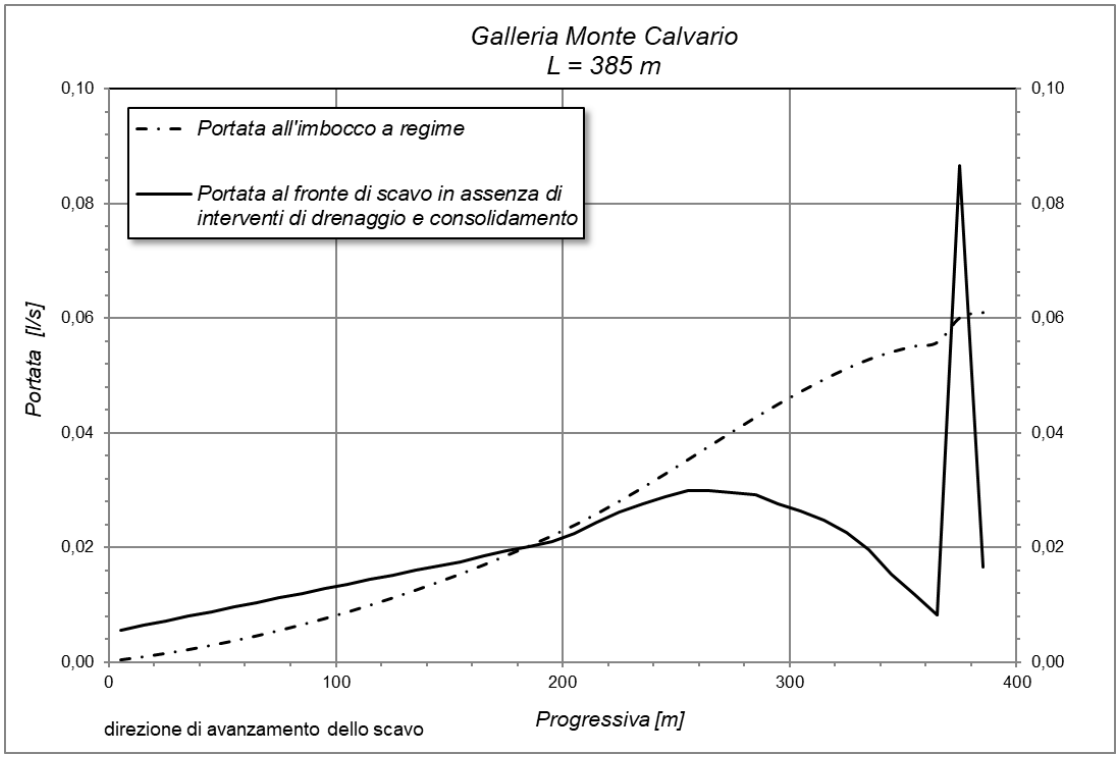



***Figura 6-2 –*** *Galleria Monte Calvario: portate drenate*

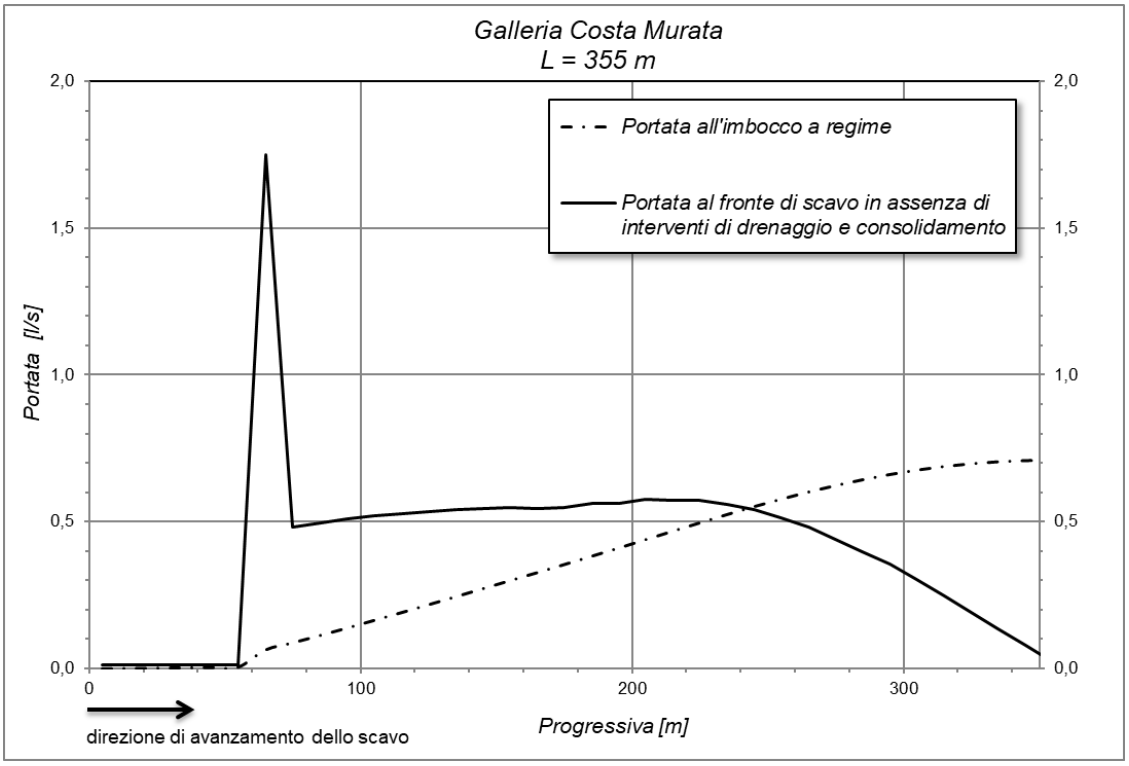



***Figura 6-3 –*** *Galleria Costa Murata: portate drenate*

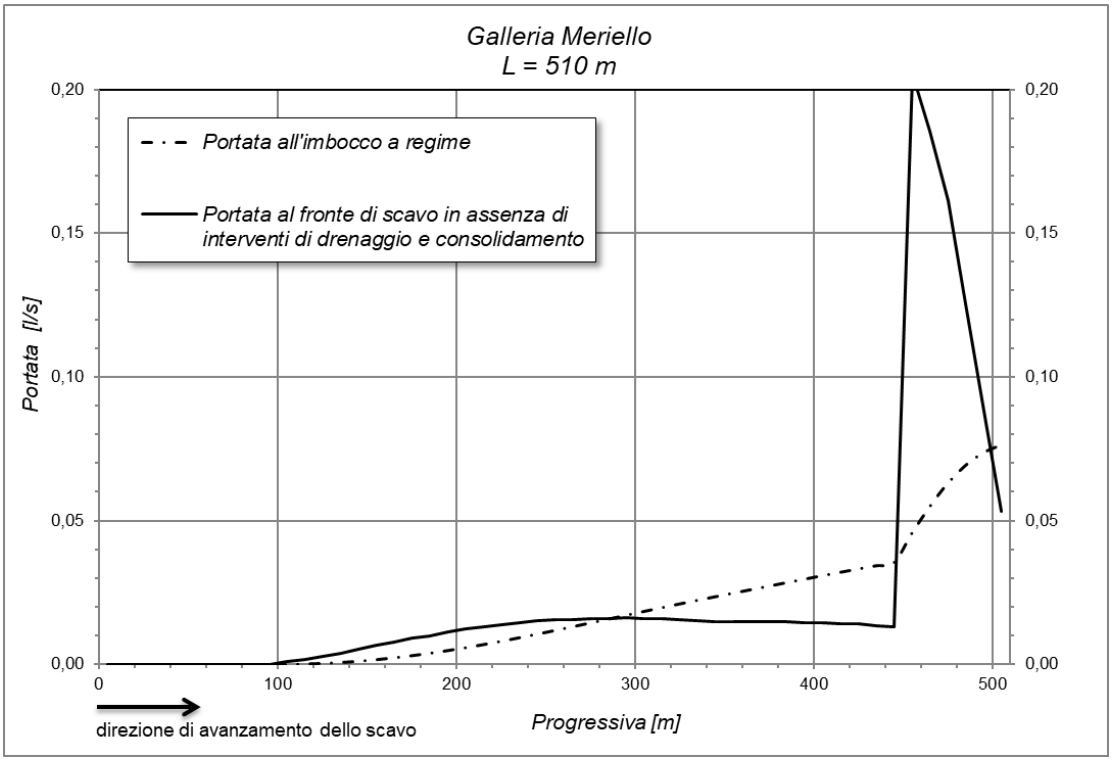



***Figura 6-4** – Galleria Meriello: portate drenate*

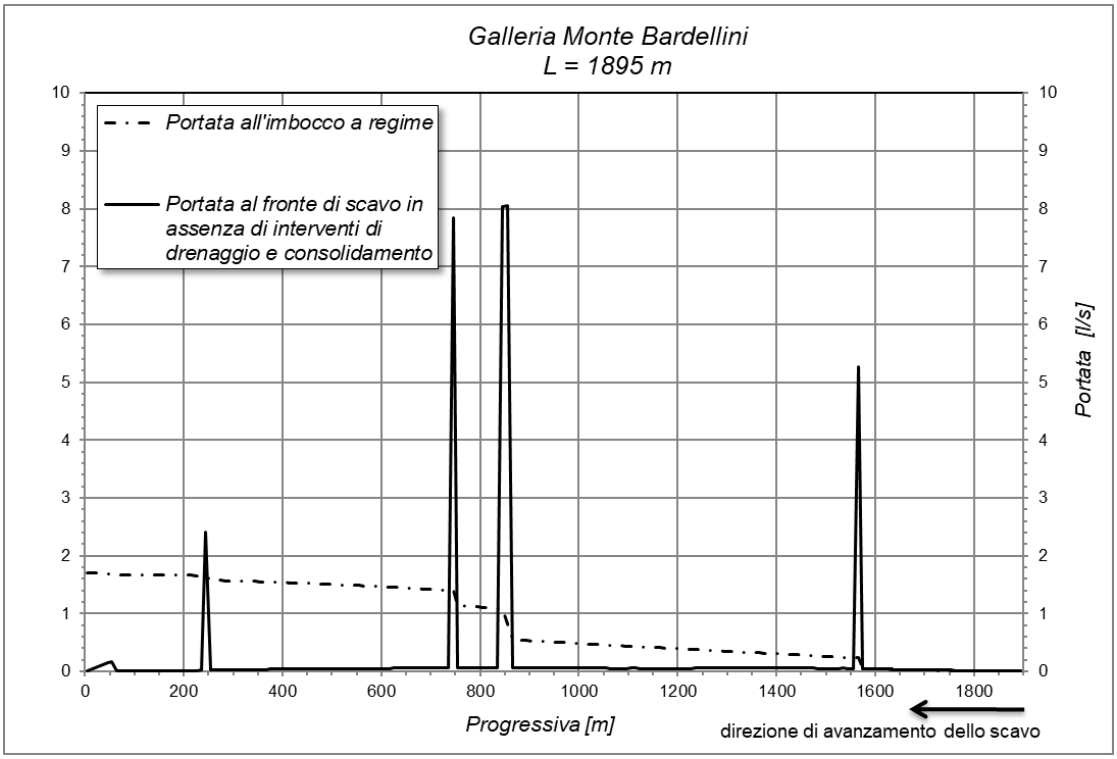



***Figura 6-5** – Galleria Monte Bardellini: portate drenate*

I risultati ottenuti evidenziano che all'interno delle formazioni di substrato, a fronte di generali condizioni di stillicidio, in corrispondenza delle zone di clastesi connesse ai principali disturbi tettonici, in assenza di interventi consolidamento e drenaggio, si potranno avere apporti più consistenti con portate al fronte fino a circa 8 l/s, previste in particolare per la galleria Monte Bardellini. Occorre sottolineare che tali valori sono del tutto teorici e che in realtà le portate al fronte saranno sensibilmente inferiori in virtù degli interventi di consolidamento previsti, in grado di ridurre sensibilmente la permeabilità al contorno del cavo, e dei drenaggi lanciati in avanzamento al fronte, in grado di determinare una ridistribuzione degli afflussi concentrati su tratte di maggiore estensione con conseguente riduzione dei valori di portata unitaria.

Le portate all'imbocco sono state determinate in condizioni di flusso stazionario considerando la riduzione della permeabilità al contorno del cavo connessa alla messa in opera del rivestimento di prima fase. Tale effetto è stato cautelativamente modellato apportando una riduzione di un ordine di grandezza ai valori di permeabilità d'ammasso, al fine di poter considerare locali fenomeni di fessurazione del rivestimento di prima fase, di per sé caratterizzato da permeabilità molto basse (generalmente comprese tra $10^{-10}$ e $10^{-12}$ m/s).

Sulla base di tali assunzioni le portate totali a regime, nei casi più significativi, raggiungono valori massimi pari a 1.70 l/s per la Galleria Monte Bardellini. Occorre tuttavia considerare che le portate realmente drenate a regime potranno essere in realtà sensibilmente inferiori, in conseguenza dell'effetto degli interventi di consolidamento (con conseguente riduzione della permeabilità al contorno del cavo) messi in atto nelle zone di faglia, ove sono concentrati i maggiori apporti idrici.

# 7 CRITERI DI CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA

Di seguito sono descritti i criteri di caratterizzazione geomeccanica degli ammassi rocciosi delle unità lapidee (*Flysch di Sanremo*, nelle due litofacies, *arenaceo-calcareo-pelitica, FS1* e *siltitico-marnosa, FS2*) mentre, per quanto riguarda i criteri di caratterizzazione geotecnica delle unità di copertura (*terreni di riporto, depositi alluvionali recenti ed antichi, depositi eluvio-colluviali),* dell'unità di alterazione del substrato *(alteriti)* e delle unità plioceniche (*Argille di Ortovero, AO*), si rimanda all'elaborato **T00GE03GETRE01** – "Relazione geotecnica generale".

## 7.1 Criteri di classificazione tecnica degli ammassi rocciosi

La classificazione geomeccanica dell'ammasso roccioso è stata condotta attraverso il Rock Mass Rating System - Geomechanics Classification di Bieniawski (1989), il Q-System di Barton (1974) ed il Geological Strength Index GSI (Hoek e Marinos, 2000, Marinos, 2007).

La classificazione dell'ammasso roccioso secondo il Rock Mass Rating di Bieniawski si basa sulla determinazione di un indice RMR, sommatoria dei pesi attribuiti alla resistenza a compressione monoassiale del materiale roccia, all' RQD (Rock Quality Designation), alla spaziatura e alle condizioni delle discontinuità, alle condizioni di umidità (cfr. **Figura 7-1** e **Figura 7-2**).

| A. CLASSIFICATION PARAMETERS AND THEIR RATINGS | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Parameter | | | Range of values | | | | | | | |
| 1 | Strength of intact rock material | Point-load strength index | >10 MPa | 4 - 10 MPa | 2 - 4 MPa | 1 - 2 MPa | For this low range - uniaxial compressive test is preferred | | |
| | | Uniaxial comp. strength | >250 MPa | 100 - 250 MPa | 50 - 100 MPa | 25 - 50 MPa | 5 - 25 MPa | 1 - 5 MPa | < 1 MPa |
| | Rating | | 15 | 12 | 7 | 4 | 2 | 1 | 0 |
| 2 | Drill core Quality *RQD* | | 90% - 100% | 75% - 90% | 50% - 75% | 25% - 50% | < 25% | | |
| | Rating | | 20 | 17 | 13 | 8 | 3 | | |
| 3 | Spacing of discontinuities | | > 2 m | 0.6 - 2 . m | 200 - 600 mm | 60 - 200 mm | < 60 mm | | |
| | Rating | | 20 | 15 | 10 | 8 | 5 | | |
| 4 | Condition of discontinuities (See E) | | Very rough surfaces Not continuous No separation Unweathered wall rock | Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Slightly weathered walls | Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Highly weathered walls | Slickensided surfaces or Gouge < 5 mm thick or Separation 1-5 mm Continuous | Soft gouge >5 mm thick or Separation > 5 mm Continuous | | |
| | Rating | | 30 | 25 | 20 | 10 | 0 | | |
| 5 | Ground water | Inflow per 10 m tunnel length (l/m) | None | < 10 | 10 - 25 | 25 - 125 | > 125 | | |
| | | (Joint water press)/ (Major principal σ) | 0 | < 0.1 | 0.1, - 0.2 | 0.2 - 0.5 | > 0.5 | | |
| | | General conditions | Completely dry | Damp | Wet | Dripping | Flowing | | |
| | Rating | | 15 | 10 | 7 | 4 | 0 | | |

***Figura 7-1**: Rock Mass Rating System (Bieniawski, 1989)*

| E. GUIDELINES FOR CLASSIFICATION OF DISCONTINUITY conditions | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Discontinuity length (persistence)<br>Rating | < 1 m<br>6 | 1 - 3 m<br>4 | 3 - 10 m<br>2 | 10 - 20 m<br>1 | > 20 m<br>0 |
| Separation (aperture)<br>Rating | None<br>6 | < 0.1 mm<br>5 | 0.1 - 1.0 mm<br>4 | 1 - 5 mm<br>1 | > 5 mm<br>0 |
| Roughness<br>Rating | Very rough<br>6 | Rough<br>5 | Slightly rough<br>3 | Smooth<br>1 | Slickensided<br>0 |
| Infilling (gouge)<br>Rating | None<br>6 | Hard filling < 5 mm<br>4 | Hard filling > 5 mm<br>2 | Soft filling < 5 mm<br>2 | Soft filling > 5 mm<br>0 |
| Weathering<br>Ratings | Unweathered<br>6 | Slightly weathered<br>5 | Moderately weathered<br>3 | Highly weathered<br>1 | Decomposed<br>0 |

***Figura 7-2**: Linee guida per la classificazione delle condizioni delle discontinuità secondo il Rock Mass Rating System (Bieniawski, 1989)*

Ai fini della definizione dei parametri geomeccanici di base di un ammasso roccioso si considera generalmente il Rock Mass Rating intrinseco (RMR'), ottenuto dalla classificazione di Bieniawski come valore di RMR non corretto per l'orientazione dei giunti e considerando condizioni di ammasso asciutto.

Nel Q-System di Barton si determina un indice di qualità Q attraverso la seguente formula:

$$Q = RQD/J_n * J_r/J_a * J_w/SRF$$

dove:

RQD : recupero in carotaggio percentuale modificato, calcolato attraverso la formula

$RQD = 114 - 8J_v + 0.14J_v^2$ (con $J_v$ = n° di fratture al metro cubo) (Priest e Hudson, 1976)

$J_n$ : fattore rappresentativo del numero di set di discontinuità presenti

$J_r$ : fattore rappresentativo della rugosità dei giunti

$J_a$ : fattore rappresentativo dell'alterazione dei giunti

$J_w$ : fattore rappresentativo delle condizioni idriche dell'ammasso roccioso

SRF : fattore rappresentativo del campo tensionale agente

Nelle tabelle di sintesi viene riportato il Rock Mass Rating intrinseco (RMR'), ottenuto dalla classificazione di Bieniawski come valore di Rock Mass Rating non corretto per l'orientazione dei giunti e considerando condizioni di ammasso asciutto; analogamente nel Q-System di Barton viene definito un indice di qualità intrinseco (Q') ponendo il fattore di riduzione per gli stress agenti SRF ed il parametro relativo alle condizioni idriche $J_w$ pari a 1, in modo da ottenere due indici direttamente confrontabili e rappresentativi dei parametri geomeccanici di base dell'ammasso roccioso.

Il Geological Strength Index (GSI) (Hoek, Kaiser e Bawden, 1995, Hoek e Marinos, 2000, Marinos, 2007), è stato introdotto per rappresentare le caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso a prescindere dalle condizioni strettamente legate al contesto di analisi (condizioni di umidità, stato tensionale, orientazione delle discontinuità nei confronti dell'opera).

Il suo valore può essere determinato in *ammassi rocciosi omogenei* attraverso l'utilizzo di tabelle comparative, inizialmente proposte da Hoek nel 1994 e successivamente modificate da Hoek e Marinos (Hoek e Marinos, 2000) in cui la valutazione dell'indice GSI è condotta sulla base del grado di fratturazione e di mutuo incastro dei singoli elementi lapidei che compongono l'ammasso e delle condizioni di rugosità ed alterazione delle superfici di discontinuità (cfr. **Figura 7-3**).

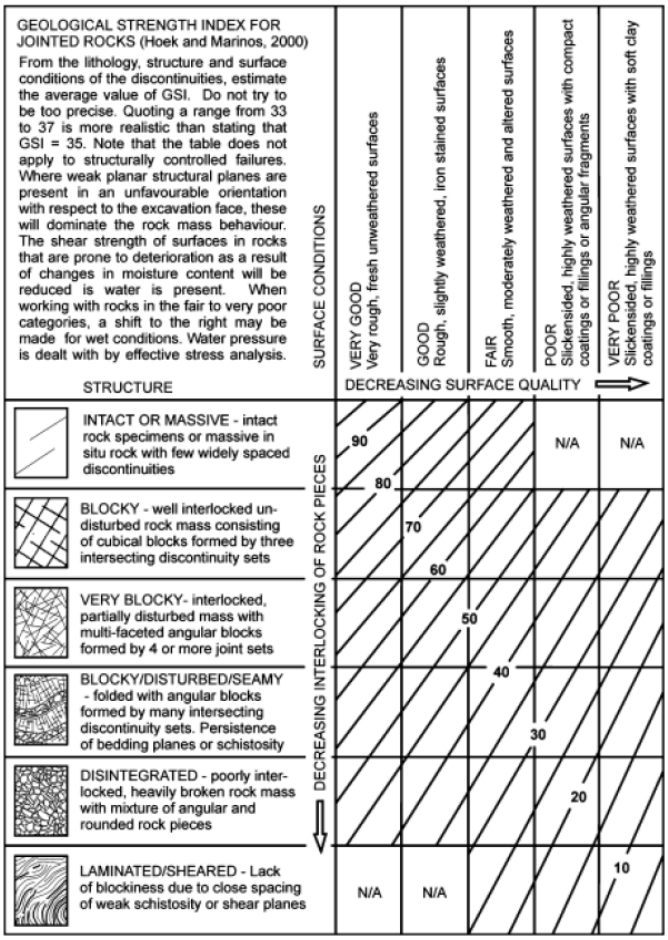



***Figura 7-3**: Tabella di riferimento per la valutazione del GSI per ammassi omogenei (P.Marinos e Hoek., 2000)*

Nel 2001 l'applicazione del sistema GSI venne estesa da Marinos e Hoek agli *ammassi rocciosi eterogenei* come i *flysch*, costituiti generalmente da alternanze di arenaria (*sandstone*) e pelite (*siltstone or clay shale*), attraverso l'impiego di una tabella di valutazione in cui si individuano 6 classi definite in funzione del rapporto percentuale tra il litotipo più competente e quello meno competente (classi A, B, C, D, E e G) a cui si aggiungono due ulteriori classi (classi F e H) nel caso in cui l'ammasso sia interessato da intensa deformazione tettonica (cfr. **Figura 7-4**).

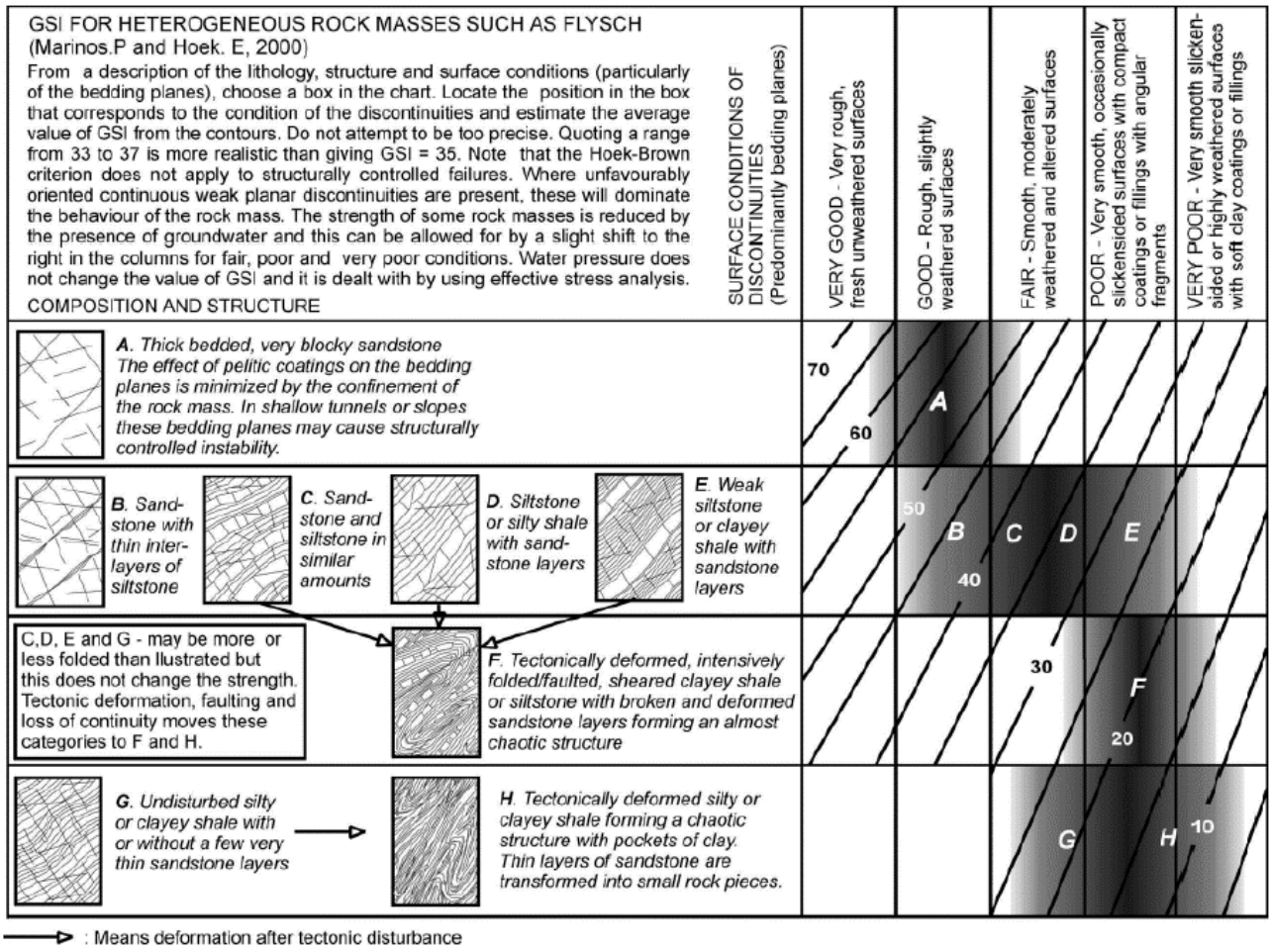



***Figura 7-4**: Tabella di riferimento per la valutazione del GSI per ammassi rocciosi eterogenei come i flysch (P.Marinos e Hoek., 2001)*

Successivamente nel 2007, sulla base delle esperienze acquisite nel corso della progettazione e del successivo scavo di 62 gallerie a doppia canna lungo la Egnatia Highway nel nord della Grecia, V.Marinos ha presentato un aggiornamento della tabella di valutazione dell'indice GSI in cui le formazioni flyschoidi sono state suddivise in 11 tipologie (Type I ÷ Type XI) in funzione del rapporto stratimetrico Arenaria/Pelite e delle condizioni di tettonizzazione.

## 7.2 Criteri di caratterizzazione geomeccanica degli ammassi rocciosi

I parametri di resistenza e deformabilità degli ammassi rocciosi sono stati determinati sulla base del Geological Strength Index (GSI) (Hoek, Kaiser e Bawden, 1995, Hoek e Marinos, 2000), introdotto per rappresentare le caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso a prescindere dalle condizioni strettamente legate al contesto di analisi (condizioni di umidità, stato tensionale, orientazione delle discontinuità nei confronti dell'opera); analiticamente esso può essere ricavato secondo diverse equazioni, tra le quali le più note sono:

$$GSI = RMR' - 5$$

$$GSI = 9 \ln Q' + 44$$

$$GSI = 10 \ln Q' + 32$$

In particolare, al fine di tener conto della maggior sensibilità del Q system per ammassi rocciosi di qualità scadente, in accordo anche alle indicazioni di Hoek, Kaiser e Bawden (1998), la seconda equazione è utilizzata per ammassi rocciosi caratterizzati da valori di Q' ≤ 0.2 o di RMR' ≤ 30, mentre per ammassi di miglior qualità (Q' > 0.2 o RMR' > 30) il valore del GSI è calcolato come media delle prime due equazioni.

In alternativa alla derivazione del GSI dal valore di RMR' o di Q', ed in particolare per ammassi rocciosi costituiti da alternanze litologiche e per ammassi molto scadenti, è preferibile stimare direttamente in sito l'intervallo del GSI rappresentativo dell'ammasso roccioso affiorante attraverso l'utilizzo delle tabelle comparative proposte da Hoek e Marinos (Hoek e Marinos, 2000), che per ammassi rocciosi caratterizzati da alternanze tra diversi litotipi individuano 6 classi in funzione del rapporto percentuale tra il litotipo più competente e quello meno competente (classi A, B, C, D, E e G) a cui si aggiungono due ulteriori classi (classi F e H) nel caso in cui l'ammasso sia interessato da intensa deformazione tettonica.

Nel presente studio l'indice GSI è stato valutato sia a mezzo di osservazioni visive in sito che a mediante le relazioni empiriche con gli indici RMR' e Q'. In merito a tale aspetto occorre considerare che la derivazione analitica del GSI dagli indici RMR' e Q', se da un lato può apparire più precisa della semplice valutazione visiva, può in realtà risultare fuorviante o addirittura priva di significato per ammassi rocciosi a debole resistenza fortemente fratturati o costituiti da alternanze tra livelli competenti e livelli a debole resistenza (weak-rocks); si deve infatti ricordare che gli indici RMR' e Q', sviluppati inizialmente per ammassi omogenei da poco a mediamente fratturati, sono fortemente dipendenti dal valore di RQD dell'ammasso roccioso che in tali contesti risulta di scarsa significatività. Per ammassi rocciosi a debole resistenza e per ammassi rocciosi eterogenei, caratterizzati da valori di GS inferiori a 30÷35, è quindi a parere degli scriventi senz'altro preferibile la stima diretta del valore di GSI sulla base di una attenta valutazione delle caratteristiche litologiche d'ammasso e delle superfici di discontinuità; per tale motivo, sebbene sulle schede di classificazione degli ammassi rocciosi siano riportati sia il valore di GSI stimato visivamente che quello calcolato analiticamente, la derivazione dei parametri di resistenza e deformabilità d'ammasso è stata condotta in questa sede a partire dal valore di GSI stimato direttamente in sito.

## 7.3 Determinazione dei parametri di resistenza e deformabilità dell'ammasso roccioso

Dagli indici di qualità dell'ammasso roccioso (*GSI)* e dai parametri di base del materiale roccia possono essere determinati i parametri di resistenza di ammasso, secondo il criterio di rottura di Hoek & Brown (Hoek et al., 1995), espresso nel piano $\sigma_1 / \sigma_3$ dalla relazione:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \cdot \left[ \left( m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} \right) + s \right]^a$$

dove:

$\sigma_1$ : sforzo principale maggiore

$\sigma_3$ : sforzo principale minore

$\sigma_{ci}$ : resistenza a compressione monoassiale del materiale roccia

$m_b$ : parametro di curvatura dell'inviluppo, dipendente dalla natura litologica e dallo stato di fratturazione dell'ammasso roccioso

$s$ : parametro di curvatura dell'inviluppo, dipendente dallo stato di fratturazione dell'ammasso roccioso

a : parametro di curvatura dell'inviluppo, dipendente dallo stato di fratturazione dell'ammasso roccioso

I valori degli indici *mb*, *s* e *a* che descrivono la resistenza dell'ammasso roccioso in condizioni di picco, sono stati ricavati secondo le espressioni seguenti (Hoek et al., 1995, 2002):

$$m_b = m_i \exp\left[\frac{GSI-100}{28-14D}\right]$$

$$s = \exp\left[\frac{GSI-100}{9-3D}\right]$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6}(e^{-GSI/15} - e^{-20/3})$$

con

mi : parametro di curvatura dell'inviluppo di rottura triassiale del materiale roccia;

D : fattore dipendente dal grado di disturbo cui è soggetto l'ammasso roccioso in relazione alla metodologia di scavo e agli sforzi tensionali presenti ($0 \le D \le 1$; valore nullo per ammasso indisturbato).

Oltre che nel piano $\sigma_1 / \sigma_3$, gli inviluppi di rottura dell'ammasso roccioso sono stati determinati anche nel piano $\sigma/\tau$ utilizzando la soluzione originariamente sviluppata da Balmer (1952) e successivamente modificata (Hoek et. al., 2002) espressa a mezzo delle seguenti equazioni:

$$\sigma_n = 0.5\,(\sigma_1 + \sigma_3) - 0.5\,(\sigma_1 - \sigma_3)\,[(\partial\sigma_1/\partial\sigma_3 - 1)/(\partial\sigma_1/\partial\sigma_3 + 1)]$$

$$\tau = (\sigma_1 - \sigma_3) * (\partial\sigma_1/\partial\sigma_3)^{0.5} / (\partial\sigma_1/\partial\sigma_3 + 1)$$

con

$$\partial\sigma_1/\partial\sigma_3 = 1 + a\, m_b\, (m_b\, \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^{a-1}$$

Considerando la non linearità degli inviluppi di rottura calcolati, essi sono stati rettificati all'interno del campo tensionale di riferimento per il problema in esame determinando i valori di angolo di resistenza al taglio e di coesione istantanei, in funzione del livello di sollecitazione agente, attraverso le seguenti equazioni (*Hoek et al., 2002*):

$$\varphi' = \sin^{-1}\left[\frac{6am_b(s + m_b\,\sigma'_{3n})^{a-1}}{2(1+a)(2+a) + 6am_b\,(s + m_b\,\sigma'_{3n})^{a-1}}\right]$$

$$c' = \frac{\sigma_{ci}[(1+2a)s + (1-a)m_b\sigma'_{3n}](s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1}}{(1+a)(2+a)\sqrt{1 + (6am_b(s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1})/\big((1+a)(2+a)\big)}}$$

dove:

$$\sigma'_{3n} = \frac{\sigma'_{3max}}{\sigma_{ci}}$$

Il valore di $\sigma'_{3max}$, rappresentativo del campo tensionale di riferimento per il problema in esame è stato determinato sulla base delle seguenti equazioni (Hoek et al., 2002):

*Gallerie:*

$$\sigma'_{3max} = 0.47\sigma_{cm}\left(\frac{\sigma_{cm}}{\gamma H}\right)^{-0.94}$$

*Pendi e scavi a cielo aperto:*

$$\sigma'_{3max} = 0.72\sigma_{cm}\left(\frac{\sigma_{cm}}{\gamma H}\right)^{-0.91}$$

in cui:

- $\gamma$: peso di volume naturale dell'ammasso roccioso
- H: spessore di ricoprimento o altezza di scavo
- $\sigma_{cm}$: resistenza globale d'ammasso definita di seguito

Oltre ai parametri dell'inviluppo di rottura sono state calcolate la resistenza a trazione $\sigma_t$, la resistenza a compressione monoassiale $\sigma_c$ e la resistenza globale $\sigma_{cm}$ sulla base delle seguenti equazioni (Hoek et al., 2002), sia in condizioni di picco che di post-picco:

$$\sigma_t = - s\, \sigma_{ci} / m_b$$

$$\sigma_c = \sigma_{ci}\, s^a$$

$$\sigma_{cm} = \sigma_{ci}\, ((m_b+4s–a(m_b–8s))(m_b/4+s)^{a-1})/2(1+a)(2+a)$$

Per quanto riguarda i due valori di resistenza a compressione sopra indicati si precisa che mentre la resistenza a compressione monoassiale $\sigma_c$ rappresenta il valore di sforzo per il quale ha inizio il processo di propagazione delle fratture nell'ammasso roccioso, la resistenza globale $\sigma_{cm}$ rappresenta la resistenza ultima il cui superamento comporta il collasso dell'ammasso roccioso (Hoek et al., 2002).

Da ultimo è stato determinato il valore del modulo di deformabilità dell'ammasso roccioso secondo la relazione proposta da Hoek e Diederichs (2006):

$$E_{rm} = E_i\, [0.02 + (1- D/2)/(1+e^{((60+15D-GSI)/11)})]$$

con:

$E_i$ : modulo di elasticità del materiale roccia;

*D* : coefficiente di disturbo

Per confronto il modulo di deformabilità è stato determinato anche in accordo alla relazione proposta da Serafim e Pereira (1983) e successivamente modificata da Hoek et al. (2002):

$$E_{rm} = (1- D/2)10^{(GSI-10)/40}$$

che per rocce aventi resistenza a compressione monoassiale inferiore a 100 MPa, viene modificata come segue:

$$E_{rm} = (1- D/2)(\sigma_{ci} /100)^{0.5}\ 10^{(GSI-10)/40}$$

Nel presente studio, sulla base di considerazioni relative ai metodi di scavo e alle caratteristiche dei materiali da scavare al fattore di disturbo D sono stati assegnati i valori di seguito riassunti:

*Tratti di scavo in naturale:*
D = 0

*Tratti di scavo in artificiale e opere all'aperto:*
Unità FS2 e zone di faglia: D = 0
Unità FS1: D = 0.7

I valori numerici della resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta $\sigma_{ci}$ sono stati determinati sulla base dei risultati delle prove di resistenza a compressione monoassiale e delle prove di compressione a carico puntiforme, mentre i valori di $m_i$, sono stati ottenuti sulla base dell'interpretazione delle prove di compressione triassiale su campioni lapidei; per l'unità FS2, in assenza di determinazioni sperimentali, i valori di $m_i$ adottati sono stati assunti sulla base di dati di letteratura.

# 8 PARAMETRI GEOMECCANICI DI PROGETTO DELLE UNITÀ DI SUBSTRATO

Di seguito vengono definiti i parametri geomeccanici di progetto degli ammassi rocciosi delle unità lapidee (*Flysch di Sanremo*, nelle due litofacies, *arenaceo-calcareo-pelitica, FS1* e *siltitico-marnosa, FS2*).

Per quanto riguarda i parametri geotecnici di progetto delle unità di copertura (*terreni di riporto, depositi alluvionali recenti ed antichi, depositi eluvio-colluviali),* dell'unità di alterazione del substrato *(alteriti)* e delle unità plioceniche (*Argille di Ortovero, AO*), si rimanda all'elaborato **T00GE03GETRE01** – "Relazione geotecnica generale".

## 8.1 Parametri di base

Per la determinazione dei parametri geomeccanici di progetto lungo lo sviluppo delle gallerie nel rispetto dei criteri generali più sopra esposti è stata dapprima condotta un'analisi dei dati di base ottenuti a mezzo della campagna di indagini geognostiche appositamente condotte, finalizzate alla determinazione dei parametri di ingresso del criterio di rottura di Hoek & Brown adottato, rappresentati dalla resistenza a compressione monoassiale $\sigma_{ci}$ e dal parametro dell'inviluppo di rottura $m_i$ relativi alla roccia intatta.

A tale scopo, per la determinazione della resistenza a compressione monoassiale $\sigma_{ci}$ di progetto, i dati di prova disponibili (prove di compressione monoassiale e prove di resistenza a carico puntiforme) sono stati suddivisi ed accorpati in due categorie litologiche principali, costituite rispettivamente dai termini più competenti (calcari, calcari marnosi, calcareniti ed arenarie) e dai termini a debole resistenza (marne, marne argillose, siltiti e siltiti marnose). Sui data-set così ottenuti, escludendo le rotture anomale lungo piani di debolezza preesistenti, è stata condotta una elaborazione statistica che ha consentito di determinare il valore medio ed il valore caratteristico inferiore. In merito alla determinazione del valore caratteristico inferiore si precisa che in accordo ai più recenti orientamenti in campo geotecnico in luogo del valore espresso dal 5° percentile dei dati campionati, che risulta in genere eccessivamente cautelativo, si è fatto ricorso al metodo previsto dalla norma EN1990 che esprime tale valore a mezzo della seguente relazione:

$$x_k = x_m (1 – V_x/2)$$

con: $x_k$ = valore caratteristico inferiore del parametro x

$x_m$ = valore medio del parametro x

$V_x$ = coefficiente di variazione del parametro x

Tale approccio consente di tenere implicitamente conto delle ridotte dimensioni geometriche del dato campionato (da pochi centimetri a qualche decimetro) in rapporto allo sviluppo delle potenziali superfici di rottura (diversi metri), ed è conforme a quanto prescritto dall'*Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica* – in base a cui il valore caratteristico deve corrispondere ad una valutazione cautelativa del valore medio assunto dal parametro considerato all'interno del volume di terreno coinvolto nella mobilizzazione dello stato limite ultimo.

Per quanto concerne invece il valore del parametro $m_i$ dell'inviluppo di rottura dell'unità FS1 è stata condotta una elaborazione dei risultati delle prove di resistenza a compressione monoassiale e triassiale e delle prove di trazione che ha consentito la determinazione di un valore medio di progetto.

I valori ottenuti sono di seguito sintetizzati:

***Unità FS1***

Resistenza a compressione monoassiale $\sigma_{ci}$: 60÷75 MPa

Parametro dell'inviluppo di rottura $m_i$: 8

***Unità FS2***

Resistenza a compressione monoassiale $\sigma_{ci}$: 6÷8 MPa

Parametro dell'inviluppo di rottura $m_i$: 7

Nella seguente ***Figura 8-1*** si riporta l'inviluppo di rottura triassiale ottenuto a mezzo del codice di calcolo Roclab sulla base dei dati di prova dell'unità FS1 con particolare riferimento alla campagna di indagine 2010.

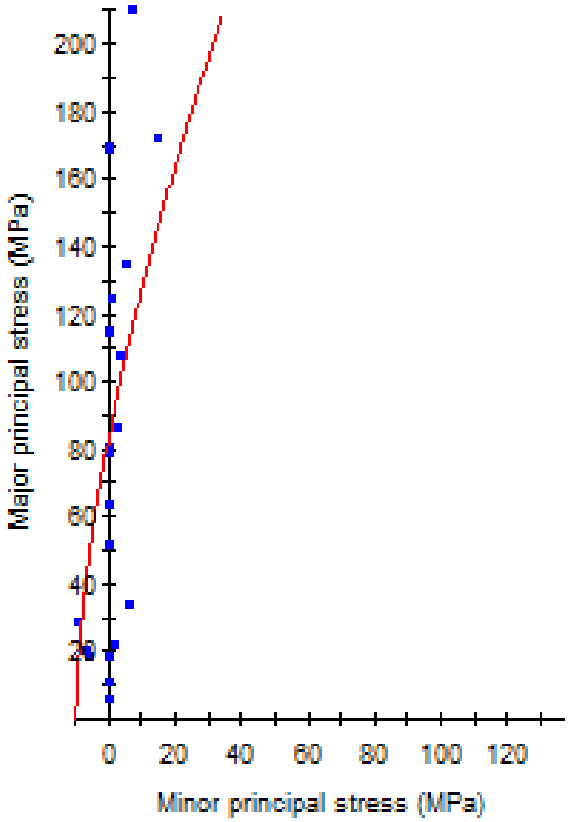



**FIGURA 8-1 – INVILUPPO DI ROTTURA DELLA ROCCIA INTATTA SECONDO IL CRITERIO DI HOEK & BROWN**

A partire dai dati geomeccanici di base più sopra sintetizzati e delle condizioni d'ammasso espresse dal valore assunto dal GSI sono successivamente stati determinati i parametri geomeccanici di progetto per ciascuna galleria in funzione degli spessori di ricoprimento a mezzo del codice di calcolo Roclab. Si precisa che per la determinazione dei parametri di deformabilità d'ammasso si sono assunti i seguenti valori del rapporto del modulo MR, utilizzato per ricavare la deformabilità del materiale intatto a partire del valore assunto dalla resistenza a compressione monoassiale:

*Unità FS1*: MR = 275

*Unità FS2*: MR = 250

Al fattore di disturbo D sulla base di considerazioni relative ai metodi di scavo e alle caratteristiche dei materiali da scavare sono stati assegnati i valori di seguito riassunti:

*Tratti di scavo in naturale:*

D = 0

*Tratti di scavo in artificiale e opere all'aperto:*

*Unità FS2* e *zone di faglia*: D = 0

*Unità FS1*: D = 0.7

Nei seguenti paragrafi si riportano i risultati delle classificazioni geomeccaniche condotte per ciascuna galleria sulla base dei dati di fratturazione e delle condizioni delle discontinuità osservate nelle carote di sondaggio e negli affioramenti oggetto di rilievo geomeccanico di dettaglio ed i parametri di resistenza e deformabilità degli ammassi rocciosi oggetto di scavo determinati in accordo al criterio di rottura curvilineo di Hoek & Brown, da cui sono stati ricavati i valori espressi in termini di coesione ed attrito riportati sui profili geomeccanici per diverse classi di spessore di ricoprimento. Per quanto concerne la caratterizzazione geomeccanica delle zone di faglia si è operato riducendo i valori di RQD, RMR' e GSI e del peso di volume naturale per tenere conto delle condizioni di elevata fratturazione lasciando inalterati i valori della resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta. In particolare, i valori assunti per la parametrizzazione delle zone di faglia presenti all'interno dell'unità FS1 sono di seguito sintetizzati:

RQD: 0 %

RMR': 20÷25

GSI: 15÷20

$\gamma_n$: 22÷23 kN/m$^3$

## 8.2 Galleria Monte Calvario

### 8.2.1. Indagini di riferimento

Sondaggi: S3 (2010), S19 (2010), SN01 (2023)  Rilievi geomeccanici: RG10 (2010), RG2 (2010)

### 8.2.2. Classificazioni – Unità FS1

***Litologia e descrizione geologica generale***

*Alternanze torbiditiche di calcari marnosi, marne calcaree e arenarie con interstrati siltitici e marnoso-argillosi*

### *Parametri caratteristici inferiori*

***Tipo di ammasso roccioso secondo la classificazione di Hoek e Marinos, 2000 e parametri di base del materiale roccia***

| tipo ammasso | alternanze | classe | C | litotipo a | litotipo b |
|---|---|---|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | | | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 60 | 6 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | | | $m_i$ [-] | 8 | 7 |
| rapporto del modulo | | | MR [-] | 275 | 250 |
| percentuale relativa | | | [%] | 50 | 50 |

***Parametri del materiale roccia assunti per la classificazione e la parametrizzazione***

| | | |
|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 33,0 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ [-] | 7,5 |
| rapporto del modulo | MR [-] | 262,5 |

***Q System (Grimstad e Barton, 1993)***

| RQD [%] | $J_r$ [-] | $J_w$ [-] |
|---|---|---|
| 40 | 1,0 | 1,0 |

| $J_n$ [-] | $J_a$ [-] | SRF [-] |
|---|---|---|
| 9,0 | 6,0 | 2,5 |

***RQD*** : Rock Quality Designation  ***$J_w$*** : Joint Water Reduction Factor

***$J_n$*** : Joint Set Number  ***SRF*** : Stress Reduction Factor

***$J_r$*** : Joint Roughness Number

***$J_a$*** : Joint Alteration Number

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| Q' [-] | classe | qualità dell'ammasso |
| 0,74 | E | molto scadente |

***Q'*** : indice di qualità intrinseco dell'ammasso roccioso ($J_w$ = 1 e SRF = 1)

***RMR System - Geomechanics Classification (Bieniawski, 1989)***

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza a compressione monoassiale $\sigma_{ci}$ | [MPa] | 33 | 4 |
| Rock Quality Designation RQD | [%] | 40 | 8 |
| N° di famiglie di discontinuità | [-] | 3 | |
| Spaziatura delle discontinuità | [cm] | 41 | 10 |
| Condizioni delle discontinuità: | | | |
| lunghezza | [m] | 20 | 0 |
| apertura | [mm] | 10 | 0 |
| rugosità: | | | |
| descrizione | [-] | lisce | |
| JRC | [-] | 4 | 1 |
| riempimento: | | | |
| tipo | [-] | duro | |
| spessore | [mm] | 10 | 2 |
| alterazione | [-] | debolmente alterate | 5 |
| Condizioni idriche | [-] | umido | 10 |

***Rock Mass Rating intrinseco*** ***RMR'*** **45**

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| RMR' [-] | classe | qualità dell'ammasso |
| 45 | III | discreta |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Geological Strength Index*** (Hoek e Marinos., 2000) | ***GSI*** | calcolato | 41 |
| | | stimato | 35 |

## Parametri medi

***Tipo di ammasso roccioso secondo la classificazione di Hoek e Marinos, 2000 e parametri di base del materiale roccia***

| tipo ammasso | alternanze | classe | C | litotipo a | litotipo b |
|---|---|---|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | | | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 75 | 8 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | | | $m_i$ [-] | 8 | 7 |
| rapporto del modulo | | | MR [-] | 275 | 250 |
| percentuale relativa | | | [%] | 50 | 50 |

***Parametri del materiale roccia assunti per la classificazione e la parametrizzazione***

| | | |
|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 41,5 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ [-] | 7,5 |
| rapporto del modulo | MR [-] | 262,5 |

***Q System (Grimstad e Barton, 1993)***

| RQD [%] | $J_r$ [-] | $J_w$ [-] |
|---|---|---|
| 60 | 1,0 | 1,0 |

| $J_n$ [-] | $J_a$ [-] | SRF [-] |
|---|---|---|
| 9,0 | 6,0 | 2,5 |

**RQD** : Rock Quality Designation
$J_n$ : Joint Set Number
$J_r$ : Joint Roughness Number
$J_a$ : Joint Alteration Number
$J_w$ : Joint Water Reduction Factor
**SRF** : Stress Reduction Factor

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| Q' [-] | classe | qualità dell'ammasso |
| **1,11** | D | scadente |

**Q'** : indice di qualità intrinseco dell'ammasso roccioso ($J_w$ = 1 e SRF = 1)

***RMR System - Geomechanics Classification (Bieniawski, 1989)***

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza a compressione monoassiale $\sigma_{ci}$ | [MPa] | 42 | 5 |
| Rock Quality Designation RQD | [%] | 60 | 12 |
| N° di famiglie di discontinuità | [-] | 3 | |
| Spaziatura delle discontinuità | [cm] | 41 | 10 |
| Condizioni delle discontinuità: | | | |
| lunghezza | [m] | 20 | 0 |
| apertura | [mm] | 10 | 0 |
| rugosità: | | | |
| descrizione | [-] | lisce | |
| JRC | [-] | 4 | 1 |
| riempimento: | | | |
| tipo | [-] | duro | |
| spessore | [mm] | 10 | 2 |
| alterazione | [-] | debolmente alterate | 5 |
| Condizioni idriche | [-] | umido | 10 |

***Rock Mass Rating intrinseco*** **RMR'** **50**

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| RMR' [-] | classe | qualità dell'ammasso |
| **50** | III | discreta |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Geological Strength Index*** *(Hoek e Marinos., 2000)* | ***GSI*** | calcolato | **45** |
| | | stimato | **40** |

## 8.2.3. Classificazioni – Unità FS2

***Litologia e descrizione geologica generale***

*Siltiti debolmente marnose di aspetto scaglioso grigie, nocciola in alterazione, fittamente laminate, con sporadici sottili straterelli di arenarie fini a laminazione parallela di spessore da centimetrico a decimetrico.*

### *Parametri caratteristici inferiori*

***Tipo di ammasso roccioso secondo la classificazione di Hoek e Marinos, 2000 e parametri di base del materiale roccia***

| tipo ammasso | alternanze | classe | G | litotipo a | litotipo b |
|---|---|---|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | | | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 75 | 8 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | | | $m_i$ [-] | 8 | 7 |
| rapporto del modulo | | | MR [-] | 275 | 250 |
| percentuale relativa | | | [%] | 5 | 95 |

***Parametri del materiale roccia assunti per la classificazione e la parametrizzazione***

| | | |
|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 8,0 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ [-] | 7 |
| rapporto del modulo | MR [-] | 250 |

***Q System (Grimstad e Barton, 1993)***

| RQD [%] | $J_r$ [-] | $J_w$ [-] |
|---|---|---|
| 10 | 1,0 | 1,0 |

| $J_n$ [-] | $J_a$ [-] | SRF [-] |
|---|---|---|
| 20,0 | 8,0 | 2,5 |

***RQD*** *: Rock Quality Designation* ***$J_w$*** *: Joint Water Reduction Factor*

***$J_n$*** *: Joint Set Number* ***SRF*** *: Stress Reduction Factor*

***$J_r$*** *: Joint Roughness Number*

***$J_a$*** *: Joint Alteration Number*

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| **Q' [-]** | **classe** | **qualità dell'ammasso** |
| **0,06** | F | estremamente scadente |

***Q'*** *: indice di qualità intrinseco dell'ammasso roccioso ($J_w$ = 1 e SRF = 1)*

***RMR System - Geomechanics Classification (Bieniawski, 1989)***

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza a compressione monoassiale $\sigma_{ci}$ | [MPa] | 8 | 2 |
| Rock Quality Designation RQD | [%] | 0 | 3 |
| N° di famiglie di discontinuità | [-] | 3 | |
| Spaziatura delle discontinuità | [cm] | 0,5 | 5 |
| Condizioni delle discontinuità: | | | |
| lunghezza | [m] | 20 | 0 |
| apertura | [mm] | 20 | 0 |
| rugosità: | | | |
| descrizione | [-] | lisce | |
| JRC | [-] | 3 | 1 |
| riempimento: | | | |
| tipo | [-] | limo | |
| spessore | [mm] | 20 | 0 |
| alterazione | [-] | moderatamente alterate | 3 |
| Condizioni idriche | [-] | umido | 10 |

***Rock Mass Rating intrinseco*** **RMR' 29**

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| **RMR' [-]** | **classe** | **qualità dell'ammasso** |
| **29** | IV | scadente |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Geological Strength Index*** *(Hoek e Marinos., 2000)* | ***GSI*** | *calcolato* | **19** |
| | | *stimato* | **20** |

## Parametri medi

***Tipo di ammasso roccioso secondo la classificazione di Hoek e Marinos, 2000 e parametri di base del materiale roccia***

| tipo ammasso | alternanze | classe | G | litotipo a | litotipo b |
|---|---|---|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | | | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 60 | 6 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | | | $m_i$ [-] | 8 | 7 |
| rapporto del modulo | | | MR [-] | 275 | 250 |
| percentuale relativa | | | [%] | 5 | 95 |

***Parametri del materiale roccia assunti per la classificazione e la parametrizzazione***

| | | |
|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 6,0 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ [-] | 7 |
| rapporto del modulo | MR [-] | 250 |

***Q System (Grimstad e Barton, 1993)***

| RQD [%] | $J_r$ [-] | $J_w$ [-] |
|---|---|---|
| 10 | 1,0 | 1,0 |

| $J_n$ [-] | $J_a$ [-] | SRF [-] |
|---|---|---|
| 20,0 | 4,0 | 2,5 |

**RQD** : Rock Quality Designation — **$J_w$** : Joint Water Reduction Factor

**$J_n$** : Joint Set Number — **SRF** : Stress Reduction Factor

**$J_r$** : Joint Roughness Number

**$J_a$** : Joint Alteration Number

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| **Q'** [-] | **classe** | **qualità dell'ammasso** |
| **0,13** | E | molto scadente |

**Q'** : indice di qualità intrinseco dell'ammasso roccioso ($J_w$ = 1 e SRF = 1)

***RMR System - Geomechanics Classification (Bieniawski, 1989)***

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza a compressione monoassiale $\sigma_{ci}$ | [MPa] | 6 | 2 |
| Rock Quality Designation RQD | [%] | 0 | 3 |
| N° di famiglie di discontinuità | [-] | 3 | |
| Spaziatura delle discontinuità | [cm] | 1 | 5 |
| Condizioni delle discontinuità: | | | |
| lunghezza | [m] | 20 | 0 |
| apertura | [mm] | 20 | 0 |
| rugosità: | | | |
| descrizione | [-] | lisce | |
| JRC | [-] | 3 | 1 |
| riempimento: | | | |
| tipo | [-] | limo | |
| spessore | [mm] | 20 | 0 |
| alterazione | [-] | debolmente alterate | 5 |
| Condizioni idriche | [-] | umido | 10 |

**Rock Mass Rating intrinseco** — **RMR'** = **31**

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| **RMR'** [-] | **classe** | **qualità dell'ammasso** |
| **31** | IV | scadente |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Geological Strength Index** (Hoek e Marinos., 2000) | **GSI** | calcolato | **25** |
| | | stimato | **25** |

### 8.2.4. Parametri geomeccanici di progetto

*8.2.4.1. Unità FS1 - Imbocchi*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza compressione monoassiale della roccia intatta | $\sigma_{ci}$ | = 33÷40 | MPa |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ | = 8 | - |
| Peso di volume naturale d'ammasso | $\gamma_n$ | = 24÷25 | kN/m$^3$ |
| | RQD | = 40÷60 | % |
| | RMR' | = 45÷50 | - |
| | GSI | = 35÷40 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | $m_b$ | = 0.225÷0.296 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | s | = 0.0001÷0.0002 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | a | = 0.516÷0.511 | - |
| Modulo di deformabilità d'ammasso | $E_m$ | = 0.39÷0.61 | GPa |

*8.2.4.2. Unità FS2 - Galleria naturale*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza compressione monoassiale della roccia intatta | $\sigma_{ci}$ | = 6÷8 | MPa |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ | = 7 | - |
| Peso di volume naturale d'ammasso | $\gamma_n$ | = 22÷23 | kN/m$^3$ |
| | RQD | = 0 | % |
| | RMR' | = 20÷30 | - |
| | GSI | = 20÷25 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | $m_b$ | = 0.402÷0.481 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | s | = 0.0001÷0.0002 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | a | = 0.544÷0.531 | - |
| Modulo di deformabilità d'ammasso | $E_m$ | = 0.07÷0.12 | GPa |

*8.2.4.3. Unità FS2 - Imbocchi*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza compressione monoassiale della roccia intatta | $\sigma_{ci}$ | = 6÷8 | MPa |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ | = 7 | - |
| Peso di volume naturale d'ammasso | $\gamma_n$ | = 22÷23 | kN/m$^3$ |
| | RQD | = 0 | % |
| | RMR' | = 20÷30 | - |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | GSI | = 20÷25 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | $m_b$ | = 0.402÷0.481 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | s | = 0.0001÷0.0002 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | a | = 0.544÷0.531 | - |
| Modulo di deformabilità d'ammasso | $E_m$ | = 0.07÷0.12 | GPa |

*8.2.4.4. Zone di faglia*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza compressione monoassiale della roccia intatta | $\sigma_{ci}$ | = 33÷40 | MPa |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ | = 8 | - |
| Peso di volume naturale d'ammasso | $\gamma_n$ | = 22÷23 | kN/m$^3$ |
| | RQD | = 0 | % |
| | RMR' | = 20÷25 | - |
| | GSI | = 15÷20 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | $m_b$ | = 0.384÷0.459 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | s | = 0.0001÷0.0001 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | a | = 0.561÷0.544 | - |
| Modulo di deformabilità d'ammasso | $E_m$ | = 0.31÷0.48 | GPa |

## 8.3 Galleria Costa Murata

### 8.3.1 Indagini di riferimento

Sondaggi: S24 (2010) Rilievi geomeccanici: RG2 (2010)

### 8.3.2 Classificazioni – Unità FS1

***Litologia e descrizione geologica generale***

*Alternanze torbiditiche di calcari marnosi, marne calcaree e arenarie con interstrati siltitici e marnoso-argillosi*

### *Parametri caratteristici inferiori*

***Tipo di ammasso roccioso secondo la classificazione di Hoek e Marinos, 2000 e parametri di base del materiale roccia***

| tipo ammasso | alternanze | classe | C | litotipo a | litotipo b |
|---|---|---|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | | | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 60 | 6 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | | | $m_i$ [-] | 8 | 7 |
| rapporto del modulo | | | MR [-] | 275 | 250 |
| percentuale relativa | | | [%] | 50 | 50 |

***Parametri del materiale roccia assunti per la classificazione e la parametrizzazione***

| | | |
|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 33,0 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ [-] | 7,5 |
| rapporto del modulo | MR [-] | 262,5 |

***Q System (Grimstad e Barton, 1993)***

| RQD [%] | $J_r$ [-] | $J_w$ [-] |
|---|---|---|
| 40 | 1,0 | 1,0 |

| $J_n$ [-] | $J_a$ [-] | SRF [-] |
|---|---|---|
| 9,0 | 6,0 | 2,5 |

***RQD*** : Rock Quality Designation ***$J_w$*** : Joint Water Reduction Factor

***$J_n$*** : Joint Set Number ***SRF*** : Stress Reduction Factor

***$J_r$*** : Joint Roughness Number

***$J_a$*** : Joint Alteration Number

| ***Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso*** | | |
|---|---|---|
| ***Q'*** [-] | ***classe*** | ***qualità dell'ammasso*** |
| ***0,74*** | *E* | *molto scadente* |

***Q'*** : indice di qualità intrinseco dell'ammasso roccioso ($J_w$ = 1 e SRF = 1)

***RMR System - Geomechanics Classification (Bieniawski, 1989)***

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza a compressione monoassiale $\sigma_{ci}$ | [MPa] | 33 | 4 |
| Rock Quality Designation RQD | [%] | 40 | 8 |
| N° di famiglie di discontinuità | [-] | 3 | |
| Spaziatura delle discontinuità | [cm] | 41 | 10 |
| Condizioni delle discontinuità: | | | |
| lunghezza | [m] | 20 | 0 |
| apertura | [mm] | 10 | 0 |
| rugosità: | | | |
| descrizione | [-] | lisce | |
| JRC | [-] | 4 | 1 |
| riempimento: | | | |
| tipo | [-] | duro | |
| spessore | [mm] | 10 | 2 |
| alterazione | [-] | debolmente alterate | 5 |
| Condizioni idriche | [-] | umido | 10 |

***Rock Mass Rating intrinseco*** ***RMR'*** ***45***

| ***Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso*** | | |
|---|---|---|
| ***RMR'*** [-] | ***classe*** | ***qualità dell'ammasso*** |
| ***45*** | *III* | *discreta* |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Geological Strength Index*** (Hoek e Marinos., 2000) | ***GSI*** | *calcolato* | ***41*** |
| | | *stimato* | ***35*** |

## Parametri medi

***Tipo di ammasso roccioso secondo la classificazione di Hoek e Marinos, 2000 e parametri di base del materiale roccia***

| tipo ammasso | alternanze | classe | C | litotipo a | litotipo b |
|---|---|---|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | | | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 75 | 8 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | | | $m_i$ [-] | 8 | 7 |
| rapporto del modulo | | | MR [-] | 275 | 250 |
| percentuale relativa | | | [%] | 50 | 50 |

***Parametri del materiale roccia assunti per la classificazione e la parametrizzazione***

| | | |
|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 41,5 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ [-] | 7,5 |
| rapporto del modulo | MR [-] | 262,5 |

***Q System (Grimstad e Barton, 1993)***

| RQD [%] | $J_r$ [-] | $J_w$ [-] |
|---|---|---|
| 60 | 1,0 | 1,0 |

| $J_n$ [-] | $J_a$ [-] | SRF [-] |
|---|---|---|
| 9,0 | 6,0 | 2,5 |

***RQD*** *: Rock Quality Designation* ***$J_w$*** *: Joint Water Reduction Factor*

***$J_n$*** *: Joint Set Number* ***SRF*** *: Stress Reduction Factor*

***$J_r$*** *: Joint Roughness Number*

***$J_a$*** *: Joint Alteration Number*

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| Q' [-] | classe | qualità dell'ammasso |
| **1,11** | D | scadente |

***Q'*** *: indice di qualità intrinseco dell'ammasso roccioso ($J_w$ = 1 e SRF = 1)*

***RMR System - Geomechanics Classification (Bieniawski, 1989)***

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza a compressione monoassiale $\sigma_{ci}$ | [MPa] | 42 | 5 |
| Rock Quality Designation RQD | [%] | 60 | 12 |
| N° di famiglie di discontinuità | [-] | 3 | |
| Spaziatura delle discontinuità | [cm] | 41 | 10 |
| Condizioni delle discontinuità: | | | |
| lunghezza | [m] | 20 | 0 |
| apertura | [mm] | 10 | 0 |
| rugosità: | | | |
| descrizione | [-] | lisce | |
| JRC | [-] | 4 | 1 |
| riempimento: | | | |
| tipo | [-] | duro | |
| spessore | [mm] | 10 | 2 |
| alterazione | [-] | debolmente alterate | 5 |
| Condizioni idriche | [-] | umido | 10 |

***Rock Mass Rating intrinseco*** ***RMR'*** **50**

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| RMR' [-] | classe | qualità dell'ammasso |
| **50** | III | discreta |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Geological Strength Index*** *(Hoek e Marinos., 2000)* | ***GSI*** | calcolato | **45** |
| | | stimato | **40** |

### 8.3.3 Parametri geomeccanici di progetto

#### *8.3.3.1 Unità FS1 - Galleria naturale*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza compressione monoassiale della roccia intatta | $\sigma_{ci}$ | = 33÷40 | MPa |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ | = 8 | - |
| Peso di volume naturale d'ammasso | $\gamma_n$ | = 24÷25 | kN/m$^3$ |
| | RQD | = 40÷60 | % |
| | RMR' | = 45÷50 | - |
| | GSI | = 35÷40 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | $m_b$ | = 0.785÷0.939 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | s | = 0.0007÷0.0013 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | a | = 0.516÷0.511 | - |
| Modulo di deformabilità d'ammasso | $E_m$ | = 0.98÷1.67 | GPa |

#### *8.3.3.2 Unità FS1 - Imbocchi*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza compressione monoassiale della roccia intatta | $\sigma_{ci}$ | = 33÷40 | MPa |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ | = 8 | - |
| Peso di volume naturale d'ammasso | $\gamma_n$ | = 24÷25 | kN/m$^3$ |
| | RQD | = 40÷60 | % |
| | RMR' | = 45÷50 | - |
| | GSI | = 35÷40 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | $m_b$ | = 0.295÷0.296 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | s | = 0.0001÷0.0002 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | a | = 0.516÷0.511 | - |
| Modulo di deformabilità d'ammasso | $E_m$ | = 0.39÷0.61 | GPa |

#### *8.3.3.3 Zone di faglia*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza compressione monoassiale della roccia intatta | $\sigma_{ci}$ | = 33÷40 | MPa |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ | = 8 | - |
| Peso di volume naturale d'ammasso | $\gamma_n$ | = 22÷23 | kN/m$^3$ |
| | RQD | = 0 | % |
| | RMR' | = 20÷25 | - |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | GSI | = 15÷20 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | $m_b$ | = 0.384÷0.459 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | s | = 0.0001÷0.0001 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | a | = 0.561÷0.544 | - |
| Modulo di deformabilità d'ammasso | $E_m$ | = 0.31÷0.48 | GPa |

## 8.4 Galleria Meriello

### 8.4.1 Indagini di riferimento

Sondaggi: S5 (2010), S6 (2010), S7 (2010), SN05 (2023) Rilievi geomeccanici: RG3 (2010)

### 8.4.2 Classificazioni – Unità FS1

***Litologia e descrizione geologica generale***

*Alternanze torbiditiche di calcari marnosi, marne calcaree e arenarie con interstrati siltitici e marnoso-argillosi*

### *Parametri caratteristici inferiori*

***Tipo di ammasso roccioso secondo la classificazione di Hoek e Marinos, 2000 e parametri di base del materiale roccia***

| tipo ammasso | alternanze | classe | C | litotipo a | litotipo b |
|---|---|---|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | | | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 60 | 6 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | | | $m_i$ [-] | 8 | 7 |
| rapporto del modulo | | | MR [-] | 275 | 250 |
| percentuale relativa | | | [%] | 55 | 45 |

***Parametri del materiale roccia assunti per la classificazione e la parametrizzazione***

| | | |
|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 35,7 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ [-] | 7,55 |
| rapporto del modulo | MR [-] | 263,75 |

***Q System (Grimstad e Barton, 1993)***

| RQD [%] | $J_r$ [-] | $J_w$ [-] |
|---|---|---|
| 50 | 1,0 | 1,0 |

| $J_n$ [-] | $J_a$ [-] | SRF [-] |
|---|---|---|
| 9,0 | 6,0 | 2,5 |

***RQD*** *: Rock Quality Designation* ***$J_w$*** *: Joint Water Reduction Factor*

***$J_n$*** *: Joint Set Number* ***SRF*** *: Stress Reduction Factor*

***$J_r$*** *: Joint Roughness Number*

***$J_a$*** *: Joint Alteration Number*

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| Q' [-] | classe | qualità dell'ammasso |
| 0,93 | E | molto scadente |

***Q'*** *: indice di qualità intrinseco dell'ammasso roccioso ($J_w$ = 1 e SRF = 1)*

***RMR System - Geomechanics Classification (Bieniawski, 1989)***

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza a compressione monoassiale $\sigma_{ci}$ | [MPa] | 36 | 4 |
| Rock Quality Designation RQD | [%] | 50 | 10 |
| N° di famiglie di discontinuità | [-] | 3 | |
| Spaziatura delle discontinuità | [cm] | 30 | 9 |
| Condizioni delle discontinuità: | | | |
| lunghezza | [m] | 20 | 0 |
| apertura | [mm] | 10 | 0 |
| rugosità: | | | |
| descrizione | [-] | lisce | |
| JRC | [-] | 2 | 0 |
| riempimento: | | | |
| tipo | [-] | duro | |
| spessore | [mm] | 10 | 2 |
| alterazione | [-] | debolmente alterate | 5 |
| Condizioni idriche | [-] | umido | 10 |

***Rock Mass Rating intrinseco*** ***RMR'*** ***45***

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| RMR' [-] | classe | qualità dell'ammasso |
| 45 | III | discreta |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Geological Strength Index*** *(Hoek e Marinos., 2000)* | ***GSI*** | *calcolato* | ***42*** |
| | | *stimato* | ***40*** |

## Parametri medi

***Tipo di ammasso roccioso secondo la classificazione di Hoek e Marinos, 2000 e parametri di base del materiale roccia***

| tipo ammasso | alternanze | classe | C | litotipo a | litotipo b |
|---|---|---|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | | | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 75 | 8 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | | | $m_i$ [-] | 8 | 7 |
| rapporto del modulo | | | MR [-] | 275 | 250 |
| percentuale relativa | | | [%] | 65 | 35 |

***Parametri del materiale roccia assunti per la classificazione e la parametrizzazione***

| | | |
|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 51,6 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ [-] | 7,65 |
| rapporto del modulo | MR [-] | 266,25 |

***Q System (Grimstad e Barton, 1993)***

| RQD [%] | $J_r$ [-] | $J_w$ [-] |
|---|---|---|
| 60 | 1,0 | 1,0 |

| $J_n$ [-] | $J_a$ [-] | SRF [-] |
|---|---|---|
| 9,0 | 6,0 | 2,5 |

**RQD** : Rock Quality Designation
$J_n$ : Joint Set Number
$J_r$ : Joint Roughness Number
$J_a$ : Joint Alteration Number
$J_w$ : Joint Water Reduction Factor
**SRF** : Stress Reduction Factor

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| **Q' [-]** | **classe** | **qualità dell'ammasso** |
| **1,11** | D | scadente |

**Q'** : indice di qualità intrinseco dell'ammasso roccioso ($J_w$ = 1 e SRF = 1)

***RMR System - Geomechanics Classification (Bieniawski, 1989)***

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza a compressione monoassiale $\sigma_{ci}$ | [MPa] | 52 | 6 |
| Rock Quality Designation RQD | [%] | 60 | 12 |
| N° di famiglie di discontinuità | [-] | 3 | |
| Spaziatura delle discontinuità | [cm] | 40 | 10 |
| Condizioni delle discontinuità: | | | |
| lunghezza | [m] | 20 | 0 |
| apertura | [mm] | 10 | 0 |
| rugosità: | | | |
| descrizione | [-] | lisce | |
| JRC | [-] | 2 | 0 |
| riempimento: | | | |
| tipo | [-] | duro | |
| spessore | [mm] | 10 | 2 |
| alterazione | [-] | debolmente alterate | 5 |
| Condizioni idriche | [-] | umido | 10 |

***Rock Mass Rating intrinseco*** **RMR'** **50**

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| **RMR' [-]** | **classe** | **qualità dell'ammasso** |
| **50** | III | discreta |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Geological Strength Index*** (Hoek e Marinos., 2000) | **GSI** | calcolato | **45** |
| | | stimato | **45** |

### 8.4.3 Parametri geomeccanici di progetto

#### *8.4.3.1 Unità FS1 - Galleria naturale*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza compressione monoassiale della roccia intatta | $\sigma_{ci}$ | = 35÷50 | MPa |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ | = 8 | - |
| Peso di volume naturale d'ammasso | $\gamma_n$ | = 24÷25 | kN/m$^3$ |
| | RQD | = 50÷70 | % |
| | RMR' | = 45÷50 | - |
| | GSI | = 40÷45 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | $m_b$ | = 0.939÷1.122 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | s | = 0.0013÷0.0022 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | a | = 0.511÷0.508 | - |
| Modulo di deformabilità d'ammasso | $E_m$ | = 1.47÷2.97 | GPa |

#### *8.4.3.2 Unità FS1 - Imbocchi*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza compressione monoassiale della roccia intatta | $\sigma_{ci}$ | = 35÷50 | MPa |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ | = 8 | - |
| Peso di volume naturale d'ammasso | $\gamma_n$ | = 24÷25 | kN/m$^3$ |
| | RQD | = 50÷70 | % |
| | RMR' | = 45÷50 | - |
| | GSI | = 40÷45 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | $m_b$ | = 0.296÷0.390 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | s | = 0.0002÷0.0003 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | a | = 0.511÷0.508 | - |
| Modulo di deformabilità d'ammasso | $E_m$ | = 0.53÷1.04 | GPa |

#### *8.4.3.3 Unità FS2 - Imbocchi*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza compressione monoassiale della roccia intatta | $\sigma_{ci}$ | = 6÷8 | MPa |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ | = 7 | - |
| Peso di volume naturale d'ammasso | $\gamma_n$ | = 22÷23 | kN/m$^3$ |
| | RQD | = 0 | % |
| | RMR' | = 20÷30 | - |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | GSI | = 20÷25 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | $m_b$ | = 0.402÷0.481 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | s | = 0.0001÷0.0002 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | a | = 0.544÷0.531 | - |
| Modulo di deformabilità d'ammasso | $E_m$ | = 0.07÷0.12 | GPa |

## 8.5 Galleria Monte Bardellini

### 8.5.1 Indagini di riferimento

Sondaggi: S8 (2010), S9 (2010), S26 (2010), SN06 (2023) Rilievi geomeccanici: RG4 (2010)

### 8.5.2 Classificazioni – Unità FS1

***Litologia e descrizione geologica generale***

*Alternanze torbiditiche di calcari marnosi, marne calcaree e arenarie con interstrati siltitici e marnoso-argillosi*

### *Parametri caratteristici inferiori*

***Tipo di ammasso roccioso secondo la classificazione di Hoek e Marinos, 2000 e parametri di base del materiale roccia***

| tipo ammasso | alternanze | classe | C | litotipo a | litotipo b |
|---|---|---|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | | | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 60 | 6 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | | | $m_i$ [-] | 8 | 7 |
| rapporto del modulo | | | MR [-] | 275 | 250 |
| percentuale relativa | | | [%] | 70 | 30 |

***Parametri del materiale roccia assunti per la classificazione e la parametrizzazione***

| | | |
|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 43,8 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ [-] | 7,7 |
| rapporto del modulo | MR [-] | 267,5 |

***Q System (Grimstad e Barton, 1993)***

| RQD [%] | $J_r$ [-] | $J_w$ [-] |
|---|---|---|
| 70 | 1,0 | 1,0 |

| $J_n$ [-] | $J_a$ [-] | SRF [-] |
|---|---|---|
| 9,0 | 6,0 | 2,5 |

***RQD*** : Rock Quality Designation ***$J_w$*** : Joint Water Reduction Factor

***$J_n$*** : Joint Set Number ***SRF*** : Stress Reduction Factor

***$J_r$*** : Joint Roughness Number

***$J_a$*** : Joint Alteration Number

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| Q' [-] | classe | qualità dell'ammasso |
| 1,30 | D | scadente |

***Q'*** : indice di qualità intrinseco dell'ammasso roccioso ($J_w$ = 1 e SRF = 1)

***RMR System - Geomechanics Classification (Bieniawski, 1989)***

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza a compressione monoassiale $\sigma_{ci}$ | [MPa] | 44 | 5 |
| Rock Quality Designation RQD | [%] | 70 | 14 |
| N° di famiglie di discontinuità | [-] | 3 | |
| Spaziatura delle discontinuità | [cm] | 20 | 8 |
| Condizioni delle discontinuità: | | | |
| lunghezza | [m] | 20 | 0 |
| apertura | [mm] | 10 | 0 |
| rugosità: | | | |
| descrizione | [-] | lisce | |
| JRC | [-] | 2 | 0 |
| riempimento: | | | |
| tipo | [-] | duro | |
| spessore | [mm] | 10 | 2 |
| alterazione | [-] | debolmente alterate | 5 |
| Condizioni idriche | [-] | umido | 10 |

***Rock Mass Rating intrinseco*** ***RMR'*** ***49***

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| RMR' [-] | classe | qualità dell'ammasso |
| 49 | III | discreta |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Geological Strength Index*** (Hoek e Marinos., 2000) | ***GSI*** | calcolato | ***45*** |
| | | stimato | ***40*** |

## Parametri medi

***Tipo di ammasso roccioso secondo la classificazione di Hoek e Marinos, 2000 e parametri di base del materiale roccia***

| tipo ammasso | alternanze | classe | C | litotipo a | litotipo b |
|---|---|---|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | | | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 75 | 8 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | | | $m_i$ [-] | 8 | 7 |
| rapporto del modulo | | | MR [-] | 275 | 250 |
| percentuale relativa | | | [%] | 70 | 30 |

***Parametri del materiale roccia assunti per la classificazione e la parametrizzazione***

| | | |
|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 54,9 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ [-] | 7,7 |
| rapporto del modulo | MR [-] | 267,5 |

***Q System (Grimstad e Barton, 1993)***

| RQD [%] | $J_r$ [-] | $J_w$ [-] |
|---|---|---|
| 80 | 1,0 | 1,0 |

| $J_n$ [-] | $J_a$ [-] | SRF [-] |
|---|---|---|
| 9,0 | 6,0 | 2,5 |

**RQD** : Rock Quality Designation
$J_n$ : Joint Set Number
$J_r$ : Joint Roughness Number
$J_a$ : Joint Alteration Number
$J_w$ : Joint Water Reduction Factor
**SRF** : Stress Reduction Factor

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| **Q' [-]** | **classe** | **qualità dell'ammasso** |
| **1,48** | D | scadente |

**Q'** : indice di qualità intrinseco dell'ammasso roccioso ($J_w$ = 1 e SRF = 1)

***RMR System - Geomechanics Classification (Bieniawski, 1989)***

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza a compressione monoassiale $\sigma_{ci}$ | [MPa] | 55 | 6 |
| Rock Quality Designation RQD | [%] | 80 | 16 |
| N° di famiglie di discontinuità | [-] | 3 | |
| Spaziatura delle discontinuità | [cm] | 50 | 11 |
| Condizioni delle discontinuità: | | | |
| lunghezza | [m] | 20 | 0 |
| apertura | [mm] | 10 | 0 |
| rugosità: | | | |
| descrizione | [-] | lisce | |
| JRC | [-] | 2 | 0 |
| riempimento: | | | |
| tipo | [-] | duro | |
| spessore | [mm] | 10 | 2 |
| alterazione | [-] | debolmente alterate | 5 |
| Condizioni idriche | [-] | umido | 10 |

**Rock Mass Rating intrinseco** **RMR'** **55**

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| **RMR' [-]** | **classe** | **qualità dell'ammasso** |
| **55** | III | discreta |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Geological Strength Index** (Hoek e Marinos., 2000) | **GSI** | calcolato | **49** |
| | | stimato | **45** |

### 8.5.3 Parametri geomeccanici di progetto

#### *8.5.3.1 Unità FS1 - Galleria naturale*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza compressione monoassiale della roccia intatta | $\sigma_{ci}$ | = 40÷55 | MPa |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ | = 8 | - |
| Peso di volume naturale d'ammasso | $\gamma_n$ | = 24÷25 | kN/m$^3$ |
| | RQD | = 60÷80 | % |
| | RMR' | = 50÷55 | - |
| | GSI | = 40÷45 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | $m_b$ | = 0.939÷1.122 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | s | = 0.0013÷0.0022 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | a | = 0.511÷0.508 | - |
| Modulo di deformabilità d'ammasso | $E_m$ | = 1.70÷3.28 | GPa |

#### *8.5.3.2 Unità FS2 - Galleria naturale*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza compressione monoassiale della roccia intatta | $\sigma_{ci}$ | = 6÷8 | MPa |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ | = 7 | - |
| Peso di volume naturale d'ammasso | $\gamma_n$ | = 22÷23 | kN/m$^3$ |
| | RQD | = 0 | % |
| | RMR' | = 20÷30 | - |
| | GSI | = 20÷25 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | $m_b$ | = 0.402÷0.481 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | s | = 0.0001÷0.0002 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | a | = 0.544÷0.531 | - |
| Modulo di deformabilità d'ammasso | $E_m$ | = 0.07÷0.12 | GPa |

#### *8.5.3.3 Unità FS1 - Imbocchi*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza compressione monoassiale della roccia intatta | $\sigma_{ci}$ | = 40÷55 | MPa |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ | = 8 | - |
| Peso di volume naturale d'ammasso | $\gamma_n$ | = 24÷25 | kN/m$^3$ |
| | RQD | = 60÷80 | % |
| | RMR' | = 50÷55 | - |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | GSI | = 40÷45 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | $m_b$ | = 0.296÷0.390 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | s | = 0.0002÷0.0003 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | a | = 0.511÷0.508 | - |
| Modulo di deformabilità d'ammasso | $E_m$ | = 0.62÷1.15 | GPa |

*8.5.3.4 Unità FS2 - Imbocchi*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza compressione monoassiale della roccia intatta | $\sigma_{ci}$ | = 6÷8 | MPa |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ | = 7 | - |
| Peso di volume naturale d'ammasso | $\gamma_n$ | = 22÷23 | kN/m$^3$ |
| | RQD | = 0 | % |
| | RMR' | = 20÷30 | - |
| | GSI | = 20÷25 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | $m_b$ | = 0.402÷0.481 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | s | = 0.0001÷0.0002 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | a | = 0.544÷0.531 | - |
| Modulo di deformabilità d'ammasso | $E_m$ | = 0.07÷0.12 | GPa |

*8.5.3.5 Zone di faglia*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza compressione monoassiale della roccia intatta | $\sigma_{ci}$ | = 40÷55 | MPa |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ | = 8 | - |
| Peso di volume naturale d'ammasso | $\gamma_n$ | = 22÷23 | kN/m$^3$ |
| | RQD | = 0 | % |
| | RMR' | = 20÷25 | - |
| | GSI | = 15÷20 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | $m_b$ | = 0.384÷0.459 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | s | = 0.0001÷0.0001 | - |
| Parametro dell'inviluppo di rottura | a | = 0.561÷0.544 | - |
| Modulo di deformabilità d'ammasso | $E_m$ | = 0.39÷0.67 | GPa |

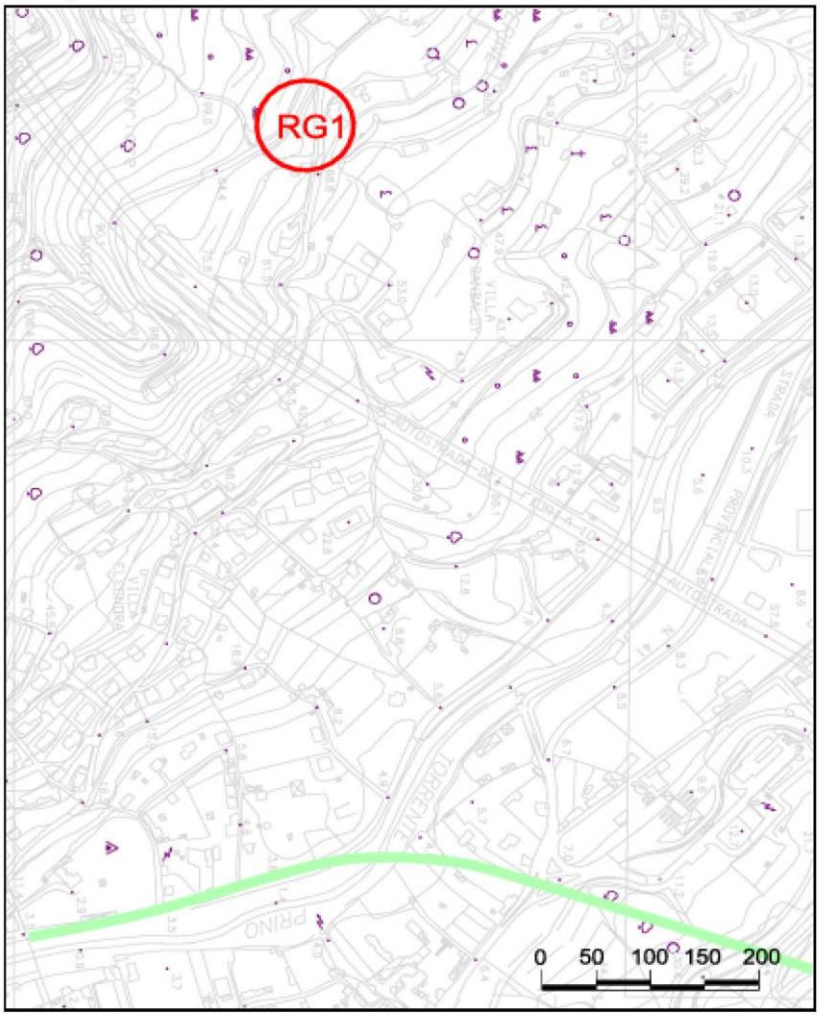
# 9 ALLEGATI

## 9.1 Allegato 1 – Rilievi geomeccanici – Schede di misura e sintesi

*RILIEVO GEOMECCANICO*
*Ubicazione area di rilievo*

| | |
|---|---|
| *Committente* | *Anas S.p.A.* |
| *Commessa* | *SS 1 Aurelia variante di Imperia* |
| *Località* | *Cascina Bastia* |
| *Coordinate* | *Gauss-Boaga X: 1418732 Y: 4858087 Quota: 75* |
| *Data* | *15/04/2010* |
| *Area di rilievo geomeccanico* | *RG1* |

*Stralcio planimetrico*




*Scala 1:5.000*

GRUPPO FS ITALIANE

anas

*RILIEVO GEOMECCANICO*
*Scheda di sintesi*

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia - Variante di Imperia |
| **Località** | Cascina Bastia |
| **Coordinate** | Gauss-Boaga X: 1418732 Y: 4858087 Quota: 75 |
| **Data** | 15/04/2010 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | RG1 |



**Condizioni generali dell'ammasso roccioso**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Giacitura del fronte di misura | [°/°] | 25/75 | |
| Giacitura generale del pendio | [°/°] | 25/35 | |
| Dimensioni dell'area di rilievo geomeccanico | [m x m] | 2 x 15 | |
| Volume roccioso unitario medio [dimensioni] | [cm x cm x cm] | centimetriche | |
| [forma] | [-] | scaglie | |
| Resistenza a compressione monoassiale del materiale roccia: | litologia | A | B |
| | moda [MPa] | 31 | 105 |
| | variabilità [MPa] | 18-44 | 60-160 |
| Percentuale relativa | [%] | 95 | 5 |
| Intercetta delle discontinuità | [cm] | 2,0 | valori modali |
| Numero di discontinuità per metro cubo d'ammasso - $J_v$ | [n°/m$^3$] | 50,6 | |

| Grado di alterazione dell'ammasso | non alterato | debolm. alterato | moder. alterato | molto alterato | decom-posto |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ■ | | | |

| Condizioni di umidità dell'ammasso | asciutto | umido | bagnato | stillicidio | flusso |
|---|---|---|---|---|---|
| | ■ | | | | |

**Geological Strength Index**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Struttura in ammassi complessi | A | B | C | D | E | F | G | H |
| | | | | | | | ■ | |
| Struttura in ammassi omogenei | I | B | VB | B / D / S | D | L / S | | |
| | | | | | | | | |
| Condizioni delle discontinuità | VG | G | F | P | VP | | | |
| | | | ■ | | | GSI | 25±5 | |

**Litologia e descrizione geologica generale**

*Marne siltose grigio nocciola, giallastre in alterazione, con sporadiche inetrcalazioni di arenarie calcare.*

**Condizioni generali delle discontinuità**

| set | giacitura [°/°] | spaziatura [cm] moda | spaziatura [cm] variabilità | persistenza [%] moda | persistenza [%] variabilità | apertura [mm] moda | apertura [mm] variabilità | ondulazione e rugosità | JRC [-] moda | JRC [-] variabilità | Jr [-] moda | Jr [-] variabilità | JCS [MPa] moda | JCS [MPa] variabilità | Ja [-] moda | Ja [-] variabilità | alterazione | pellicole materiale prevalente sabbia | pellicole materiale prevalente limo | pellicole materiale prevalente argilla | riempimento materiale prevalente minerali asbestiformi | riempimento materiale prevalente vene minerali | riempimento materiale prevalente sabbia | riempimento materiale prevalente limo | riempimento materiale prevalente argilla | riempimento materiale prevalente scaglie e argilla | riempimento materiale prevalente materiale rigonfiante | durezza duro | durezza tenero | spessore [mm] < 5 | spessore [mm] > 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1-S | 353/26 | 3 | 2-20 | 100 | - | 0 | - | a scalini / ondulata / planare<br>molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | 3 | 3-5 | 1 | - | 29 | 27-42 | 0,75 | - | non alt. / deb. alt. / mod. alt.<br>molto alt. / decomposta | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-K1 | 231/87 | 8 | 5-28 | 100 | - | 4 | 2-10 | a scalini / ondulata / planare<br>molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | 3 | 3-4 | 1 | - | 15 | 14-23 | 4 | 1-4 | non alt. / deb. alt. / mod. alt.<br>molto alt. / decomposta | | | | | | | ■ | | | ■ | | | ■ |
| 3-K2 | 163/82 | 21 | 5-30 | 100 | - | 2 | 2-3 | a scalini / ondulata / planare<br>molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | 3 | 3-4 | 1 | - | 16 | 14-18 | 0,75 | 0,75-1 | non alt. / deb. alt. / mod. alt.<br>molto alt. / decomposta | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | a scalini / ondulata / planare<br>molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | | | | | | | | | non alt. / deb. alt. / mod. alt.<br>molto alt. / decomposta | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | a scalini / ondulata / planare<br>molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | | | | | | | | | non alt. / deb. alt. / mod. alt.<br>molto alt. / decomposta | | | | | | | | | | | | | | |

**Rilievo di dettaglio delle discontinuità** | **Rilievo geomeccanico n°** RG1

| n° | set | giacitura | | spaziatura | terminazione | persistenza lineare | apertura | alterazione | | JCS | | | rugosità | | | riempimento | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | Barton | ISRM | | | | Barton | ISRM | | | |
| | | imm.[°] | incl. [°] | [cm] | [x-d-r] | [%] | [mm] | Ja | [w1-w5] | R | α | [MPa] | Jr | [I-IX] | JRC | tipo | [mm] |
| 1 | S | 340 | 30 | 20 | xx | 100 | 0 | 0,75 | w2 | 28 | -60 | 41,6 | 1 | VIII | 3 | assente | 0 |
| 2 | S | 330 | 25 | 3 | xx | 100 | 0 | 0,75 | w2 | 25 | -65 | 35,8 | 1 | VIII | 3 | assente | 0 |
| 3 | S | 352 | 25 | 4 | xx | 100 | 0 | 0,75 | w2 | 24 | -65 | 34,0 | 1 | VIII | 5 | assente | 0 |
| 4 | S | 355 | 22 | 8 | xx | 100 | 0 | 0,75 | w2 | 28 | -68 | 42,1 | 1 | VIII | 3 | assente | 0 |
| 5 | S | 360 | 30 | 8 | xx | 100 | 0 | 0,75 | w2 | 20 | -60 | 27,5 | 1 | VIII | 3 | assente | 0 |
| 6 | S | 338 | 28 | 3 | xx | 100 | 0 | 0,75 | w2 | 20 | -62 | 27,5 | 1 | VIII | 3 | assente | 0 |
| 7 | S | 342 | 30 | 8 | xx | 100 | 0 | 0,75 | w2 | 28 | -60 | 41,6 | 1 | VIII | 5 | assente | 0 |
| 8 | S | 5 | 32 | 3 | xx | 100 | 0 | 0,75 | w2 | 25 | -58 | 35,6 | 1 | VIII | 5 | assente | 0 |
| 9 | S | 5 | 25 | 7 | xx | 100 | 0 | 0,75 | w2 | 20 | -65 | 27,6 | 1 | VIII | 5 | assente | 0 |
| 10 | S | 358 | 28 | 2 | xx | 100 | 0 | 0,75 | w2 | 25 | -62 | 35,8 | 1 | VIII | 3 | assente | 0 |
| 11 | S | 355 | 25 | 2 | xx | 100 | 0 | 0,75 | w2 | 22 | -65 | 30,6 | 1 | VIII | 3 | assente | 0 |
| 12 | S | 350 | 22 | 3 | xx | 100 | 0 | 0,75 | w2 | 20 | -68 | 27,6 | 1 | VIII | 3 | assente | 0 |
| 13 | S | 5 | 24 | 3 | xx | 100 | 0 | 0,75 | w2 | 22 | -66 | 30,7 | 1 | VIII | 5 | assente | 0 |
| 14 | S | 8 | 25 | 2 | xx | 100 | 0 | 0,75 | w2 | 20 | -65 | 27,6 | 1 | VIII | 5 | assente | 0 |
| 15 | S | 352 | 25 | 3 | xx | 100 | 0 | 0,75 | w2 | 20 | -65 | 27,6 | 1 | VIII | 3 | assente | 0 |
| 16 | K1 | 45 | 85 | 28 | xx | 100 | 2 | 1 | w2 | 10 | 5 | 14,2 | 1 | VIII | 3 | scaglie | 0 |
| 17 | K1 | 222 | 85 | 23 | xx | 100 | 3 | 1 | w2 | 12 | 5 | 15,7 | 1 | VIII | 3 | scaglie | 0 |
| 18 | K1 | 228 | 85 | 5 | xx | 100 | 5 | 4 | w2 | 10 | 5 | 14,2 | 1 | VIII | 4 | scaglie | 0 |
| 19 | K1 | 232 | 88 | 7 | xx | 100 | 10 | 4 | w2 | 14 | 2 | 17,5 | 1 | VIII | 3 | scaglie | 0 |
| 20 | K1 | 248 | 88 | 8 | xx | 100 | 10 | 4 | w2 | 16 | 2 | 19,3 | 1 | VIII | 3 | scaglie | 0 |
| 21 | K1 | 42 | 88 | 20 | xx | 100 | 2 | 1 | w2 | 12 | 2 | 15,8 | 1 | VIII | 3 | scaglie | 0 |
| 22 | K1 | 242 | 85 | 20 | xx | 100 | 3 | 1 | w2 | 16 | 5 | 19,1 | 1 | VIII | 3 | scaglie | 0 |
| 23 | K1 | 235 | 85 | 12 | xx | 100 | 10 | 4 | w2 | 14 | 5 | 17,3 | 1 | VIII | 3 | scaglie | 0 |
| 24 | K1 | 238 | 85 | 5 | xx | 100 | 5 | 4 | w2 | 12 | 5 | 15,7 | 1 | VIII | 3 | scaglie | 0 |
| 25 | K1 | 220 | 85 | 10 | xx | 100 | 5 | 4 | w2 | 20 | 5 | 23,2 | 1 | VIII | 4 | scaglie | 0 |
| 26 | K1 | 215 | 80 | 5 | xx | 100 | 10 | 4 | w2 | 14 | 10 | 17,0 | 1 | VIII | 3 | scaglie | 0 |
| 27 | K1 | 222 | 85 | 7 | xx | 100 | 5 | 4 | w2 | 12 | 8 | 15,5 | 1 | VIII | 3 | scaglie | 0 |
| 28 | K1 | 235 | 88 | 8 | xx | 100 | 10 | 4 | w2 | 20 | 2 | 23,6 | 1 | VIII | 4 | scaglie | 0 |
| 29 | K1 | 60 | 88 | 7 | xx | 100 | 5 | 4 | w2 | 12 | 2 | 15,8 | 1 | VIII | 4 | scaglie | 0 |
| 30 | K1 | 242 | 85 | 12 | xx | 100 | 5 | 4 | w2 | 18 | 5 | 21,1 | 1 | VIII | 3 | scaglie | 0 |
| 31 | K2 | 160 | 75 | 22 | xx | 100 | 2 | 0,75 | w2 | 12 | -15 | 16,7 | 1 | VIII | 3 | assente | 0 |
| 32 | K2 | 168 | 72 | 20 | xx | 100 | 2 | 0,75 | w2 | 14 | -18 | 18,7 | 1 | VIII | 3 | assente | 0 |
| 33 | K2 | 180 | 75 | 10 | xx | 100 | 2 | 0,75 | w2 | 12 | -15 | 16,7 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 34 | K2 | 160 | 85 | 5 | xx | 100 | 2 | 0,75 | w2 | 12 | -5 | 16,2 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 35 | K2 | 152 | 75 | 10 | xx | 100 | 2 | 0,75 | w2 | 10 | -15 | 15,2 | 1 | VIII | 3 | assente | 0 |
| 36 | K2 | 145 | 85 | 22 | xx | 100 | 2 | 0,75 | w2 | 14 | -5 | 18,0 | 1 | VIII | 3 | assente | 0 |
| 37 | K2 | 152 | 82 | 20 | xx | 100 | 2 | 0,75 | w2 | 12 | -8 | 16,4 | 1 | VIII | 3 | assente | 0 |
| 38 | K2 | 175 | 85 | 15 | xx | 100 | 2 | 0,75 | w2 | 10 | -5 | 14,7 | 1 | VIII | 3 | assente | 0 |
| 39 | K2 | 170 | 82 | 18 | xx | 100 | 2 | 0,75 | w2 | 14 | -8 | 18,1 | 1 | VIII | 3 | assente | 0 |
| 40 | K2 | 175 | 88 | 15 | xx | 100 | 2 | 0,75 | w2 | 12 | -2 | 16,1 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 41 | K2 | 168 | 82 | 30 | xx | 100 | 2 | 1 | w2 | 10 | -8 | 14,8 | 1 | VIII | 3 | assente | 0 |
| 42 | K2 | 155 | 80 | 30 | xx | 100 | 3 | 1 | w2 | 14 | -10 | 18,2 | 1 | VIII | 3 | assente | 0 |
| 43 | K2 | 174 | 86 | 15 | xx | 100 | 2 | 1 | w2 | 12 | -4 | 16,1 | 1 | VIII | 3 | assente | 0 |
| 44 | K2 | 166 | 88 | 20 | xx | 100 | 2 | 1 | w2 | 12 | -2 | 16,1 | 1 | VIII | 3 | assente | 0 |
| 45 | K2 | 152 | 85 | 20 | xx | 100 | 3 | 1 | w2 | 12 | -5 | 16,2 | 1 | VIII | 3 | assente | 0 |
| 46 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 47 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

*RILIEVO GEOMECCANICO*
*Ubicazione area di rilievo*

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia variante di Imperia |
| **Località** | Costa Murata |
| **Coordinate** | Gauss-Boaga X: 1420346 Y: 4859157 Quota: 85 |
| **Data** | 15/04/2010 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | RG2 |

*Stralcio planimetrico*




*Scala 1:5.000*

RTI di progettazione:
Mandataria
PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.
Mandanti
delta ingegneria
ViA INGEGNERIA

*RILIEVO GEOMECCANICO*
*Scheda di sintesi*

| | |
|---|---|
| Committente | Anas S.p.A. |
| Commessa | SS 1 Aurelia variante di Imperia |
| Località | Costa Murata |
| Coordinate | Gauss-Boaga X: 1420346 Y: 4859841 Quota: 85 |
| Data | 15/04/2010 |
| Area di rilievo geomeccanico | RG2 |



**Condizioni generali dell'ammasso roccioso**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Giacitura del fronte di misura | [°/°] | 180/75 | |
| Giacitura generale del pendio | [°/°] | 180/25 | |
| Dimensioni dell'area di rilievo geomeccanico | [m x m] | 3 X 10 | |
| Volume roccioso unitario medio [dimensioni] | [cm x cm x cm] | 20X20X15 | |
| [forma] | [-] | prismatico | |
| Resistenza a compressione monoassiale del materiale roccia: | litologia | A | B |
| | moda [MPa] | 87 | |
| | variabilità [MPa] | 40-142 | |
| Percentuale relativa | [%] | 100 | |
| Intercetta delle discontinuità | [cm] | 19,2 | valori modali |
| Numero di discontinuità per metro cubo d'ammasso - $J_v$ | [n°/m$^3$] | 5,2 | |

| Grado di alterazione dell'ammasso | non alterato | debolm. alterato | moder. alterato | molto alterato | decom-posto |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

| Condizioni di umidità dell'ammasso | asciutto | umido | bagnato | stillicidio | flusso |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

*Geological Strength Index*

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Struttura in ammassi complessi | A | B | C | D | E | F | G | H |
| | | | | | | | | |
| Struttura in ammassi omogenei | I | B | VB | B / D / S | D | L / S | | |
| | | | | | | | | |
| Condizioni delle discontinuità | VG | G | F | P | VP | | | |
| | | | | | | GSI | 45±5 | |

**Litologia e descrizione geologica generale**

Arenarie grigiastre, nocciola in alterazione, in strati decimetrici e banchi metrici separati da sottili interstrati siltitici di spessore centimetrico

**Condizioni generali delle discontinuità**

| set | giacitura [°/°] | spaziatura [cm] moda | spaziatura [cm] variabilità | persistenza [%] moda | persistenza [%] variabilità | apertura [mm] moda | apertura [mm] variabilità | ondulazione e rugosità | JRC [-] moda | JRC [-] variabilità | Jr [-] moda | Jr [-] variabilità | JCS [MPa] moda | JCS [MPa] variabilità | Ja [-] moda | Ja [-] variabilità | alterazione | pellicole materiale prevalente | riempimento materiale prevalente | durezza | spessore [mm] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1-S | 335/11 | 41 | 14-55 | 100 | - | 10 | 5-20 | a scalini / ondulata / planare<br>molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | 4 | 3-5 | 1 | - | 58 | 37-78 | 6 | 5-6 | non alt. / deb. alt. / mod. alt.<br>molto alt. / decomposta | | | | |
| 2-K1 | 231/82 | 80 | 20-200 | 100 | 90-100 | 0 | 0-20 | a scalini / ondulata / planare<br>molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | 8 | 6-10 | 2 | - | 75 | 41-95 | 2 | 1-2 | non alt. / deb. alt. / mod. alt.<br>molto alt. / decomposta | | | | |
| 3-K2 | 98/86 | 53 | 5-80 | 80 | 80-100 | 10 | 5-10 | a scalini / ondulata / planare<br>molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | 8 | 6-8 | 1 | - | 53 | 33-105 | 2 | - | non alt. / deb. alt. / mod. alt.<br>molto alt. / decomposta | | | | |
| | | | | | | | | a scalini / ondulata / planare<br>molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | | | | | | | | | non alt. / deb. alt. / mod. alt.<br>molto alt. / decomposta | | | | |
| | | | | | | | | a scalini / ondulata / planare<br>molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | | | | | | | | | non alt. / deb. alt. / mod. alt.<br>molto alt. / decomposta | | | | |

pellicole materiale prevalente: sabbia | limo | argilla

riempimento materiale prevalente: minerali asbestiformi | vene minerali | sabbia | limo | argilla | scaglie e argilla | materiale rigonfiante

durezza: duro | tenero

spessore [mm]: < 5 | > 5

*Rilievo di dettaglio delle discontinuità*

*Rilievo geomeccanico n°* RG2

| n° | set | giacitura | | spaziatura | terminazione | persistenza lineare | apertura | alterazione | | JCS | | | rugosità | | | riempimento | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | Barton | ISRM | | | | Barton | ISRM | | | |
| | | imm.[°] | incl. [°] | [cm] | [x-d-r] | [%] | [mm] | Ja | [w1-w5] | R | α | [MPa] | Jr | [I-IX] | JRC | tipo | [mm] |
| 1 | S | 340 | 5 | 48 | xx | 100 | 5 | 6 | w2 | 36 | -85 | 64,4 | 1 | VIII | 4 | siltite | 5 |
| 2 | S | 168 | 5 | 14 | xx | 100 | 10 | 6 | w2 | 40 | -85 | 78,8 | 1 | VIII | 4 | siltite | 10 |
| 3 | S | 340 | 10 | 50 | xx | 100 | 10 | 6 | w2 | 40 | -80 | 78,8 | 1 | VIII | 3 | siltite | 10 |
| 4 | S | 354 | 20 | 50 | xx | 100 | 20 | 5 | w2 | 32 | -70 | 51,8 | 1 | VIII | 5 | siltite | 20 |
| 5 | S | 288 | 5 | 45 | xx | 100 | 10 | 6 | w2 | 34 | -85 | 58,2 | 1 | VIII | 4 | siltite | 10 |
| 6 | S | 278 | 5 | 15 | xx | 100 | 10 | 6 | w2 | 30 | -85 | 47,2 | 1 | VIII | 4 | siltite | 10 |
| 7 | S | 354 | 25 | 55 | xx | 100 | 10 | 6 | w2 | 38 | -65 | 70,1 | 1 | VIII | 4 | siltite | 10 |
| 8 | S | 305 | 20 | 30 | xx | 100 | 10 | 6 | w2 | 26 | -70 | 37,8 | 1 | VIII | 5 | siltite | 10 |
| 9 | S | 340 | 25 | 50 | xx | 100 | 10 | 5 | w2 | 30 | -65 | 46,5 | 1 | VIII | 5 | siltite | 10 |
| 10 | S | 356 | 5 | 50 | xx | 100 | 5 | 6 | w2 | 32 | -85 | 52,3 | 1 | VIII | 4 | siltite | 5 |
| 11 | K1 | 224 | 80 | 40 | xx | 100 | 0 | 1 | w2 | 42 | -10 | 76,8 | 2 | V | 8 | assente | 0 |
| 12 | K1 | 234 | 80 | 140 | xx | 100 | 10 | 2 | w2 | 30 | -10 | 41,2 | 2 | V | 8 | assente | 0 |
| 13 | K1 | 240 | 78 | 200 | xx | 100 | 0 | 1 | w2 | 42 | -12 | 77,2 | 2 | V | 10 | assente | 0 |
| 14 | K1 | 226 | 70 | 70 | xx | 100 | 20 | 2 | w2 | 36 | -20 | 57,9 | 2 | V | 7 | assente | 0 |
| 15 | K1 | 224 | 80 | 70 | xx | 100 | 0 | 1 | w2 | 42 | -10 | 76,8 | 2 | V | 6 | assente | 0 |
| 16 | K1 | 220 | 80 | 20 | xx | 100 | 10 | 2 | w2 | 36 | -10 | 56,4 | 2 | V | 8 | assente | 0 |
| 17 | K1 | 228 | 80 | 80 | xx | 100 | 0 | 1 | w2 | 38 | -10 | 62,4 | 2 | V | 8 | assente | 0 |
| 18 | K1 | 248 | 90 | 80 | xx | 100 | 10 | 2 | w2 | 36 | 0 | 54,7 | 2 | V | 8 | assente | 0 |
| 19 | K1 | 230 | 85 | 40 | xx | 100 | 15 | 2 | w2 | 44 | -5 | 84,6 | 2 | V | 10 | assente | 0 |
| 20 | K1 | 218 | 90 | 80 | xx | 100 | 0 | 1 | w2 | 46 | -10 | 95,1 | 2 | V | 8 | assente | 0 |
| 21 | K2 | 90 | 90 | 50 | xx | 80 | 10 | 2 | w2 | 36 | 0 | 54,7 | 1 | VIII | 8 | assente | 0 |
| 22 | K2 | 88 | 90 | 70 | xx | 8 | 5 | 2 | w2 | 30 | 0 | 40,0 | 1 | VIII | 8 | assente | 0 |
| 23 | K2 | 118 | 88 | 30 | xx | 100 | 5 | 2 | w2 | 44 | -2 | 83,8 | 1 | VIII | 6 | assente | 0 |
| 24 | K2 | 118 | 80 | 50 | xx | 90 | 8 | 2 | w2 | 42 | -10 | 76,8 | 1 | VIII | 6 | assente | 0 |
| 25 | K2 | 108 | 80 | 70 | xx | 80 | 10 | 2 | w2 | 34 | -10 | 50,7 | 1 | VIII | 8 | assente | 0 |
| 26 | K2 | 80 | 80 | 80 | xx | 100 | 5 | 2 | w2 | 36 | -10 | 56,4 | 1 | VIII | 8 | assente | 0 |
| 27 | K2 | 260 | 80 | 5 | xx | 80 | 10 | 2 | w2 | 48 | -10 | 105,7 | 1 | VIII | 6 | assente | 0 |
| 28 | K2 | 98 | 80 | 70 | xx | 80 | 10 | 2 | w2 | 26 | -10 | 33,5 | 1 | VIII | 8 | assente | 0 |
| 29 | K2 | 100 | 90 | 50 | xx | 8 | 5 | 2 | w2 | 46 | 0 | 93,2 | 1 | VIII | 8 | assente | 0 |
| 30 | K2 | 70 | 90 | 70 | xx | 90 | 10 | 2 | w2 | 42 | 0 | 74,9 | 1 | VIII | 8 | assente | 0 |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 47 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

*RILIEVO GEOMECCANICO*
*Ubicazione area di rilievo*

| | |
|---|---|
| Committente | Anas S.p.A. |
| Commessa | SS 1 Aurelia variante di Imperia |
| Località | Artallo |
| Coordinate | Gauss-Boaga X: 1420602 Y: 4859841 Quota: 75 |
| Data | 15/04/2010 |
| Area di rilievo geomeccanico | RG3 |

*Stralcio planimetrico*




*Scala 1:5.000*

RTI di progettazione:
Mandataria
PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.
Mandanti
delta ingegneria
ViA INGEGNERIA

**RILIEVO GEOMECCANICO**
**Scheda di sintesi**

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia variante di Imperia |
| **Località** | Artallo |
| **Coordinate** | Gauss-Boaga X: 1420602 Y: 4859841 Quota: 75 |
| **Data** | 16/04/2010 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | RG3 |



**Condizioni generali dell'ammasso roccioso**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Giacitura del fronte di misura | [°/°] | 270/70 | |
| Giacitura generale del pendio | [°/°] | 260/35 | |
| Dimensioni dell'area di rilievo geomeccanico | [m x m] | 5 x 7 | |
| Volume roccioso unitario medio [dimensioni] | [cm x cm x cm] | 30 x 20 x 40 | |
| [forma] | [-] | prismatico | |
| Resistenza a compressione monoassiale del materiale roccia: | litologia | A | B |
| | moda [MPa] | 64 | |
| | variabilità [MPa] | 37-100 | |
| Percentuale relativa | [%] | | |
| Intercetta delle discontinuità | [cm] | 27,2 | valori modali |
| Numero di discontinuità per metro cubo d'ammasso - $J_v$ | [n°/m$^3$] | 3,7 | |

| Grado di alterazione dell'ammasso | non alterato | debolm. alterato | moder. alterato | molto alterato | decom-posto |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ■ | | | |
| **Condizioni di umidità dell'ammasso** | asciutto | umido | bagnato | stillicidio | flusso |
| | ■ | | | | |

**Geological Strength Index**

| Struttura in ammassi complessi | A | B | C | D | E | F | G | H |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ■ | | | | | | |
| **Struttura in ammassi omogenei** | I | B | VB | B/D/S | D | L/S | | |
| | | | | | | | | |
| **Condizioni delle discontinuità** | VG | G | F | P | VP | | | |
| | | ■ | ■ | | | GSI | 50±5 | |

**Litologia e descrizione geologica generale**

Arenarie grigie, nocciola in alterazione, in strati decimetrici e banchi metrici con sottili interstrati siltitici di spessore centimetrico.

**Condizioni generali delle discontinuità**

| set | giacitura [°/°] | spaziatura [cm] moda | spaziatura [cm] variabilità | persistenza [%] moda | persistenza [%] variabilità | apertura [mm] moda | apertura [mm] variabilità | ondulazione e rugosità | JRC [-] moda | JRC [-] variabilità | Jr [-] moda | Jr [-] variabilità | JCS [MPa] moda | JCS [MPa] variabilità | Ja [-] moda | Ja [-] variabilità | alterazione | pellicole materiale prevalente: sabbia | pellicole: limo | pellicole: argilla | riempimento materiale prevalente: minerali asbestiformi | riempimento: vene minerali | riempimento: sabbia | riempimento: limo | riempimento: argilla | riempimento: scaglie e argilla | riempimento: materiale rigonfiante | durezza: duro | durezza: tenero | spessore [mm]: < 5 | spessore [mm]: > 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S | 119/35 | 83 | 26-160 | 100 | - | 5 | 5-30 | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | 6 | 4-6 | 1 | 0 | 29 | 23-46 | 4 | 4-5 | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | ■ | | | | | | ■ | | | | ■ | | | ■ |
| K1 | 219/82 | 197 | 150-250 | 80 | 80-90 | 0 | 0-5 | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | 4 | 4-6 | 1 | 0 | 23 | 19-27 | 1 | 1-2 | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | ■ | | | | | | | | | | | | | |
| K2 | 354/79 | 125 | 90-300 | 80 | 80/90 | 0 | 0-5 | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | 6 | 4-8 | 1 | 0 | 15 | 15-19 | 1 | 1-2 | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | ■ | | | | | | | | | | | | | |
| K3 | 281/62 | 75 | 40-90 | 80 | 70-90 | 0 | 0-5 | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | 4 | 4-6 | 1 | 0 | 24 | 17-53 | 1 | 1-2 | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | ■ | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | | | | | | | | | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | | | | | | | | | | | | | | |

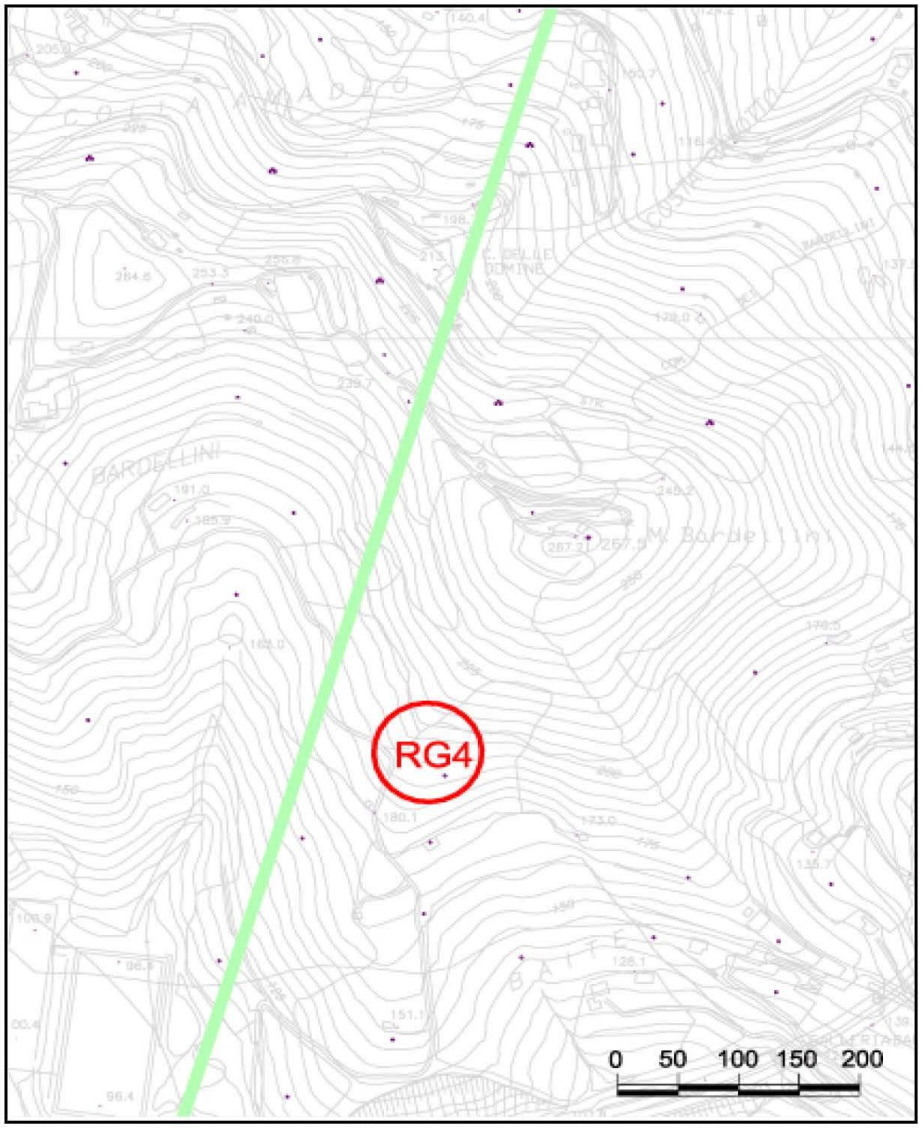
**Rilievo di dettaglio delle discontinuità** | **Rilievo geomeccanico n° RG3**

| n° | set | giacitura | | spaziatura | terminazione | persistenza lineare | apertura | alterazione | | JCS | | | rugosità | | | riempimento | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | Barton | ISRM | | | | Barton | ISRM | | | |
| | | imm.[°] | incl. [°] | [cm] | [x-d-r] | [%] | [mm] | Ja | [w1-w5] | R | α | [MPa] | Jr | [I-IX] | JRC | tipo | [mm] |
| 1 | S | 110 | 30 | 160 | x-x | 100 | 30 | 5 | w2 | 24 | 60 | 23,60 | 1 | VIII | 6 | siltite | 30 |
| 2 | S | 110 | 30 | 40 | x-x | 100 | 10 | 5 | w2 | 28 | 60 | 29,50 | 1 | VIII | 6 | siltite | 10 |
| 3 | S | 128 | 38 | 26 | x-x | 100 | 5 | 4 | w2 | 32 | 52 | 37,62 | 1 | VIII | 4 | siltite | 5 |
| 4 | S | 120 | 40 | 90 | x-x | 100 | 20 | 5 | w2 | 30 | 50 | 33,82 | 1 | VIII | 6 | siltite | 20 |
| 5 | S | 132 | 28 | 40 | x-x | 100 | 5 | 4 | w2 | 26 | 62 | 26,25 | 1 | VIII | 6 | siltite | 5 |
| 6 | S | 110 | 40 | 40 | x-x | 100 | 5 | 4 | w2 | 32 | 50 | 37,81 | 1 | VIII | 4 | siltite | 5 |
| 7 | S | 110 | 45 | 70 | x-x | 100 | 5 | 4 | w2 | 24 | 45 | 24,71 | 1 | VIII | 6 | siltite | 5 |
| 8 | S | 145 | 28 | 35 | x-x | 100 | 20 | 5 | w2 | 28 | 62 | 29,50 | 1 | VIII | 5 | siltite | 20 |
| 9 | S | 130 | 32 | 90 | x-x | 100 | 5 | 4 | w2 | 36 | 58 | 46,30 | 1 | VIII | 4 | siltite | 5 |
| 10 | S | 110 | 45 | 40 | x-x | 100 | 20 | 5 | w2 | 28 | 45 | 30,72 | 1 | VIII | 4 | siltite | 20 |
| 11 | K1 | 230 | 80 | 200 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 20 | -10 | 24,58 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 12 | K1 | 212 | 85 | 150 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 20 | -5 | 24,21 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 13 | K1 | 224 | 85 | 200 | xd | 90 | 2 | 2 | w2 | 20 | -5 | 24,21 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 14 | K1 | 220 | 80 | 200 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 22 | -10 | 27,20 | 1 | VIII | 6 | assente | 0 |
| 15 | K1 | 210 | 75 | 150 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 20 | -15 | 24,96 | 1 | VIII | 5 | assente | 0 |
| 16 | K1 | 230 | 90 | 170 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 16 | 0 | 19,47 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 17 | K1 | 220 | 80 | 200 | xd | 90 | 5 | 2 | w2 | 20 | -10 | 24,58 | 1 | VIII | 6 | assente | 0 |
| 18 | K1 | 215 | 85 | 250 | xd | 90 | 0 | 1 | w2 | 18 | -5 | 21,88 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 19 | K1 | 220 | 75 | 250 | xd | 80 | 2 | 2 | w2 | 20 | -15 | 24,96 | 1 | VIII | 6 | assente | 0 |
| 20 | K1 | 210 | 85 | 200 | xd | 80 | 5 | 2 | w2 | 18 | -5 | 21,88 | 1 | VIII | 6 | assente | 0 |
| 21 | K2 | 340 | 75 | 130 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 12 | 15 | 15,04 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 22 | K2 | 342 | 80 | 300 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 14 | 10 | 16,98 | 1 | VIII | 6 | assente | 0 |
| 23 | K2 | 345 | 80 | 150 | xd | 80 | 5 | 2 | w2 | 12 | 10 | 15,35 | 1 | VIII | 6 | assente | 0 |
| 24 | K2 | 350 | 75 | 300 | xd | 90 | 0 | 1 | w2 | 16 | 15 | 18,32 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 25 | K2 | 190 | 88 | 30 | xd | 80 | 5 | 2 | w2 | 12 | 2 | 15,82 | 1 | VIII | 8 | assente | 0 |
| 26 | K2 | 5 | 75 | 200 | xd | 80 | 2 | 2 | w2 | 14 | 15 | 16,64 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 27 | K2 | 354 | 75 | 150 | xd | 90 | 0 | 1 | w2 | 12 | 15 | 15,04 | 1 | VIII | 6 | assente | 0 |
| 28 | K2 | 358 | 70 | 30 | xd | 80 | 2 | 2 | w2 | 16 | 20 | 17,96 | 1 | VIII | 6 | assente | 0 |
| 29 | K2 | 345 | 80 | 200 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 12 | 10 | 15,35 | 1 | VIII | 8 | assente | 0 |
| 30 | K2 | 6 | 85 | 250 | xd | 90 | 2 | 2 | w2 | 16 | 5 | 19,08 | 1 | VIII | 6 | assente | 0 |
| 31 | K3 | 280 | 70 | 40 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 20 | -20 | 25,34 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 32 | K3 | 275 | 65 | 70 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 20 | -25 | 25,73 | 1 | VIII | 6 | assente | 0 |
| 33 | K3 | 285 | 60 | 80 | xd | 70 | 2 | 2 | w2 | 14 | -30 | 19,28 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 34 | K3 | 285 | 55 | 90 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 32 | -35 | 48,96 | 1 | VIII | 6 | assente | 0 |
| 35 | K3 | 284 | 60 | 80 | xd | 90 | 2 | 2 | w2 | 22 | -30 | 28,91 | 1 | VIII | 6 | assente | 0 |
| 36 | K3 | 280 | 65 | 70 | xd | 80 | 5 | 2 | w2 | 20 | -25 | 25,73 | 1 | VIII | 6 | assente | 0 |
| 37 | K3 | 285 | 60 | 70 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 34 | -30 | 53,63 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 38 | K3 | 280 | 65 | 80 | xd | 90 | 2 | 2 | w2 | 12 | -25 | 17,24 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 39 | K3 | 275 | 60 | 90 | xd | 90 | 0 | 1 | w2 | 18 | -30 | 23,60 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 40 | K3 | 280 | 65 | 90 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 30 | -25 | 43,13 | 1 | VIII | 6 | assente | 0 |
| 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 47 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

*RILIEVO GEOMECCANICO*
*Ubicazione area di rilievo*

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia variante di Imperia |
| **Località** | Bardellino |
| **Coordinate** | Gauss-Boaga X: 1421425 Y: 4860446 Quota: 192 |
| **Data** | 15/04/2010 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | RG4 |

*Stralcio planimetrico*




*Scala 1:5.000*

RTI di progettazione:
Mandataria
Mandanti

**RILIEVO GEOMECCANICO**
**Scheda di sintesi**

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia variante di Imperia |
| **Località** | Bardellini |
| **Coordinate** | Gauss-Boaga X: 1421425 Y: 4860446 Quota: 192 |
| **Data** | 15/04/2010 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | RG4 |



**Condizioni generali dell'ammasso roccioso**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Giacitura del fronte di misura | [°/°] | 190/80 | |
| Giacitura generale del pendio | [°/°] | 190/30 | |
| Dimensioni dell'area di rilievo geomeccanico | [m x m] | 2 X 10 | |
| Volume roccioso unitario medio [dimensioni] | [cm x cm x cm] | 50 X 30 X 20 | |
| [forma] | [-] | prismatico | |
| Resistenza a compressione monoassiale del materiale roccia: | litologia | A | B |
| | moda [MPa] | 76 | |
| | variabilità [MPa] | 22-137 | |
| Percentuale relativa | [%] | | |
| Intercetta delle discontinuità | [cm] | 15,4 | valori modali |
| Numero di discontinuità per metro cubo d'ammasso - $J_v$ | [n°/m$^3$] | 6,5 | |

| Grado di alterazione dell'ammasso | non alterato | debolm. alterato | moder. alterato | molto alterato | decom-posto |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ■ | | | |
| **Condizioni di umidità dell'ammasso** | asciutto | umido | bagnato | stillicidio | flusso |
| | ■ | | | | |

**Geological Strength Index**

| Struttura in ammassi complessi | A | B | C | D | E | F | G | H |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ■ | | | | | | |
| Struttura in ammassi omogenei | I | B | VB | B / D / S | D | L / S | | |
| | | ■ | | | | | | |
| Condizioni delle discontinuità | VG | G | F | P | VP | | | |
| | | | ■ | | | GSI | 40± 5 | |

**Litologia e descrizione geologica generale**

*Arenarie grigie, nocciola in alterazione, in strati da decimetrici a metrici alternate a siltiti marnose grigie in livelli di spessore da centimetrico a decimetrico. Il rapporto stratimetrico tra i livelli arenacei ed i livelli siltitici, misurato lungo uno stendimento di 6,4 m è risultato pari a 6,7 (Arenarie 87% - Siltiti 13%).*

**Condizioni generali delle discontinuità**

| set | giacitura [°/°] | spaziatura [cm] moda | spaziatura [cm] variabilità | persistenza [%] moda | persistenza [%] variabilità | apertura [mm] moda | apertura [mm] variabilità | ondulazione e rugosità | JRC [-] moda | JRC [-] variabilità | Jr [-] moda | Jr [-] variabilità | JCS [MPa] moda | JCS [MPa] variabilità | Ja [-] moda | Ja [-] variabilità | alterazione | pellicole: materiale prevalente: sabbia | pellicole: materiale prevalente: limo | pellicole: materiale prevalente: argilla | riempimento: materiale prevalente: minerali assestiformi | riempimento: materiale prevalente: vene minerali | riempimento: materiale prevalente: sabbia | riempimento: materiale prevalente: limo | riempimento: materiale prevalente: argilla | riempimento: materiale prevalente: scaglie e argilla | riempimento: materiale prevalente: materiale rimaneggiato | riempimento: durezza: duro | riempimento: durezza: tenero | riempimento: spessore [mm]: < 5 | riempimento: spessore [mm]: > 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1-S | 25/45 | 40 | 6-150 | 100 | - | 20 | 2-500 | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / liscieta | 4 | 4-8 | 1 | - | 55 | 33-73 | 4 | 4-5 | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | | | | | ■ | | | | | | ■ | | | ■ |
| 2-K1 | 120/84 | 45 | 5-120 | 100 | - | 5 | 3-50 | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / liscieta | 4 | 4-6 | 1 | - | 46 | 24-93 | 0,75 | 0,75-1 | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | | | | | ■ | | | | | | ■ | | | ■ |
| 3-K2 | 266/73 | 45 | 15-90 | 80 | 80-90 | 10 | 0-15 | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / liscieta | 4 | 4-6 | 1 | - | 27 | 22-55 | 0,75 | 0,75-1 | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | | | | | ■ | | | | | | ■ | | | ■ |
| | | | | | | | | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / liscieta | | | | | | | | | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / liscieta | | | | | | | | | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | | | | | | | | | | | | | | |

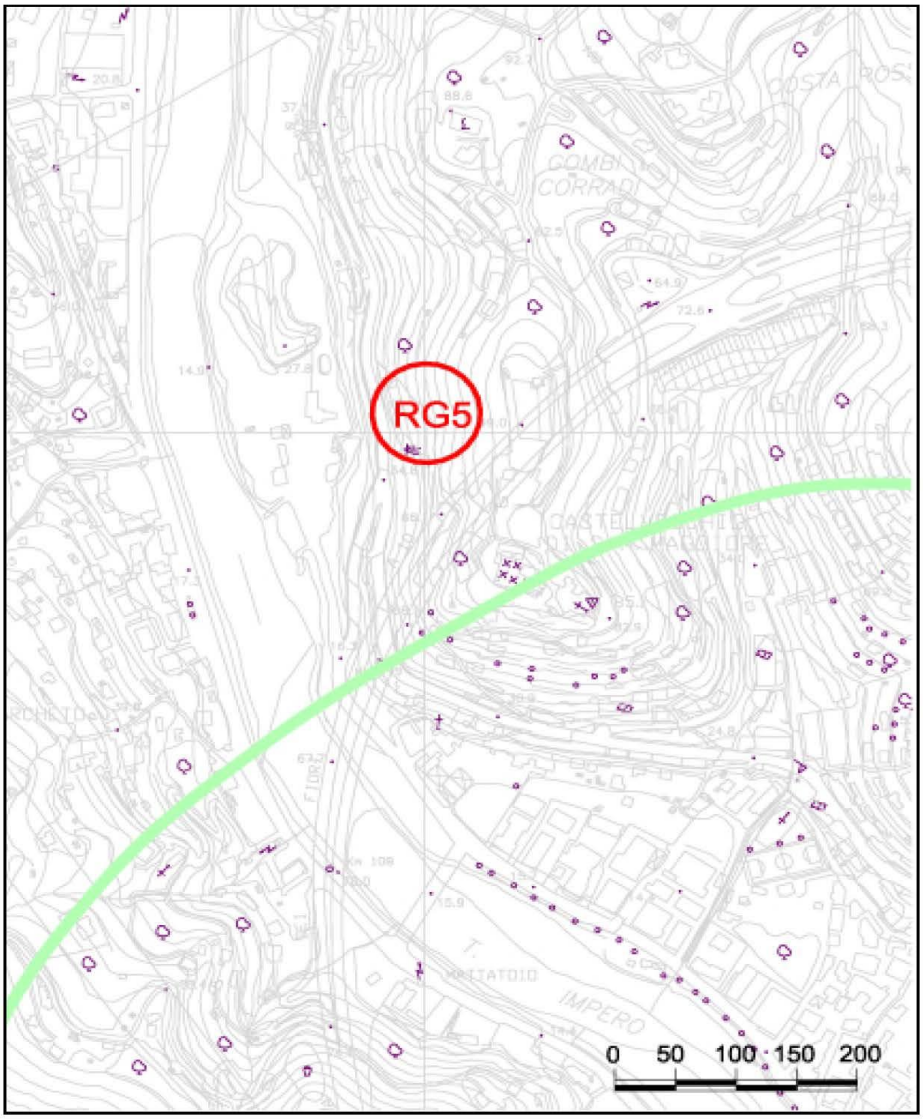
**Rilievo di dettaglio delle discontinuità** | **Rilievo geomeccanico n°** RG4

| n° | set | giacitura | | spaziatura | terminazione | persistenza lineare | apertura | alterazione | | JCS | | | rugosità | | | riempimento | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | Barton | ISRM | | | | Barton | ISRM | | | |
| | | imm.[°] | incl. [°] | [cm] | [x-d-r] | [%] | [mm] | Ja | [w1-w5] | R | α | [MPa] | Jr | [I-IX] | JRC | tipo | [mm] |
| 1 | S | 22 | 45 | 40 | xx | 100 | 20 | 5 | w2 | 40 | 45 | 59,3 | 1 | VIII | 4 | siltite | 20 |
| 2 | S | 26 | 45 | 25 | xx | 100 | 2 | 4 | w2 | 30 | 45 | 34,3 | 1 | VIII | 6 | siltite | 2 |
| 3 | S | 30 | 50 | 6 | xx | 100 | 2 | 4 | w2 | 34 | 40 | 43,4 | 1 | VIII | 4 | siltite | 2 |
| 4 | S | 18 | 40 | 60 | xx | 100 | 20 | 5 | w2 | 30 | 50 | 33,8 | 1 | VIII | 8 | siltite | 20 |
| 5 | S | 22 | 40 | 120 | xx | 100 | 50 | 5 | w2 | 36 | 50 | 47,0 | 1 | VIII | 4 | siltite | 50 |
| 6 | S | 26 | 50 | 150 | xx | 100 | 100 | 5 | w2 | 36 | 40 | 48,5 | 1 | VIII | 4 | siltite | 100 |
| 7 | S | 22 | 40 | 85 | xx | 100 | 50 | 5 | w2 | 44 | 50 | 73,4 | 1 | VIII | 8 | siltite | 50 |
| 8 | S | 22 | 45 | 40 | xx | 100 | 500 | 5 | w2 | 38 | 45 | 53,4 | 1 | VIII | 6 | siltite | 500 |
| 9 | S | 38 | 50 | 30 | xx | 100 | 50 | 5 | w2 | 38 | 40 | 53,9 | 1 | VIII | 6 | siltite | 50 |
| 10 | S | 20 | 45 | 60 | xx | 100 | 10 | 5 | w2 | 38 | 45 | 53,4 | 1 | VIII | 4 | siltite | 10 |
| 11 | K1 | 126 | 80 | 80 | xx | 100 | 3 | 0,75 | w2 | 20 | -10 | 24,6 | 1 | VIII | 4 | calcite | 3 |
| 12 | K1 | 128 | 82 | 20 | xx | 100 | 4 | 1 | w2 | 20 | -8 | 24,5 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 13 | K1 | 118 | 85 | 120 | xx | 100 | 4 | 0,75 | w2 | 42 | -5 | 76,1 | 1 | VIII | 6 | calcite | 4 |
| 14 | K1 | 110 | 88 | 5 | xx | 100 | 3 | 1 | w2 | 32 | -2 | 44,7 | 1 | VIII | 6 | assente | 0 |
| 15 | K1 | 112 | 88 | 55 | xx | 100 | 20 | 1 | w2 | 28 | -2 | 36,3 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 16 | K1 | 120 | 82 | 35 | xx | 100 | 15 | 0,75 | w2 | 32 | -8 | 45,6 | 1 | VIII | 4 | calcite | 15 |
| 17 | K1 | 118 | 88 | 25 | xx | 100 | 3 | 1 | w2 | 46 | -2 | 93,6 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 18 | K1 | 124 | 82 | 45 | xx | 100 | 50 | 0,75 | w2 | 34 | -8 | 50,5 | 1 | VIII | 6 | calcite | 20 |
| 19 | K1 | 120 | 85 | 120 | xx | 100 | 20 | 0,75 | w2 | 20 | -5 | 24,2 | 1 | VIII | 4 | calcite | 20 |
| 20 | K1 | 280 | 80 | 45 | xx | 100 | 20 | 0,75 | w2 | 22 | -10 | 27,2 | 1 | VIII | 6 | calcite | 20 |
| 21 | K2 | 246 | 65 | 20 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 28 | -25 | 38,8 | 1 | VIII | 6 | assente | 0 |
| 22 | K2 | 260 | 65 | 70 | xd | 80 | 10 | 0,75 | w2 | 26 | -25 | 35,0 | 1 | VIII | 6 | calcite | 10 |
| 23 | K2 | 270 | 65 | 15 | xd | 90 | 3 | 0,75 | w2 | 28 | -25 | 38,8 | 1 | VIII | 4 | calcite | 3 |
| 24 | K2 | 272 | 70 | 60 | xd | 90 | 15 | 0,75 | w2 | 26 | -20 | 34,5 | 1 | VIII | 4 | calcite | 5 |
| 25 | K2 | 276 | 75 | 30 | xd | 80 | 15 | 0,75 | w2 | 20 | -20 | 25,3 | 1 | VIII | 4 | calcite | 15 |
| 26 | K2 | 274 | 75 | 55 | xd | 90 | 3 | 0,75 | w2 | 22 | -15 | 27,8 | 1 | VIII | 4 | calcite | 3 |
| 27 | K2 | 248 | 70 | 45 | xd | 90 | 12 | 0,75 | w2 | 20 | -20 | 25,3 | 1 | VIII | 6 | calcite | 12 |
| 28 | K2 | 270 | 75 | 45 | xd | 80 | 10 | 0,75 | w2 | 18 | -15 | 22,6 | 1 | VIII | 4 | calcite | 10 |
| 29 | K2 | 264 | 80 | 90 | xd | 80 | 4 | 0,75 | w2 | 20 | -10 | 24,6 | 1 | VIII | 4 | calcite | 4 |
| 30 | K2 | 262 | 85 | 75 | xd | 90 | 2 | 0,75 | w2 | 36 | -5 | 55,6 | 1 | VIII | 6 | calcite | 2 |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 47 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

*RILIEVO GEOMECCANICO*
*Ubicazione area di rilievo*

| | |
|---|---|
| *Committente* | *Anas S.p.A.* |
| *Commessa* | *SS 1 Aurelia variante di Imperia* |
| *Località* | *SS 28* |
| *Coordinate* | *Gauss-Boaga X: 1421949 Y: 4861837 Quota: 35* |
| *Data* | *16/04/2010* |
| *Area di rilievo geomeccanico* | *RG5* |

*Stralcio planimetrico*




*Scala 1:5.000*

RTI di progettazione:
Mandataria
PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.
Mandanti
delta ingegneria
ViA INGEGNERIA

**RILIEVO GEOMECCANICO**
**Scheda di sintesi**

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia variante di Imperia |
| **Località** | SS 28 |
| **Coordinate** | Gauss-Boaga X: 1421949 Y: 4861837 Quota: 35 |
| **Data** | 16/04/2010 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | RG5 |



**Condizioni generali dell'ammasso roccioso**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Giacitura del fronte di misura | [°/°] | 250/50 | |
| Giacitura generale del pendio | [°/°] | 250/40 | |
| Dimensioni dell'area di rilievo geomeccanico | [m x m] | 3 X 10 | |
| Volume roccioso unitario medio [dimensioni] | [cm x cm x cm] | 20x15x5 | |
| [forma] | [-] | prismatico | |
| Resistenza a compressione monoassiale del materiale roccia: | litologia | A | B |
| | moda [MPa] | 75 | 4 |
| | variabilità [MPa] | 28-120 | 3-5 |
| Percentuale relativa | [%] | 34 | 66 |
| Intercetta delle discontinuità | [cm] | 7,6 | valori modali |
| Numero di discontinuità per metro cubo d'ammasso - $J_v$ | [n°/m$^3$] | 13,2 | |

| Grado di alterazione dell'ammasso | non alterato | debolm. alterato | moder. alterato | molto alterato | decom-posto |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ■ | | | |
| **Condizioni di umidità dell'ammasso** | asciutto | umido | bagnato | stillicidio | flusso |
| | ■ | | | | |

**Geological Strength Index**

| Struttura in ammassi complessi | A | B | C | D | E | F | G | H |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ■ | | | | | |
| Struttura in ammassi omogenei | I | B | VB | B / D / S | D | L / S | | |
| | | | | | | | | |
| Condizioni delle discontinuità | VG | G | F | P | VP | | | |
| | | | ■ | | | GSI | 35±5 | |

**Litologia e descrizione geologica generale**

Alternanze di arenarie medio-fini grigie, nocciola in alterazione, in strati da decimetrici a metrici, e siltiti marnose in livelli da centiemtrici a decimetrici. Il rapporto stratimetrico tra le arenarie e le siltiti, rilevato su una lunghezza di circa 10 m, è risultato pari a 0,51 (Arenarie 34% - Siltiti 66%)

**Condizioni generali delle discontinuità**

| set | giacitura [°/°] | spaziatura [cm] moda | spaziatura [cm] variabilità | persistenza [%] moda | persistenza [%] variabilità | apertura [mm] moda | apertura [mm] variabilità | ondulazione e rugosità | JRC [-] moda | JRC [-] variabilità | Jr [-] moda | Jr [-] variabilità | JCS [MPa] moda | JCS [MPa] variabilità | Ja [-] moda | Ja [-] variabilità | alterazione | pellicole materiale prevalente | riempimento materiale prevalente | riempimento durezza | riempimento spessore [mm] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S | 141/81 | 20 | 2-170 | 100 | - | 90 | 3-900 | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | 3 | 3-6 | 1 | - | 35 | 22-104 | 5 | 4-5 | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | | | | |
| K1 | 55/12 | 20 | 17-50 | 100 | - | 0 | 0-10 | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | 4 | 3-6 | 1 | - | 28 | 9-49 | 1 | 0,75-4 | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | | | | |
| K2 | 70/62 | 25 | 13-45 | 80 | 80-90 | 10 | 0-10 | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | 6 | 3-8 | 1 | - | 33 | 19-52 | 1 | 0,75-1 | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | | | | |
| | | | | | | | | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | | | | | | | | | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | | | | |
| | | | | | | | | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | | | | | | | | | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | | | | |

Rilievo di dettaglio delle discontinuità

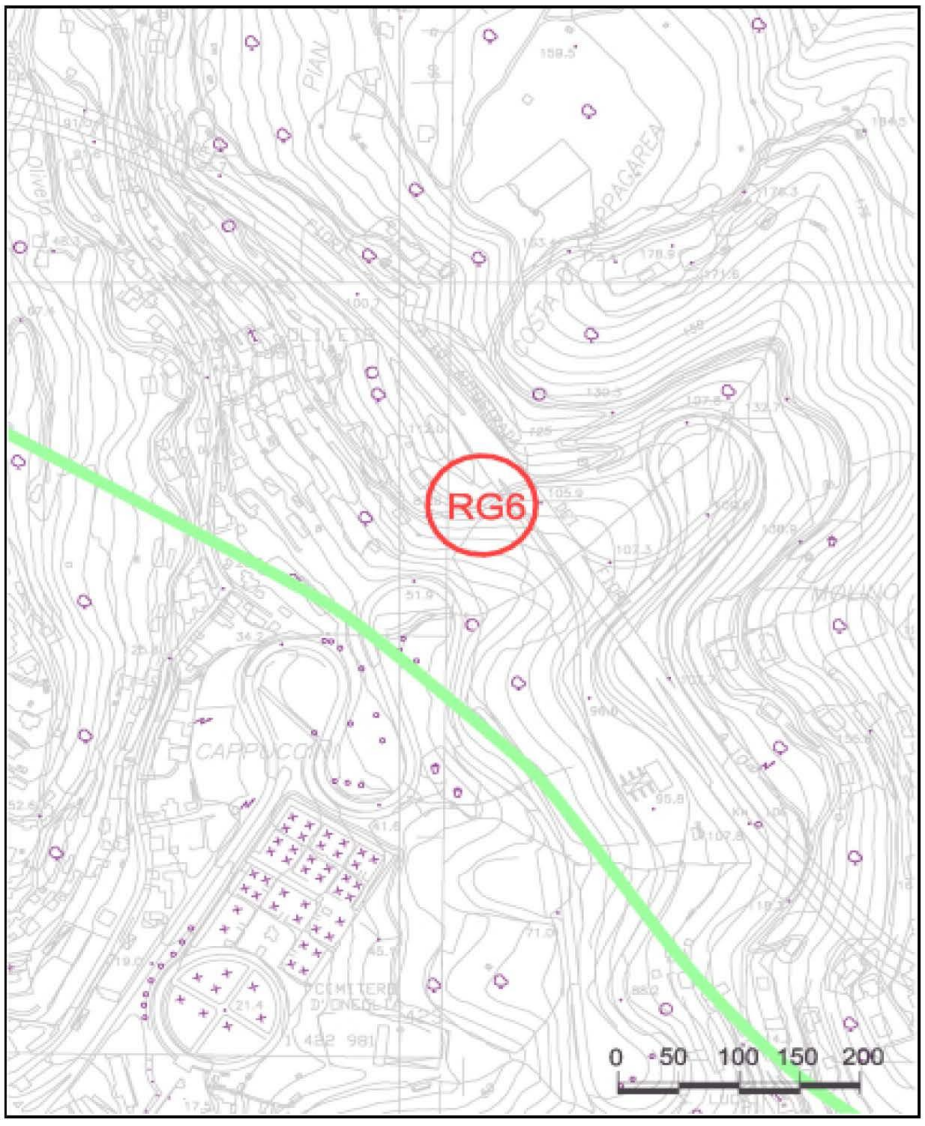
Rilievo geomeccanico n° RG5

| n° | set | giacitura | | spaziatura | terminazione | persistenza lineare | apertura | alterazione | | JCS | | | rugosità | | | riempimento | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | Barton | ISRM | | | | Barton | ISRM | | | |
| | | imm.[°] | incl. [°] | [cm] | [x-d-r] | [%] | [mm] | Ja | [w1-w5] | R | α | [MPa] | Jr | [I-IX] | JRC | tipo | [mm] |
| 1 | S | 138 | 90 | 84 | xx | 100 | 700 | 5 | w2 | 36 | 0 | 54,7 | 1 | VIII | 3 | siltite | 700 |
| 2 | S | 136 | 90 | 46 | xx | 100 | 400 | 5 | w2 | 30 | 0 | 40,0 | 1 | VIII | 4 | siltite | 400 |
| 3 | S | 142 | 88 | 26 | xx | 100 | 10 | 5 | w2 | 48 | -2 | 104,1 | 1 | VIII | 3 | siltite | 10 |
| 4 | S | 142 | 75 | 16 | xx | 100 | 130 | 5 | w2 | 40 | -15 | 70,1 | 1 | VIII | 3 | siltite | 130 |
| 5 | S | 130 | 75 | 140 | xx | 100 | 400 | 5 | w2 | 43 | -15 | 82,1 | 1 | VIII | 4 | siltite | 400 |
| 6 | S | 142 | 80 | 170 | xx | 100 | 900 | 5 | w2 | 42 | -10 | 76,8 | 1 | VIII | 5 | siltite | 900 |
| 7 | S | 154 | 70 | 7 | xx | 100 | 5 | 5 | w2 | 22 | -20 | 28,2 | 1 | VIII | 3 | siltite | 5 |
| 8 | S | 144 | 75 | 3 | xx | 100 | 3 | 4 | w2 | 26 | -15 | 34,0 | 1 | VIII | 4 | siltite | 3 |
| 9 | S | 138 | 85 | 2 | xx | 100 | 3 | 4 | w2 | 26 | -5 | 33,0 | 1 | VIII | 6 | siltite | 3 |
| 10 | S | 145 | 80 | 13 | xx | 100 | 70 | 5 | w2 | 18 | -10 | 22,2 | 1 | VIII | 3 | siltite | 70 |
| 11 | K1 | 360 | 12 | 26 | xx | 100 | 10 | 0,75 | w2 | 15 | 88 | 12,7 | 1 | VIII | 4 | calcite | 10 |
| 12 | K1 | 295 | 10 | 20 | xx | 100 | 10 | 1 | w2 | 10 | 80 | 9,5 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 13 | K1 | 80 | 20 | 20 | xx | 100 | 5 | 4 | w2 | 15 | 70 | 13,7 | 1 | VIII | 5 | scaglie | 5 |
| 14 | K1 | 70 | 20 | 30 | xx | 100 | 5 | 4 | w2 | 26 | 70 | 25,9 | 1 | VIII | 6 | scaglie | 5 |
| 15 | K1 | 120 | 20 | 18 | xx | 100 | 0 | 1 | w2 | 26 | 70 | 25,9 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 16 | K1 | 5 | 10 | 17 | xx | 100 | 0 | 1 | w2 | 38 | 80 | 49,7 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 17 | K1 | 10 | 15 | 22 | xx | 100 | 0 | 1 | w2 | 20 | 75 | 18,2 | 1 | VIII | 3 | assente | 0 |
| 18 | K1 | 48 | 15 | 18 | xx | 100 | 0 | 1 | w2 | 22 | 75 | 20,4 | 1 | VIII | 3 | assente | 0 |
| 19 | K1 | 60 | 20 | 35 | xx | 100 | 0 | 1 | w2 | 26 | 70 | 25,9 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 20 | K1 | 70 | 20 | 50 | xx | 100 | 0 | 1 | w2 | 28 | 80 | 28,8 | 1 | VIII | 6 | assente | 0 |
| 21 | K2 | 85 | 70 | 20 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 28 | -20 | 38,4 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 22 | K2 | 72 | 65 | 37 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 15 | -25 | 20,1 | 1 | VIII | 6 | assente | 0 |
| 23 | K2 | 68 | 60 | 45 | xd | 90 | 0 | 1 | w2 | 22 | -30 | 28,9 | 1 | VIII | 6 | assente | 0 |
| 24 | K2 | 70 | 70 | 40 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 34 | -20 | 52,3 | 1 | VIII | 8 | assente | 0 |
| 25 | K2 | 75 | 60 | 25 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 32 | -30 | 48,5 | 1 | VIII | 6 | assente | 0 |
| 26 | K2 | 75 | 70 | 25 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 32 | -20 | 47,0 | 1 | VIII | 8 | assente | 0 |
| 27 | K2 | 50 | 80 | 15 | xd | 90 | 0 | 1 | w2 | 28 | -10 | 37,2 | 1 | VIII | 3 | assente | 0 |
| 28 | K2 | 40 | 75 | 13 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 24 | -15 | 30,7 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 29 | K2 | 42 | 75 | 40 | xd | 80 | 10 | 0,75 | w2 | 15 | -15 | 19,5 | 1 | VIII | 8 | calcite | 10 |
| 30 | K2 | 50 | 80 | 16 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 15 | -10 | 19,2 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 47 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

*RILIEVO GEOMECCANICO*
*Ubicazione area di rilievo*

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia variante di Imperia |
| **Località** | Villa Astra - Oliveto |
| **Coordinate** | Gauss-Boaga X: 1423014 Y: 4861618 Quota: 115 |
| **Data** | 16/04/2010 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | RG6 |

*Stralcio planimetrico*




*Scala 1:5.000*

RTI di progettazione:
Mandataria
PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.
Mandanti
delta ingegneria
ViA INGEGNERIA

**RILIEVO GEOMECCANICO**
**Scheda di sintesi**

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia variante di Imperia |
| **Località** | Villa Astra - Oliveto |
| **Coordinate** | Gauss-Boaga X: 1423014 Y: 4861618 Quota: 115 |
| **Data** | 16/04/2010 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | RG6 |



**Condizioni generali dell'ammasso roccioso**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Giacitura del fronte di misura | [°/°] | 180/70 | |
| Giacitura generale del pendio | [°/°] | 180/40 | |
| Dimensioni dell'area di rilievo geomeccanico | [m x m] | 3x7 | |
| Volume roccioso unitario medio [dimensioni] | [cm x cm x cm] | 30x40x20 | |
| [forma] | [-] | prismatico | |
| Resistenza a compressione monoassiale del materiale roccia: | litologia | A | B |
| | moda [MPa] | 58 | |
| | variabilità [MPa] | 18-91 | |
| Percentuale relativa | [%] | 100 | |
| Intercetta delle discontinuità | [cm] | 8,9 | valori modali |
| Numero di discontinuità per metro cubo d'ammasso - $J_v$ | [n°/m$^3$] | 11,2 | |

| Grado di alterazione dell'ammasso | non alterato | debolm. alterato | moder. alterato | molto alterato | decom-posto |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ■ | | | |

| Condizioni di umidità dell'ammasso | asciutto | umido | bagnato | stillicidio | flusso |
|---|---|---|---|---|---|
| | ■ | | | | |

**Geological Strength Index**

| Struttura in ammassi complessi | A | B | C | D | E | F | G | H |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ■ | | | | | | |

| Struttura in ammassi omogenei | I | B | VB | B/D/S | D | L/S |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |

| Condizioni delle discontinuità | VG | G | F | P | VP |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | ■ | | |

GSI: 35±5

**Litologia e descrizione geologica generale**

Arenarie medio-fini grigie, nocciola in alterazione, con gradazione e laminazioni da piano-parallele a convolute in strati di spessore decimetrico separati da sottili interstrati siltitici di spessore centimetrico.

**Condizioni generali delle discontinuità**

| set | giacitura [°/°] | spaziatura [cm] moda | spaziatura [cm] variabilità | persistenza [%] moda | persistenza [%] variabilità | apertura [mm] moda | apertura [mm] variabilità | ondulazione e rugosità | JRC [-] moda | JRC [-] variabilità | Jr [-] moda | Jr [-] variabilità | JCS [MPa] moda | JCS [MPa] variabilità | Ja [-] moda | Ja [-] variabilità | alterazione | pellicole materiale prevalente: sabbia | pellicole: limo | pellicole: argilla | riempimento materiale prevalente: minerali asbestiformi | riempimento: vene minerali | riempimento: sabbia | riempimento: limo | riempimento: argilla | riempimento: scaglie e argilla | riempimento: materiale rigonfiante | durezza: duro | durezza: tenero | spessore [mm]: < 5 | spessore [mm]: > 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S | 239/65 | 21 | 5-110 | 100 | - | 5 | 2-50 | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | 3 | 3-6 | 1 | - | 65 | 38-80 | 5 | 0,75-5 | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | | | | | | ■ | | | | | ■ | | | ■ |
| K1 | 337/76 | 30 | 12-55 | 80 | 70-90 | 0 | 0-5 | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | 6 | 4-8 | 2 | - | 53 | 34-64 | 1 | - | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | ■ | | | | | | | | | | | | | |
| K2 | 102/33 | 21 | 14-60 | 80 | 80-90 | 0 | 0-3 | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | 6 | 4-8 | 1 | - | 30 | 26-46 | 1 | 0,75-1 | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | ■ | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | | | | | | | | | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | | | | | | | | | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | | | | | | | | | | | | | | |

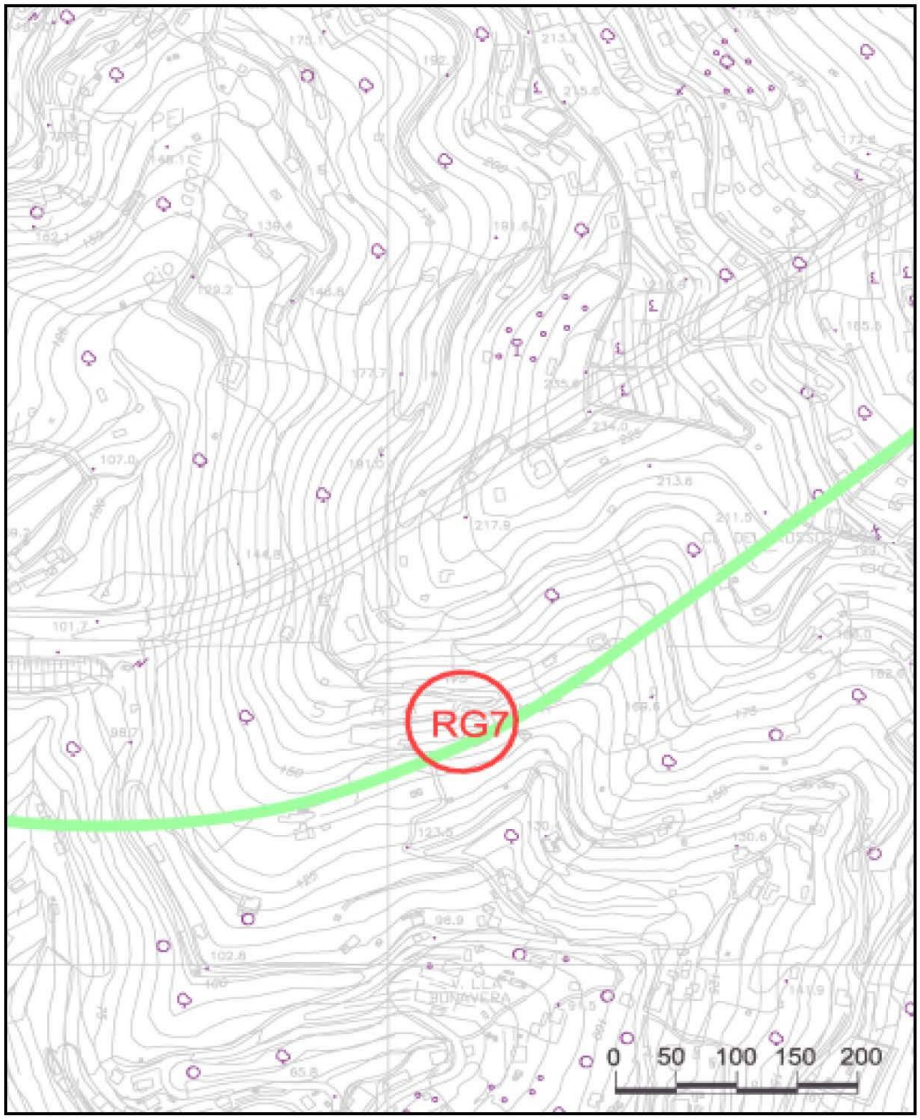
**Rilievo di dettaglio delle discontinuità** | **Rilievo geomeccanico n°** RG6

| n° | set | giacitura | | spaziatura | terminazione | persistenza lineare | apertura | alterazione | | JCS | | | rugosità | | | riempimento | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | Barton | ISRM | | | | Barton | ISRM | | | |
| | | imm.[°] | incl. [°] | [cm] | [x-d-r] | [%] | [mm] | Ja | [w1-w5] | R | α | [MPa] | Jr | [I-IX] | JRC | tipo | [mm] |
| 1 | S | 240 | 65 | 42 | xx | 100 | 5 | 5 | w2 | 38 | -25 | 65,0 | 1 | VIII | 3 | siltite | 5 |
| 2 | S | 232 | 65 | 10 | xx | 100 | 20 | 5 | w2 | 40 | -25 | 71,9 | 1 | VIII | 3 | siltite | 10 |
| 3 | S | 232 | 65 | 20 | xx | 100 | 2 | 1 | w2 | 32 | -25 | 47,7 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 4 | S | 220 | 60 | 47 | xx | 100 | 20 | 0,75 | w2 | 38 | -30 | 65,7 | 1 | VIII | 3 | Calcite | 10 |
| 5 | S | 230 | 60 | 75 | xx | 100 | 20 | 1 | w2 | 42 | -30 | 80,8 | 1 | VIII | 3 | assente | 0 |
| 6 | S | 254 | 60 | 33 | xx | 100 | 5 | 1 | w2 | 32 | -30 | 48,5 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 7 | S | 235 | 70 | 110 | xx | 100 | 50 | 5 | w2 | 28 | -20 | 38,4 | 1 | VIII | 6 | siltite | 40 |
| 8 | S | 245 | 70 | 5 | xx | 100 | 3 | 5 | w2 | 38 | -20 | 64,0 | 1 | VIII | 4 | siltite | 5 |
| 9 | S | 250 | 65 | 17 | xx | 100 | 2 | 1 | w2 | 34 | -25 | 52,8 | 1 | VIII | 3 | assente | 0 |
| 10 | S | 252 | 70 | 15 | xx | 100 | 5 | 5 | w2 | 28 | -20 | 38,4 | 1 | VIII | 3 | siltite | 5 |
| 11 | K1 | 330 | 85 | 55 | xd | 80 | 3 | 1 | w2 | 30 | 5 | 39,4 | 2 | V | 4 | assente | 0 |
| 12 | K1 | 335 | 88 | 40 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 36 | 2 | 54,5 | 2 | V | 6 | assente | 0 |
| 13 | K1 | 325 | 75 | 54 | xd | 70 | 0 | 1 | w2 | 32 | 15 | 42,3 | 2 | V | 6 | assente | 0 |
| 14 | K1 | 350 | 70 | 28 | xd | 90 | 0 | 1 | w2 | 32 | 20 | 41,4 | 2 | V | 4 | assente | 0 |
| 15 | K1 | 340 | 75 | 22 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 28 | 15 | 34,2 | 2 | V | 8 | assente | 0 |
| 16 | K1 | 345 | 70 | 20 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 38 | 20 | 57,3 | 2 | V | 6 | assente | 0 |
| 17 | K1 | 335 | 70 | 52 | xd | 90 | 5 | 1 | w2 | 36 | 20 | 51,5 | 2 | V | 8 | assente | 0 |
| 18 | K1 | 338 | 75 | 34 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 30 | 15 | 38,0 | 2 | V | 6 | assente | 0 |
| 19 | K1 | 335 | 75 | 30 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 38 | 15 | 58,2 | 2 | V | 6 | assente | 0 |
| 20 | K1 | 340 | 75 | 12 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 40 | 15 | 64,7 | 2 | V | 6 | assente | 0 |
| 21 | K2 | 95 | 45 | 20 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 28 | -45 | 40,6 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 22 | K2 | 82 | 35 | 40 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 20 | -55 | 27,3 | 1 | VIII | 5 | assente | 0 |
| 23 | K2 | 115 | 45 | 20 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 20 | -45 | 26,9 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 24 | K2 | 120 | 40 | 25 | xd | 90 | 3 | 0,75 | w2 | 20 | -50 | 27,1 | 1 | VIII | 6 | calcite | 3 |
| 25 | K2 | 92 | 30 | 32 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 20 | -60 | 27,5 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 26 | K2 | 135 | 30 | 33 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 30 | -60 | 46,1 | 1 | VIII | 6 | assente | 0 |
| 27 | K2 | 120 | 40 | 60 | xd | 90 | 0 | 1 | w2 | 26 | -50 | 36,9 | 1 | VIII | 8 | assente | 0 |
| 28 | K2 | 115 | 35 | 20 | xd | 90 | 0 | 1 | w2 | 24 | -55 | 33,7 | 1 | VIII | 6 | assente | 0 |
| 29 | K2 | 12 | 35 | 16 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 26 | -55 | 37,2 | 1 | VIII | 5 | assente | 0 |
| 30 | K2 | 100 | 35 | 14 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 28 | -55 | 41,2 | 1 | VIII | 8 | assente | 0 |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 47 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

*RILIEVO GEOMECCANICO*
*Ubicazione area di rilievo*

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia variante di Imperia |
| **Località** | Loc. Bovasera |
| **Coordinate** | Gauss-Boaga X: 1424007 Y: 4861038 Quota: 175 |
| **Data** | 22/4/10 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | RG7 |

*Stralcio planimetrico*




*Scala 1:5.000*

RTI di progettazione:
Mandataria
PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.
Mandanti
delta ingegneria
ViA INGEGNERIA

**RILIEVO GEOMECCANICO**
**Scheda di sintesi**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. | | |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia - Variante di Imperia | | |
| **Località** | Loc. Bonavera | | |
| **Coordinate** | Gauss-Boaga X: 1424007 | Y: 4861038 | Quota: 175 |
| **Data** | 22/04/2010 | | |
| **Area di rilievo geomeccanico** | RG7 | | |



**Condizioni generali dell'ammasso roccioso**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Giacitura del fronte di misura | | [°/°] | 180/75 | |
| Giacitura generale del pendio | | [°/°] | 180/45 | |
| Dimensioni dell'area di rilievo geomeccanico | | [m x m] | 3x5 | |
| Volume roccioso unitario medio | [dimensioni] | [cm x cm x cm] | 10x15x20 | |
| | [forma] | [-] | prismatico | |
| Resistenza a compressione monoassiale del materiale roccia: | | litologia | A | B |
| | | moda [MPa] | 88 | |
| | | variabilità [MPa] | 52-122 | |
| Percentuale relativa | | [%] | | |
| Intercetta delle discontinuità | | [cm] | 8,0 | valori modali |
| Numero di discontinuità per metro cubo d'ammasso - $J_v$ | | [n°/m$^3$] | 12,5 | |

| Grado di alterazione dell'ammasso | non alterato | debolm. alterato | moder. alterato | molto alterato | decom-posto |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ■ | | | |

| Condizioni di umidità dell'ammasso | asciutto | umido | bagnato | stillicidio | flusso |
|---|---|---|---|---|---|
| | ■ | | | | |

**Geological Strength Index**

| Struttura in ammassi complessi | A | B | C | D | E | F | G | H |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ■ | | | | | | |

| Struttura in ammassi omogenei | I | B | VB | B/D/S | D | L/S |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |

| Condizioni delle discontinuità | VG | G | F | P | VP |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | ■ | | |

GSI: 40±5

**Litologia e descrizione geologica generale**

Arenarie fini a cemento calcareo grigia, nocciola in alterazione, in strati decimetrici con sottili interstrati siltitici di spessore da millimetrico a centimetrico.

**Condizioni generali delle discontinuità**

| set | giacitura [°/°] | spaziatura [cm] moda | spaziatura [cm] variabilità | persistenza [%] moda | persistenza [%] variabilità | apertura [mm] moda | apertura [mm] variabilità | ondulazione e rugosità | JRC [-] moda | JRC [-] variabilità | Jr [-] moda | Jr [-] variabilità | JCS [MPa] moda | JCS [MPa] variabilità | Ja [-] moda | Ja [-] variabilità | alterazione | pellicole: materiale prevalente: sabbia | pellicole: materiale prevalente: limo | pellicole: materiale prevalente: argilla | riempimento: materiale prevalente: minerali | riempimento: materiale prevalente: vene minerali | riempimento: materiale prevalente: sabbia | riempimento: materiale prevalente: limo | riempimento: materiale prevalente: argilla | riempimento: materiale prevalente: scaglie e argilla | riempimento: materiale prevalente: materiale risedimentato | durezza: duro | durezza: tenero | spessore [mm]: < 5 | spessore [mm]: > 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1-S | 78/45 | 25 | 10-60 | 100 | - | 3 | 0-40 | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | 3 | 3-5 | 1 | - | 21 | 14-43 | 5 | 1-5 | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | | | | | ■ | | | | | | ■ | | | ■ |
| 2-K1 | 284/43 | 17 | 10-70 | 57 | 50-70 | 0 | 0-5 | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | 6 | 6-8 | 2 | - | 22 | 16-61 | 1 | 0,75-1 | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | | | | | ■ | | | | | | ■ | | ■ | |
| 3-K2 | 336/67 | 12 | 7-23 | 62 | 50-70 | 0 | 0-10 | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | 10 | 10-13 | 3 | - | 34 | 22-52 | 1 | 0,75-1 | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | | | | | ■ | | | | | | ■ | | ■ | |
| | | | | | | | | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | | | | | | | | | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | | | | | | | | | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | | | | | | | | | | | | | | |

Rilievo di dettaglio delle discontinuità

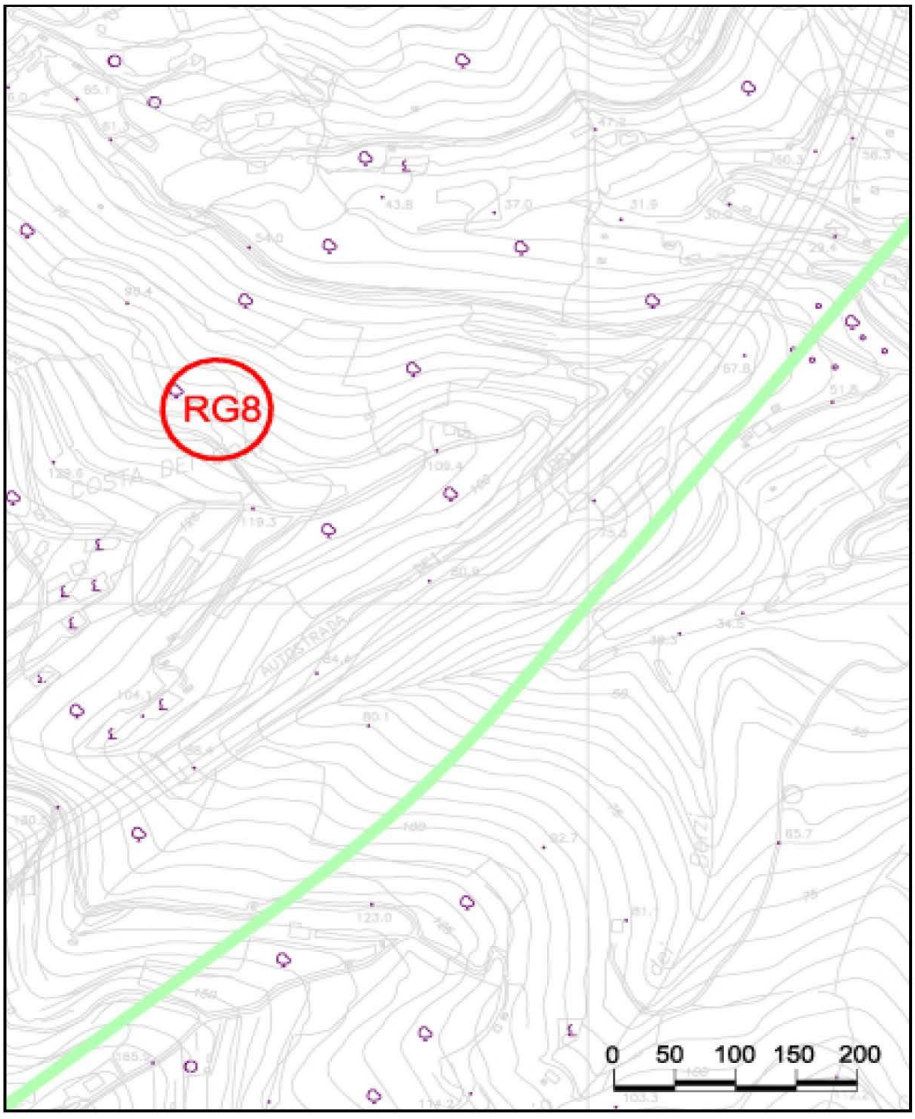
Rilievo geomeccanico n° RG7

| n° | set | giacitura | | spaziatura | terminazione | persistenza lineare | apertura | alterazione | | JCS | | | rugosità | | | riempimento | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | Barton | ISRM | | | | Barton | ISRM | | | |
| | | imm.[°] | incl. [°] | [cm] | [x-d-r] | [%] | [mm] | Ja | [w1-w5] | R | α | [MPa] | Jr | [I-IX] | JRC | tipo | [mm] |
| 1 | S | 75 | 48 | 15 | xx | 100 | 2 | 2 | w2 | 18 | 42 | 18,1 | 1 | VIII | 3 | assente | 0 |
| 2 | S | 74 | 50 | 22 | xx | 100 | 0 | 1 | w2 | 20 | 40 | 20,3 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 3 | S | 85 | 45 | 40 | xx | 100 | 0 | 1 | w2 | 14 | 45 | 14,5 | 1 | VIII | 3 | assente | 0 |
| 4 | S | 85 | 40 | 30 | xx | 100 | 0 | 1 | w2 | 26 | 50 | 27,2 | 1 | VIII | 3 | assente | 0 |
| 5 | S | 90 | 35 | 60 | xx | 100 | 20 | 5 | w2 | 32 | 55 | 37,4 | 1 | VIII | 3 | siltite | 20 |
| 6 | S | 100 | 35 | 50 | xx | 100 | 40 | 5 | w2 | 34 | 55 | 41,6 | 1 | VIII | 4 | siltite | 40 |
| 7 | S | 65 | 50 | 30 | xx | 100 | 30 | 5 | w2 | 14 | 40 | 14,9 | 1 | VIII | 3 | siltite | 30 |
| 8 | S | 70 | 45 | 25 | xx | 100 | 5 | 5 | w2 | 16 | 45 | 16,1 | 1 | VIII | 4 | siltite | 5 |
| 9 | S | 72 | 55 | 10 | xx | 100 | 3 | 4 | w2 | 28 | 32 | 32,2 | 1 | VIII | 5 | siltite | 3 |
| 10 | S | 74 | 50 | 40 | xx | 100 | 3 | 4 | w2 | 34 | 40 | 43,4 | 1 | VIII | 3 | siltite | 3 |
| 11 | K1 | 280 | 30 | 24 | xd | 60 | 0 | 1 | w2 | 18 | 60 | 16,9 | 2 | V | 6 | assente | 0 |
| 12 | K1 | 292 | 40 | 24 | xd | 70 | 0 | 1 | w2 | 26 | 50 | 27,2 | 2 | V | 6 | assente | 0 |
| 13 | K1 | 300 | 40 | 10 | xd | 50 | 0 | 1 | w2 | 30 | 50 | 33,8 | 2 | V | 8 | assente | 0 |
| 14 | K1 | 290 | 50 | 12 | xd | 60 | 0 | 1 | w2 | 16 | 40 | 16,5 | 2 | V | 6 | assente | 0 |
| 15 | K1 | 282 | 45 | 70 | xd | 60 | 2 | 0,75 | w2 | 20 | 45 | 19,9 | 2 | V | 6 | calcite | 2 |
| 16 | K1 | 265 | 50 | 18 | xd | 70 | 0 | 1 | w2 | 28 | 40 | 31,3 | 2 | V | 7 | calcite | 0 |
| 17 | K1 | 270 | 40 | 12 | xd | 60 | 2 | 0,75 | w2 | 20 | 50 | 19,5 | 2 | V | 6 | calcite | 2 |
| 18 | K1 | 276 | 50 | 40 | xd | 50 | 3 | 0,75 | w2 | 18 | -40 | 24,1 | 2 | V | 6 | assente | 3 |
| 19 | K1 | 280 | 45 | 20 | xd | 60 | 5 | 0,75 | w2 | 36 | -45 | 61,2 | 2 | V | 8 | assente | 5 |
| 20 | K1 | 305 | 50 | 35 | xd | 60 | 0 | 1 | w2 | 32 | -40 | 49,5 | 2 | V | 6 | assente | 0 |
| 21 | K2 | 330 | 75 | 10 | xd | 70 | 0 | 1 | w2 | 36 | 15 | 52,3 | 3 | IV | 10 | assente | 0 |
| 22 | K2 | 340 | 70 | 15 | xd | 70 | 0 | 1 | w2 | 28 | 20 | 33,5 | 3 | IV | 10 | assente | 0 |
| 23 | K2 | 330 | 75 | 23 | xd | 65 | 0 | 1 | w2 | 30 | 15 | 38,0 | 3 | IV | 13 | assente | 0 |
| 24 | K2 | 340 | 65 | 22 | xd | 70 | 0 | 1 | w2 | 32 | 25 | 40,8 | 3 | IV | 10 | assente | 0 |
| 25 | K2 | 338 | 60 | 15 | xd | 60 | 3 | 0,75 | w2 | 32 | 30 | 40,2 | 3 | IV | 13 | calcite | 3 |
| 26 | K2 | 340 | 50 | 7 | xd | 60 | 0 | 1 | w2 | 22 | 40 | 22,6 | 3 | IV | 10 | assente | 0 |
| 27 | K2 | 336 | 70 | 10 | xd | 70 | 10 | 0,75 | w2 | 26 | 20 | 30,1 | 3 | IV | 12 | calcite | 10 |
| 28 | K2 | 330 | 75 | 15 | xd | 65 | 0 | 1 | w2 | 34 | 15 | 47,0 | 3 | IV | 12 | assente | 0 |
| 29 | K2 | 335 | 55 | 10 | xd | 70 | 3 | 0,75 | w2 | 28 | -35 | 39,8 | 3 | IV | 10 | calcite | 3 |
| 30 | K2 | 338 | 75 | 18 | xd | 50 | 0 | 1 | w2 | 28 | -15 | 37,8 | 3 | IV | 10 | assente | 0 |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 47 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

*RILIEVO GEOMECCANICO*
*Ubicazione area di rilievo*

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia variante di Imperia |
| **Località** | Costa Sori |
| **Coordinate** | Gauss-Boaga X: 1424640 Y: 4861994 Quota: 95 |
| **Data** | 22/4/10 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | RG8 |

*Stralcio planimetrico*




*Scala 1:5.000*

RTI di progettazione:
Mandataria
PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.
Mandanti
delta ingegneria
ViA INGEGNERIA

**RILIEVO GEOMECCANICO**
**Scheda di sintesi**

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia - Variante di Imperia |
| **Località** | Costa Soru |
| **Coordinate** | Gauss-Boaga X: 1424640 Y: 4861994 Quota: 95 |
| **Data** | 22/04/2010 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | RG8 |



**Condizioni generali dell'ammasso roccioso**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Giacitura del fronte di misura | [°/°] | 18/70 | |
| Giacitura generale del pendio | [°/°] | 18/40 | |
| Dimensioni dell'area di rilievo geomeccanico | [m x m] | 3x20 | |
| Volume roccioso unitario medio [dimensioni] | [cm x cm x cm] | centimetriche | |
| [forma] | [-] | prismatico | |
| Resistenza a compressione monoassiale del materiale roccia: | litologia | A | B |
| | moda [MPa] | 81 | 8 |
| | variabilità [MPa] | 52-129 | 8-9 |
| Percentuale relativa | [%] | | |
| Intercetta delle discontinuità | [cm] | 7,5 | valori modal |
| Numero di discontinuità per metro cubo d'ammasso - $J_v$ | [n°/m$^3$] | 13,4 | |

| Grado di alterazione dell'ammasso | non alterato | debolm. alterato | moder. alterato | molto alterato | decom-posto |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ■ | | | |
| **Condizioni di umidità dell'ammasso** | asciutto | umido | bagnato | stillicidio | flusso |
| | ■ | | | | |

**Geological Strength Index**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Struttura in ammassi complessi | A | B | C | D | E | F | G | H |
| | | | ■ | | | | | |
| Struttura in ammassi omogenei | I | B | VB | B / D / S | D | L / S | | |
| | | | | | | | | |
| Condizioni delle discontinuità | VG | G | F | P | VP | | | |
| | | | ■ | | | GSI | 35±5 | |

**Litologia e descrizione geologica generale**

Alternanze di arenarie micacee grigie e scure a grana da media a medio-fine in strati di spessore da decimetrico a metrico e siltiti grigio verdastre in livelli di spessore decimetrico. Il rapporto stratimetrico tra i livelli arenacei ed i livelli siltitici, misurato lungo un allineamneto di circa 3 m, è risultato pari a 2,0 (Arenarie 66% -

**Condizioni generali delle discontinuità**

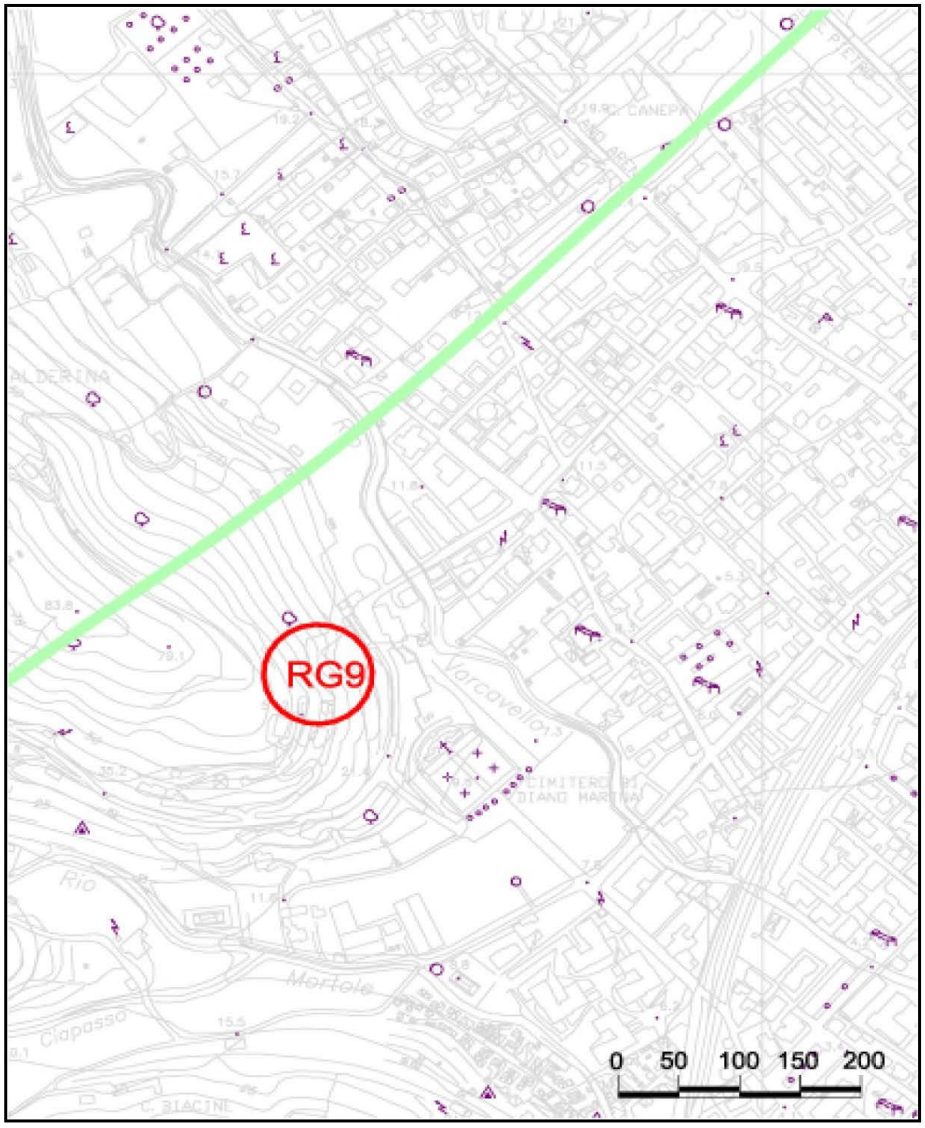
| set | giacitura [°/°] | spaziatura [cm] moda | spaziatura [cm] variabilità | persistenza [%] moda | persistenza [%] variabilità | apertura [mm] moda | apertura [mm] variabilità | ondulazione e rugosità | JRC [-] moda | JRC [-] variabilità | Jr [-] moda | Jr [-] variabilità | JCS [MPa] moda | JCS [MPa] variabilità | Ja [-] moda | Ja [-] variabilità | alterazione | pellicole materiale prevalente: sabbia | pellicole: limo | pellicole: argilla | riempimento materiale prevalente: minerali asbestiformi | riempimento: vene minerali | riempimento: sabbia | riempimento: limo | riempimento: argilla | riempimento: scaglie e argilla | riempimento: materiale ricementante | durezza: duro | durezza: tenero | spessore [mm]: < 5 | spessore [mm]: > 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1-S | 191/20 | 15 | 6-70 | 100 | - | 100 | 10-150 | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | 3 | 3-4 | 1 | - | 33 | 18-36 | 5 | - | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | | | | | | ■ | | | | ■ | | | ■ |
| 2-K1 | 44/77 | 20 | 13-50 | 60 | 50-80 | 0 | 0-2 | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | 8 | 8-10 | 1 | - | 24 | 16-63 | 1 | 0,75-2 | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | | | | | ■ | | | | | ■ | ■ | | ■ |
| 3-K2 | 314/83 | 16 | 10-40 | 60 | 50-80 | 0 | 0-3 | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | 8 | 7-10 | 1 | - | 19 | 16-24 | 1 | 0,75-1 | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | | | | | ■ | | | | | ■ | ■ | | ■ |
| | | | | | | | | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | | | | | | | | | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | | | | | | | | | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | | | | | | | | | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | | | | | | | | | | | | | | |

| Rilievo di dettaglio delle discontinuità | | | | | | | | | | | | | | | | | Rilievo geomeccanico n° | RG8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| n° | set | giacitura | | spaziatura | terminazione | persistenza lineare | apertura | alterazione | | JCS | | | rugosità | | | riempimento | |
| | | | | | | | | Barton | ISRM | | | | Barton | ISRM | | | |
| | | imm.[°] | incl. [°] | [cm] | [x-d-r] | [%] | [mm] | Ja | [w1-w5] | R | α | [MPa] | Jr | [I-IX] | JRC | tipo | [mm] |
| 1 | S | 199 | 20 | 13 | xx | 100 | 50 | 5 | w2 | 20 | 70 | 18,4 | 1 | VIII | 3 | siltite | 50 |
| 2 | S | 198 | 20 | 18 | xx | 100 | 80 | 5 | w2 | 30 | 70 | 32,5 | 1 | VIII | 3 | siltite | 80 |
| 3 | S | 196 | 20 | 70 | xx | 100 | 100 | 5 | w2 | 30 | 70 | 32,5 | 1 | VIII | 3 | siltite | 100 |
| 4 | S | 190 | 18 | 45 | xx | 100 | 150 | 5 | w2 | 32 | 72 | 36,3 | 1 | VIII | 4 | siltite | 150 |
| 5 | S | 195 | 22 | 15 | xx | 100 | 100 | 5 | w2 | 32 | 68 | 36,5 | 1 | VIII | 3 | siltite | 100 |
| 6 | S | 190 | 20 | 22 | xx | 100 | 150 | 5 | w2 | 32 | 70 | 36,3 | 1 | VIII | 4 | siltite | 150 |
| 7 | S | 182 | 20 | 6 | xx | 100 | 10 | 5 | w2 | 28 | 70 | 29,1 | 1 | VIII | 3 | siltite | 10 |
| 8 | S | 180 | 18 | 17 | xx | 100 | 100 | 5 | w2 | 26 | 72 | 25,9 | 1 | VIII | 3 | siltite | 100 |
| 9 | S | 184 | 20 | 18 | xx | 100 | 80 | 5 | w2 | 20 | 70 | 18,4 | 1 | VIII | 3 | siltite | 80 |
| 10 | S | 190 | 20 | 14 | xx | 100 | 100 | 1 | w2 | 30 | 70 | 32,5 | 1 | VIII | 3 | siltite | 100 |
| 11 | K1 | 28 | 70 | 30 | xd | 60 | 0 | 1 | w2 | 20 | -20 | 25,3 | 1 | VIII | 8 | assente | 0 |
| 12 | K1 | 34 | 70 | 50 | xd | 70 | 0 | 1 | w2 | 12 | -20 | 17,0 | 1 | VIII | 10 | assente | 0 |
| 13 | K1 | 26 | 70 | 14 | xd | 50 | 0 | 1 | w2 | 12 | -20 | 17,0 | 1 | VIII | 8 | calcite | 3 |
| 14 | K1 | 54 | 85 | 25 | xd | 80 | 0 | 0,75 | w2 | 20 | -5 | 24,2 | 1 | VIII | 8 | assente | 0 |
| 15 | K1 | 56 | 75 | 25 | xd | 60 | 2 | 1 | w2 | 20 | -15 | 25,0 | 1 | VIII | 9 | assente | 0 |
| 16 | K1 | 48 | 80 | 13 | xd | 60 | 0 | 1 | w2 | 20 | -10 | 24,6 | 1 | VIII | 8 | assente | 0 |
| 17 | K1 | 35 | 75 | 20 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 30 | -15 | 41,8 | 1 | VIII | 8 | assente | 0 |
| 18 | K1 | 45 | 80 | 17 | xd | 80 | 1 | 1 | w2 | 28 | -10 | 37,2 | 1 | VIII | 10 | calcite | 2 |
| 19 | K1 | 60 | 80 | 25 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 32 | -10 | 45,8 | 1 | VIII | 8 | assente | 0 |
| 20 | K1 | 48 | 85 | 30 | xd | 60 | 0 | 1 | w2 | 36 | -75 | 63,7 | 1 | VIII | 8 | calcite | 3 |
| 21 | K2 | 316 | 85 | 10 | xd | 60 | 0 | 1 | w2 | 20 | -5 | 24,2 | 1 | VIII | 8 | assente | 0 |
| 22 | K2 | 314 | 85 | 17 | xd | 60 | 0 | 2 | w2 | 16 | -5 | 19,8 | 1 | VIII | 7 | assente | 0 |
| 23 | K2 | 318 | 80 | 20 | xd | 80 | 3 | 1 | w2 | 12 | -10 | 16,5 | 1 | VIII | 8 | assente | 0 |
| 24 | K2 | 308 | 85 | 40 | xd | 80 | 0 | 1 | w2 | 16 | -5 | 19,8 | 1 | VIII | 8 | assente | 0 |
| 25 | K2 | 310 | 80 | 20 | xd | 60 | 0 | 1 | w2 | 16 | -10 | 20,2 | 1 | VIII | 8 | calcite | 2 |
| 26 | K2 | 315 | 84 | 18 | xd | 70 | 0 | 1 | w2 | 16 | -6 | 19,9 | 1 | VIII | 10 | assente | 0 |
| 27 | K2 | 312 | 85 | 15 | xd | 60 | 0 | 0,75 | w2 | 18 | -5 | 21,9 | 1 | VIII | 8 | assente | 0 |
| 28 | K2 | 316 | 80 | 22 | xd | 50 | 2 | 1 | w2 | 16 | -10 | 20,2 | 1 | VIII | 7 | assente | 0 |
| 29 | K2 | 310 | 85 | 14 | xd | 60 | 0 | 0,75 | w2 | 16 | -5 | 19,8 | 1 | VIII | 8 | assente | 0 |
| 30 | K2 | 320 | 85 | 30 | xd | 70 | 3 | 1 | w2 | 18 | -5 | 21,9 | 1 | VIII | 8 | assente | 0 |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 47 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

*RILIEVO GEOMECCANICO*
*Ubicazione area di rilievo*

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia variante di Imperia |
| **Località** | Fornace |
| **Coordinate** | Gauss-Boaga X: 1425580 Y: 4862278 Quota: 25 |
| **Data** | 22/4/10 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | 9<br>RG9 |

*Stralcio planimetrico*




*Scala 1:5.000*

RTI di progettazione:
Mandataria
PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.
Mandanti
delta ingegneria
ViA INGEGNERIA

**RILIEVO GEOMECCANICO**
**Scheda di sintesi**

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia - Variante di Imperia |
| **Località** | Fornace |
| **Coordinate** | Gauss-Boaga X: 1425580 Y: 4862278 Quota: 25 |
| **Data** | 22/04/2010 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | 9 RG9 |



**Condizioni generali dell'ammasso roccioso**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Giacitura del fronte di misura | [°/°] | 30/75 | |
| Giacitura generale del pendio | [°/°] | 30/40 | |
| Dimensioni dell'area di rilievo geomeccanico | [m x m] | 15x30 | |
| Volume roccioso unitario medio [dimensioni] | [cm x cm x cm] | centimetriche | |
| [forma] | [-] | prismatico | |
| Resistenza a compressione monoassiale del materiale roccia: | litologia | A | B |
| | moda [MPa] | 57 | 8,8 |
| | variabilità [MPa] | 31-117 | 2-14 |
| Percentuale relativa | [%] | 45 | 55 |
| Intercetta delle discontinuità | [cm] | 19,9 | valori modali |
| Numero di discontinuità per metro cubo d'ammasso - $J_v$ | [n°/m$^3$] | 5,0 | |

| Grado di alterazione dell'ammasso | non alterato | debolm. alterato | moder. alterato | molto alterato | decom-posto |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| Condizioni di umidità dell'ammasso | asciutto | umido | bagnato | stillicidio | flusso |
| | | | | | |

**Geological Strength Index**

| Struttura in ammassi complessi | A | B | C | D | E | F | G | H |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | |

| Struttura in ammassi omogenei | I | B | VB | B / D / S | D | L / S |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |

| Condizioni delle discontinuità | VG | G | F | P | VP | GSI | 35 ±5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |

**Litologia e descrizione geologica generale**

Alternanze di arenarie grigie a grana da media a fine, gradate e laminate, in strati di spessore da decimetrico a metrico, marne in banchi metrici e strati decimetrici e siltiti grigio verdastre in livelli di spessore da decimetrico a metrico. Il rapporto stratimetrico tra i livelli arenitici ed i livelli siltitici, misurato lungo un allineamento di circa 11 m, è risultato pari a 0,82 (arenarie 45% - siltiti 55%)

**Condizioni generali delle discontinuità**

| set | giacitura [°/°] | spaziatura [cm] moda | spaziatura [cm] variabilità | persistenza [%] moda | persistenza [%] variabilità | apertura [mm] moda | apertura [mm] variabilità | ondulazione e rugosità | JRC [-] moda | JRC [-] variabilità | Jr [-] moda | Jr [-] variabilità | JCS [MPa] moda | JCS [MPa] variabilità | Ja [-] moda | Ja [-] variabilità | alterazione | pellicole materiale prevalente: sabbia | pellicole: limo | pellicole: argilla | riempimento materiale prevalente: minerali asbestiformi | riempimento: vene minerali | riempimento: sabbia | riempimento: limo | riempimento: argilla | riempimento: scaglie e argilla | riempimento: materiale non riconoscibile | durezza: duro | durezza: tenero | spessore [mm]: < 5 | spessore [mm]: > 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1-S | 160/30 | 155 | 20-260 | 100 | - | 300 | 100-1700 | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | 3 | 3-6 | 1 | - | 24 | 16-41 | 5 | - | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | | | | | | | ■ | | | | ■ | | | ■ |
| 2-K1 | 49/61 | 27 | 15-40 | 60 | 50-70 | 0 | 0-35 | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | 4 | 4-6 | 1 | - | 28 | 26-80 | 2 | 0,75-2 | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | | | | | | ■ | | | | | | ■ | ■ | |
| 3-K2 | 314/62 | 30 | 12-40 | 65 | 60-80 | 3 | 0-10 | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | 3 | 3-6 | 1 | - | 30 | 21-54 | 0,75 | 0,75-2 | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | | | | | ■ | ■ | | | | | | ■ | | ■ | |
| | | | | | | | | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | | | | | | | | | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | a scalini / ondulata / planare; molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | | | | | | | | | non alt. / deb. alt. / mod. alt.; molto alt. / decomposta | | | | | | | | | | | | | | | |

Rilievo di dettaglio delle discontinuità

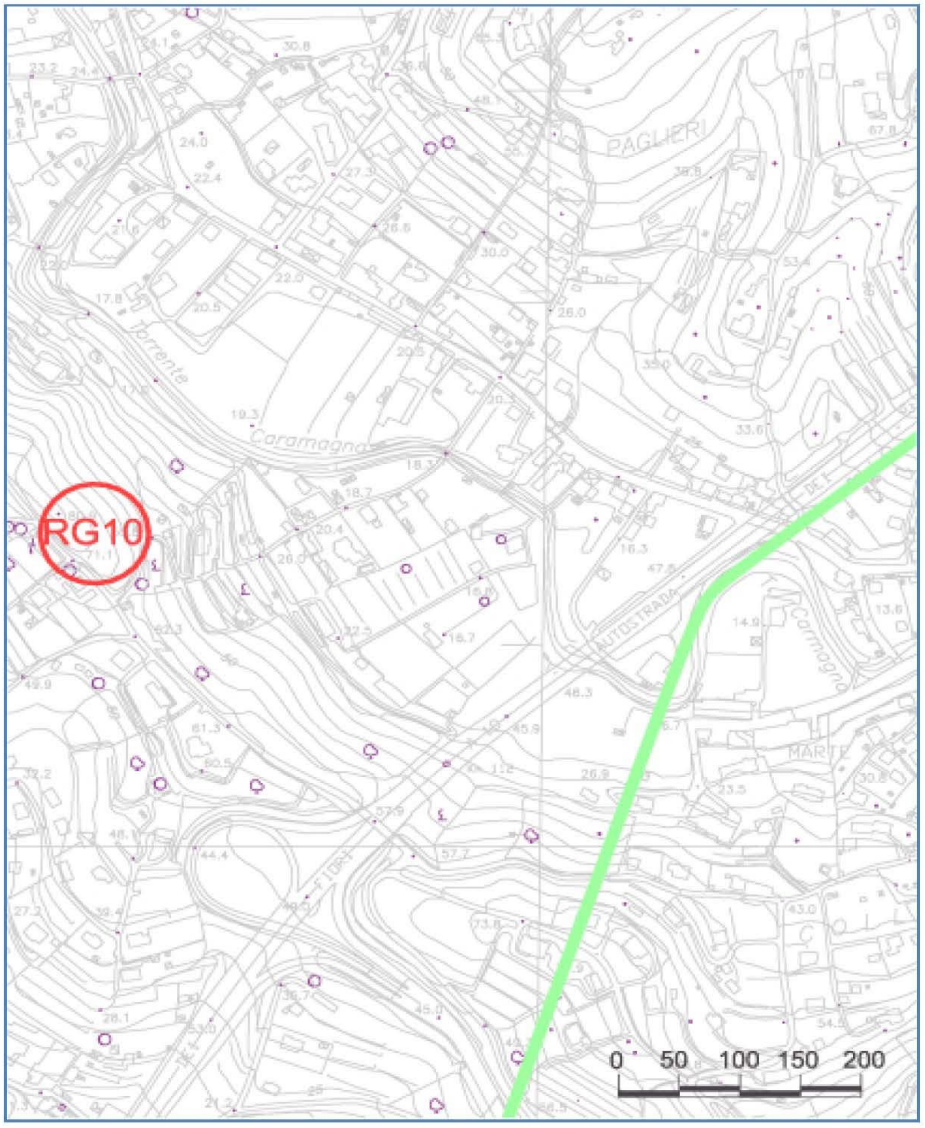
Rilievo geomeccanico n° RG9

| n° | set | giacitura | | spaziatura | terminazione | persistenza lineare | apertura | alterazione | | JCS | | | rugosità | | | riempimento | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | Barton | ISRM | | | | Barton | ISRM | | | |
| | | imm.[°] | incl. [°] | [cm] | [x-d-r] | [%] | [mm] | Ja | [w1-w5] | R | α | [MPa] | Jr | [I-IX] | JRC | tipo | [mm] |
| 1 | S | 174 | 30 | 260 | xx | 100 | 400 | 5 | w2 | 28 | 60 | 29,5 | 1 | VIII | 3 | siltite | 400 |
| 2 | S | 175 | 30 | 137 | xx | 100 | 1300 | 5 | w2 | 32 | 60 | 36,9 | 1 | VIII | 4 | siltite | 1300 |
| 3 | S | 180 | 35 | 37 | xx | 100 | 300 | 5 | w2 | 20 | 55 | 19,2 | 1 | VIII | 3 | siltite | 300 |
| 4 | S | 170 | 35 | 22 | xx | 100 | 100 | 5 | w2 | 34 | 55 | 41,6 | 1 | VIII | 3 | siltite | 100 |
| 5 | S | 175 | 30 | 178 | xx | 100 | 1700 | 5 | w2 | 18 | 60 | 16,9 | 1 | VIII | 3 | siltite | 1700 |
| 6 | S | 144 | 30 | 25 | xx | 100 | 200 | 5 | w2 | 32 | 60 | 36,9 | 1 | VIII | 4 | siltite | 200 |
| 7 | S | 152 | 28 | 20 | xx | 100 | 100 | 5 | w2 | 26 | 62 | 26,3 | 1 | VIII | 6 | siltite | 100 |
| 8 | S | 178 | 25 | 162 | xx | 100 | 1500 | 5 | w2 | 20 | 65 | 18,6 | 1 | VIII | 3 | siltite | 1500 |
| 9 | S | 154 | 35 | 175 | xx | 100 | 350 | 5 | w2 | 28 | 55 | 30,0 | 1 | VIII | 3 | siltite | 350 |
| 10 | S | 156 | 30 | 135 | xx | 100 | 130 | 5 | w2 | 30 | 60 | 33,1 | 1 | VIII | 4 | siltite | 130 |
| 11 | K1 | 50 | 65 | 28 | xd | 50 | 35 | 0,75 | w2 | 24 | -25 | 31,7 | 1 | VIII | 4 | calcite | 5 |
| 12 | K1 | 42 | 65 | 35 | xd | 60 | 10 | 2 | w2 | 32 | -25 | 47,7 | 1 | VIII | 6 | assente | 0 |
| 13 | K1 | 45 | 65 | 15 | xd | 50 | 0 | 1 | w2 | 42 | -25 | 80,0 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 14 | K1 | 52 | 60 | 18 | xd | 60 | 0 | 1 | w2 | 34 | -30 | 53,6 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 15 | K1 | 52 | 55 | 38 | xd | 60 | 20 | 2 | w2 | 22 | -35 | 29,2 | 1 | VIII | 6 | sabbie | 2 |
| 16 | K1 | 45 | 60 | 40 | xd | 60 | 1 | 2 | w2 | 32 | -30 | 48,5 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 17 | K1 | 55 | 65 | 16 | xd | 50 | 1 | 2 | w2 | 22 | -25 | 28,5 | 1 | VIII | 4 | sabbie | 1 |
| 18 | K1 | 50 | 65 | 15 | xd | 70 | 2 | 2 | w2 | 22 | -25 | 28,5 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 19 | K1 | 45 | 55 | 28 | xd | 60 | 0 | 1 | w2 | 20 | -35 | 26,4 | 1 | VIII | 6 | assente | 0 |
| 20 | K1 | 56 | 55 | 35 | xd | 60 | 0 | 1 | w2 | 36 | -35 | 60,0 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 21 | K2 | 326 | 60 | 30 | xd | 80 | 5 | 0,75 | w2 | 28 | -30 | 39,4 | 1 | VIII | 3 | calcite | 5 |
| 22 | K2 | 310 | 60 | 20 | xd | 70 | 10 | 0,75 | w2 | 22 | -30 | 28,9 | 1 | VIII | 3 | calcite | 10 |
| 23 | K2 | 330 | 55 | 34 | xd | 70 | 3 | 2 | w2 | 34 | -35 | 54,2 | 1 | VIII | 4 | sabbie | 3 |
| 24 | K2 | 316 | 55 | 27 | xd | 60 | 3 | 1 | w2 | 16 | -35 | 21,5 | 1 | VIII | 3 | assente | 0 |
| 25 | K2 | 320 | 70 | 12 | xd | 70 | 4 | 0,75 | w2 | 24 | -20 | 31,2 | 1 | VIII | 3 | calcite | 4 |
| 26 | K2 | 316 | 50 | 40 | xd | 80 | 2 | 0,75 | w2 | 30 | -40 | 44,7 | 1 | VIII | 6 | calcite | 2 |
| 27 | K2 | 300 | 70 | 24 | xd | 60 | 1 | 0,75 | w2 | 24 | -20 | 31,2 | 1 | VIII | 4 | calcite | 1 |
| 28 | K2 | 310 | 65 | 40 | xd | 60 | 0 | 1 | w2 | 20 | -25 | 25,7 | 1 | VIII | 4 | assente | 0 |
| 29 | K2 | 300 | 75 | 35 | xd | 80 | 3 | 0,75 | w2 | 32 | -15 | 46,5 | 1 | VIII | 3 | calcite | 3 |
| 30 | K2 | 320 | 65 | 30 | xd | 70 | 0 | 1 | w2 | 20 | -25 | 25,7 | 1 | VIII | 3 | assente | 0 |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 47 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

*RILIEVO GEOMECCANICO*
*Ubicazione area di rilievo*

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia variante di Imperia |
| **Località** | Strada per C. Lagorio |
| **Coordinate** | Gauss-Boaga X: 1419238 Y: 4859101 Quota: 70 |
| **Data** | 23/04/2010 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | 10<br>RG10 |

*Stralcio planimetrico*




*Scala 1:5.000*

**RILIEVO GEOMECCANICO**
**Scheda di sintesi**

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia - Variante di Imperia |
| **Località** | Strada per Gilagorio |
| **Coordinate** | Gauss-Boaga X: 1419238 Y: 4859101 Quota: 70 |
| **Data** | 23/04/2010 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | 10<br>RG10 |



**Condizioni generali dell'ammasso roccioso**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Giacitura del fronte di misura | [°/°] | 220/40 | |
| Giacitura generale del pendio | [°/°] | 220/20 | |
| Dimensioni dell'area di rilievo geomeccanico | [m x m] | 2x25 | |
| Volume roccioso unitario medio [dimensioni] | [cm x cm x cm] | 2 X 2 X 5 | |
| [forma] | [-] | scaglie | |
| Resistenza a compressione monoassiale del materiale roccia: | litologia | A | B |
| | moda [MPa] | 8 | |
| | variabilità [MPa] | 2-15 | |
| Percentuale relativa | [%] | 95 | |
| Intercetta delle discontinuità | [cm] | 2-3 | valori modali |
| Numero di discontinuità per metro cubo d'ammasso - $J_v$ | [n°/m$^3$] | > 30 | |

| Grado di alterazione dell'ammasso | non alterato | debolm. alterato | moder. alterato | molto alterato | decom-posto |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ■ | | | |

| Condizioni di umidità dell'ammasso | asciutto | umido | bagnato | stillicidio | flusso |
|---|---|---|---|---|---|
| | ■ | | | | |

**Geological Strength Index**

| Struttura in ammassi complessi | A | B | C | D | E | F | G | H |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | ■ | |

| Struttura in ammassi omogenei | I | B | VB | B / D / S | D | L / S |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |

| Condizioni delle discontinuità | VG | G | F | P | VP |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | ■ | | |

GSI 20 ±5

**Litologia e descrizione geologica generale**

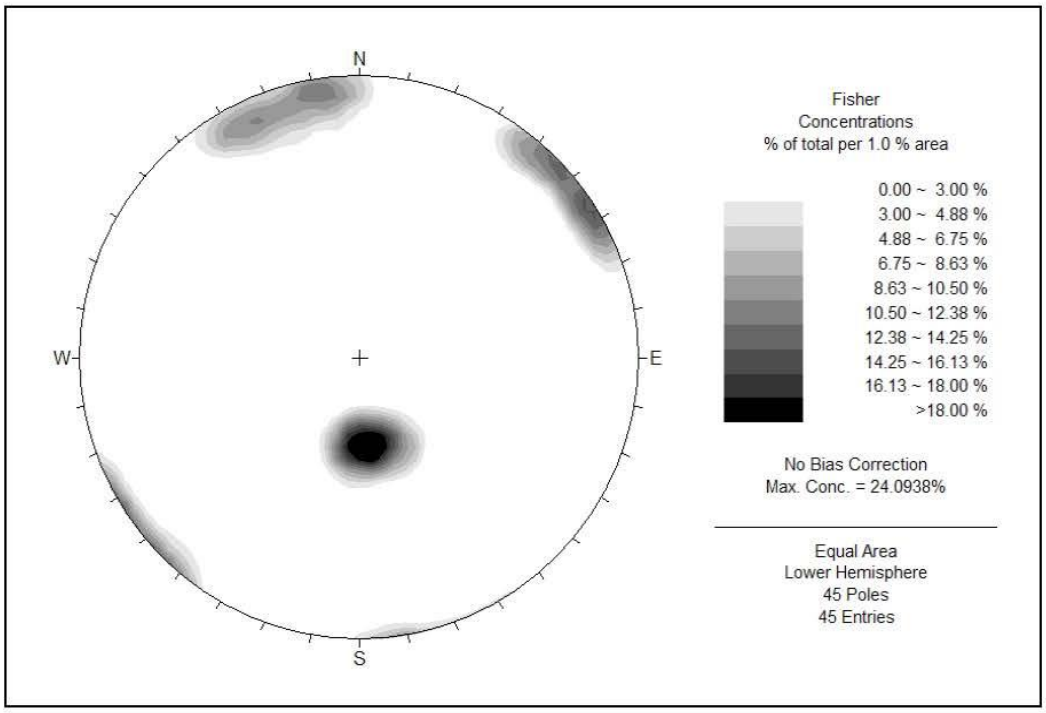
Siltiti debolmente marnose di aspetto scaglioso grigie, nocciola in alterazione, fittamente laminate, con sporadici sottili straterelli di arenarie fini a laminazione parallela di spessore da centimetrico a decimetrico. Il rapporto Arenarie/Siltiti, misurato su uno stendimento di circa 22 m è risultato pari a 0,06 (Arenarie 5% - Siltiti 95%).

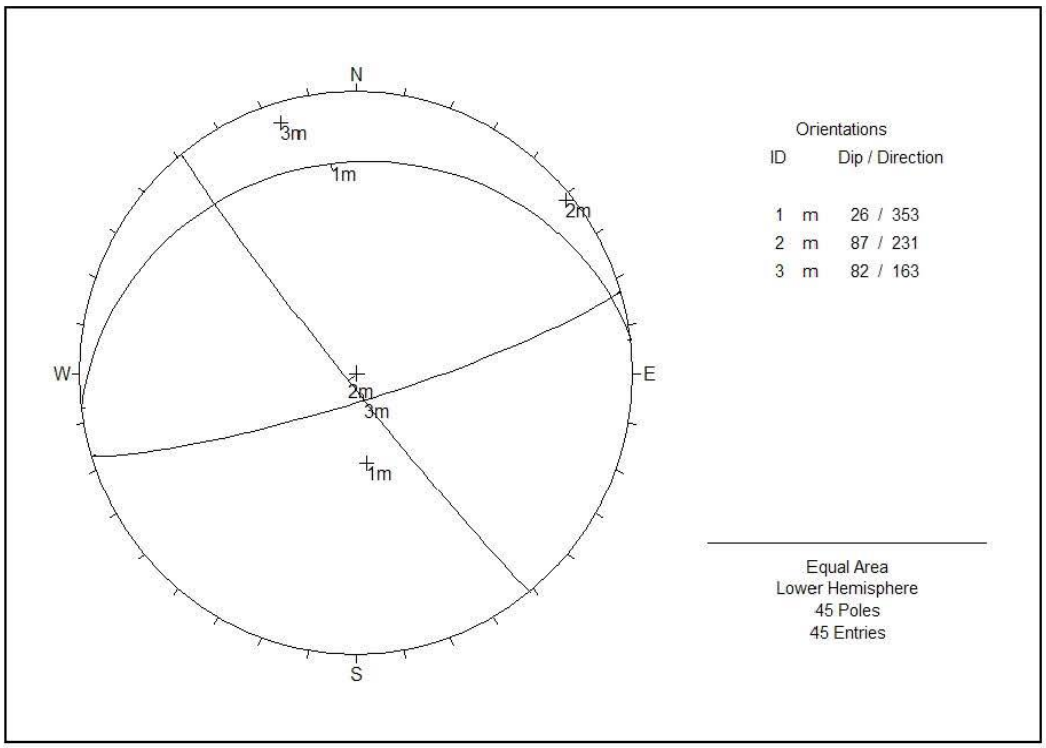
**Condizioni generali delle discontinuità**

| set | giacitura [°/°] | spaziatura [cm] moda | spaziatura [cm] variabilità | persistenza [%] moda | persistenza [%] variabilità | apertura [mm] moda | apertura [mm] variabilità | ondulazione e rugosità | JRC [-] moda | JRC [-] variabilità | Jr [-] moda | Jr [-] variabilità | JCS [MPa] moda | JCS [MPa] variabilità | Ja [-] moda | Ja [-] variabilità | alterazione | pellicole materiale prevalente: sabbia | pellicole: limo | pellicole: argilla | riempimento materiale prevalente: minerali asbestiformi | riempimento: vene minerali | riempimento: sabbia | riempimento: limo | riempimento: argilla | riempimento: scaglie e argilla | riempimento: materiale non coerente | durezza: duro | durezza: tenero | spessore [mm]: < 5 | spessore [mm]: > 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1-S | 350/70 | 1 | 0,5-3 | 100 | - | 0 | - | a scalini / ondulata / planare<br>molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | 3 | 3-4 | 1 | - | nd | | 4 | 3-4 | non alt. / deb. alt. / mod. alt.<br>molto alt. / decomposta | ■ | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | a scalini / ondulata / planare<br>molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | | | | | | | | | non alt. / deb. alt. / mod. alt.<br>molto alt. / decomposta | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | a scalini / ondulata / planare<br>molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | | | | | | | | | non alt. / deb. alt. / mod. alt.<br>molto alt. / decomposta | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | a scalini / ondulata / planare<br>molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | | | | | | | | | non alt. / deb. alt. / mod. alt.<br>molto alt. / decomposta | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | a scalini / ondulata / planare<br>molto rug. / rugosa / deb. rug. / liscia / lisciata | | | | | | | | | non alt. / deb. alt. / mod. alt.<br>molto alt. / decomposta | | | | | | | | | | | | | | |

## 9.2 Allegato 2 – Rilievi geomeccanici - Proiezioni calcografiche e polari – Risultati

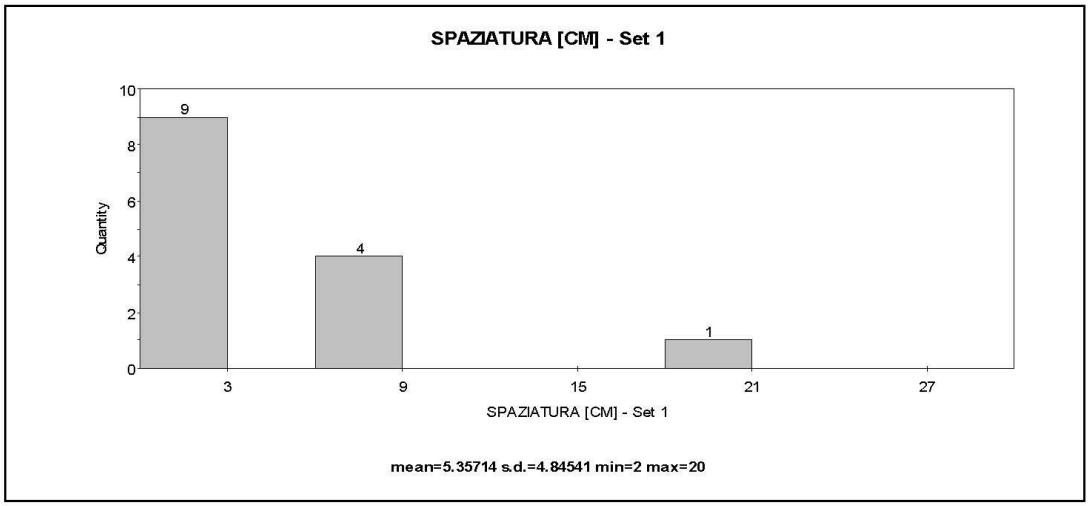
Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG1

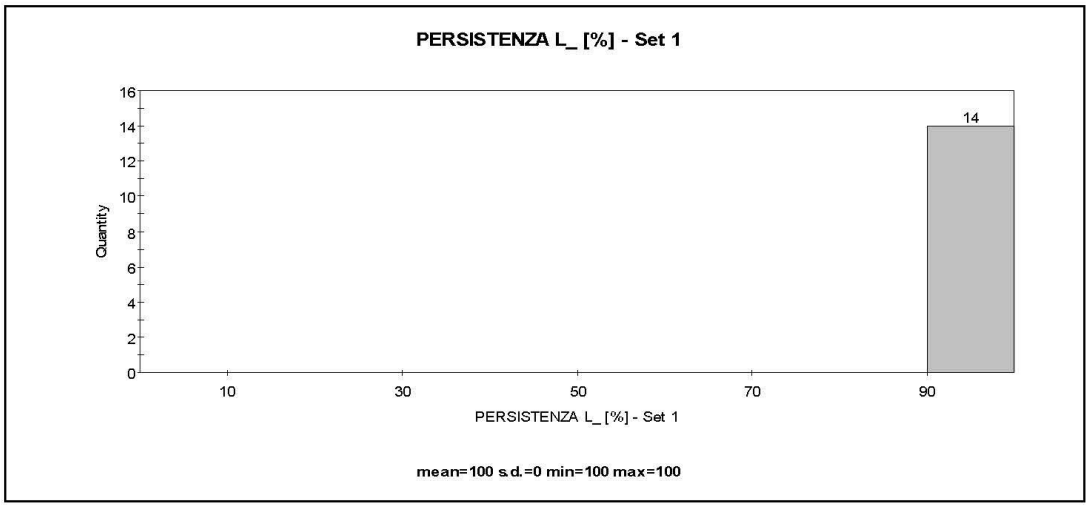


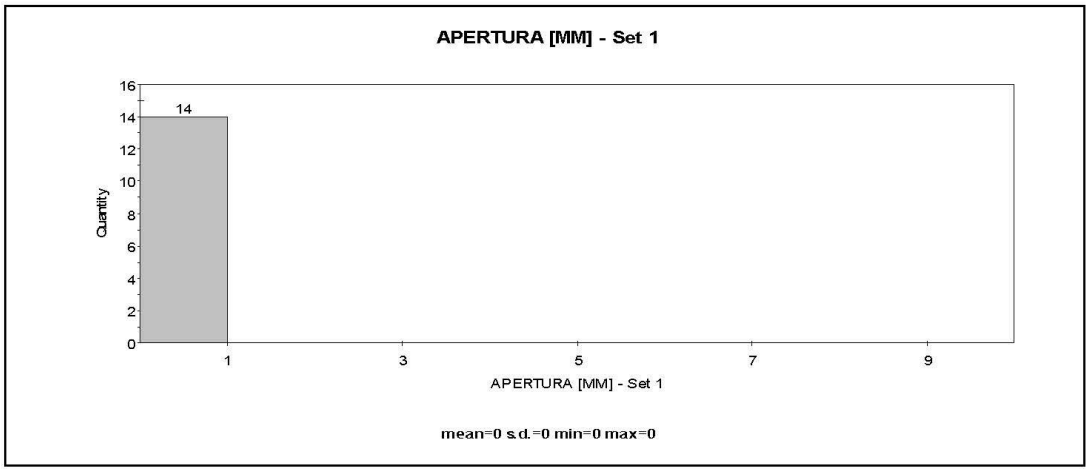




SoilData Studio Associato Aprile 2010

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG1**

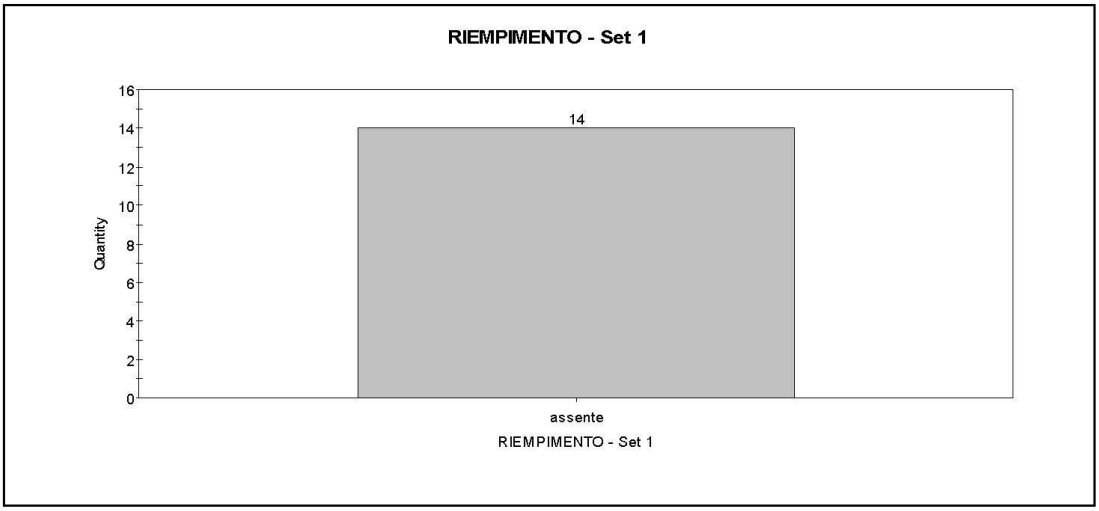


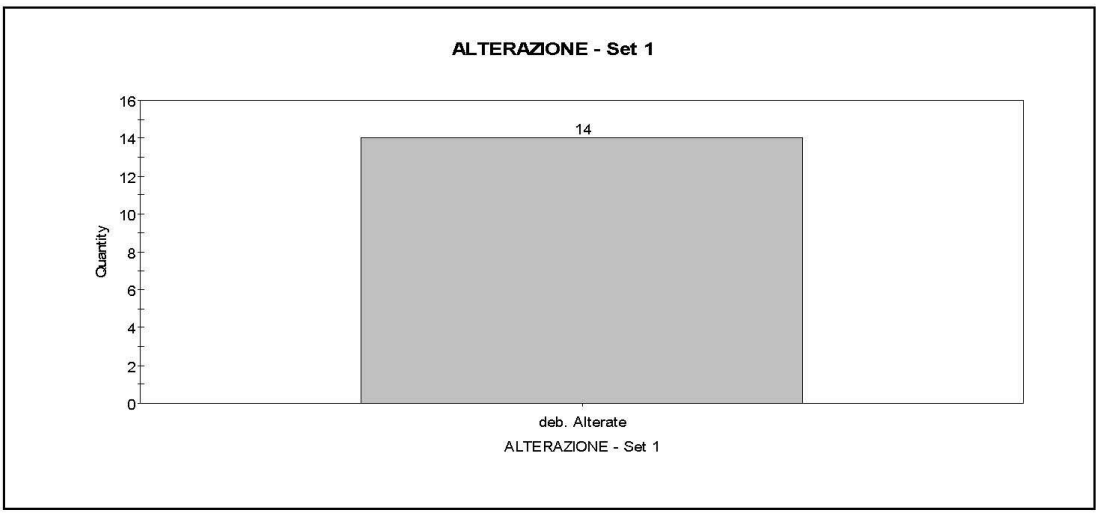



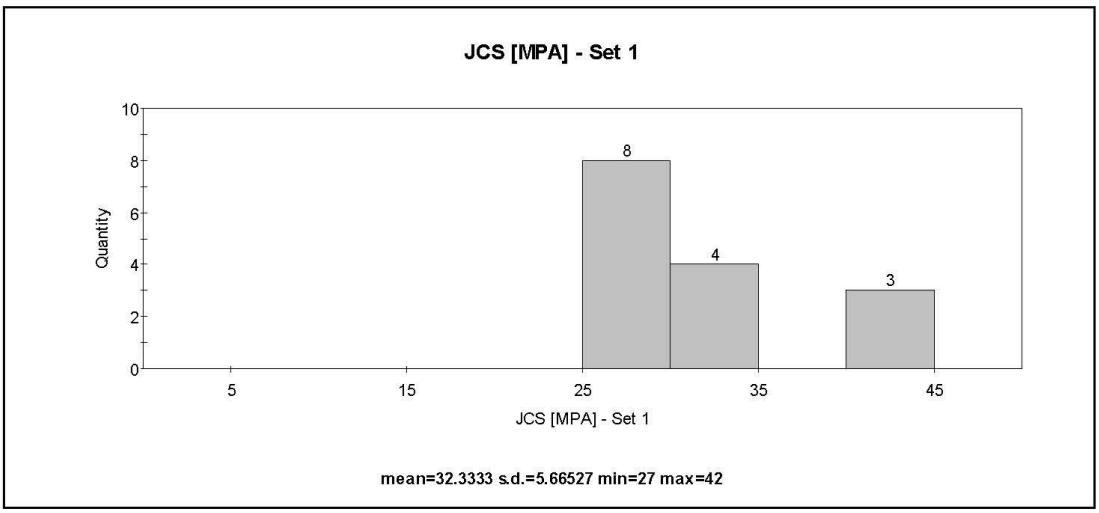




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG1**

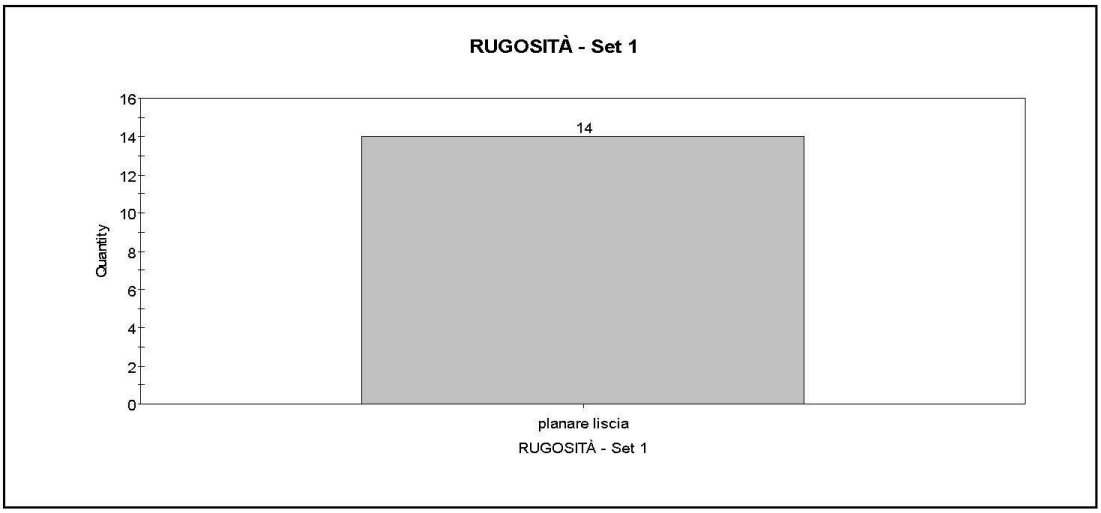


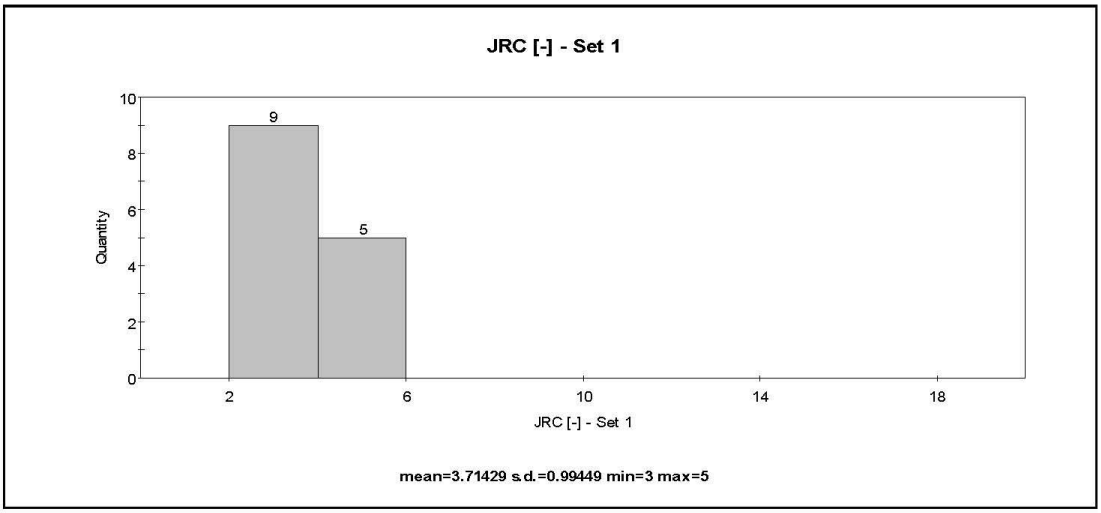




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

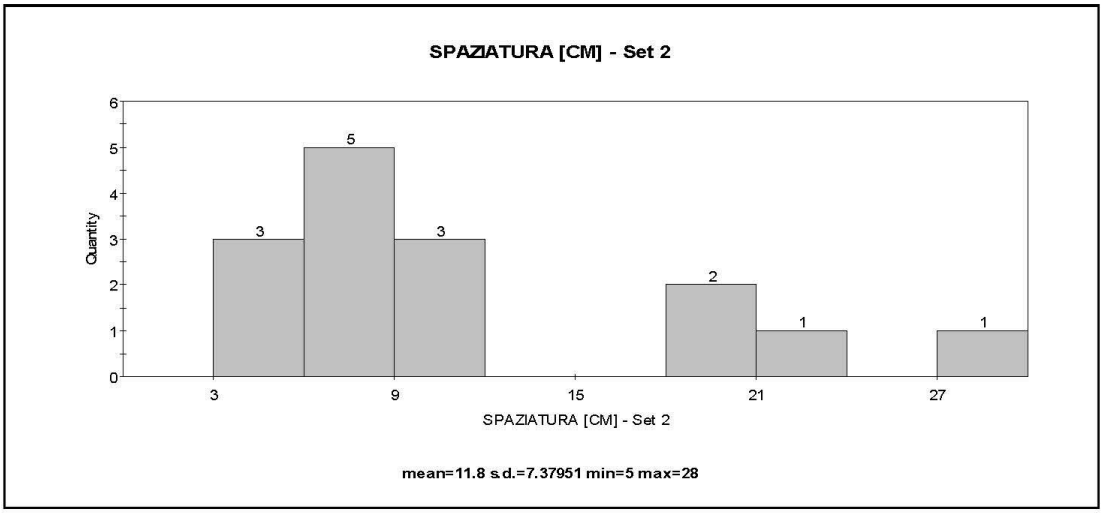
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG1**

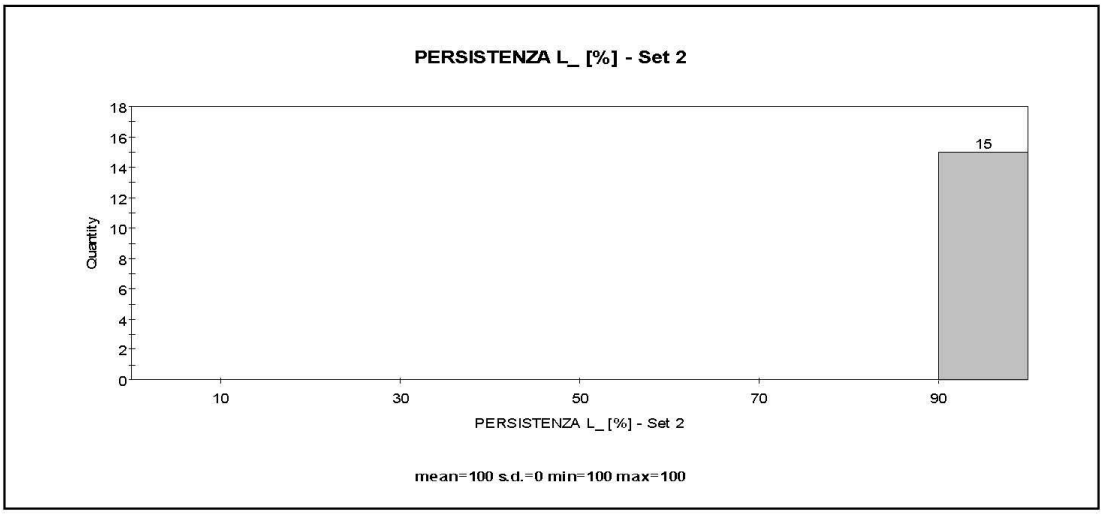


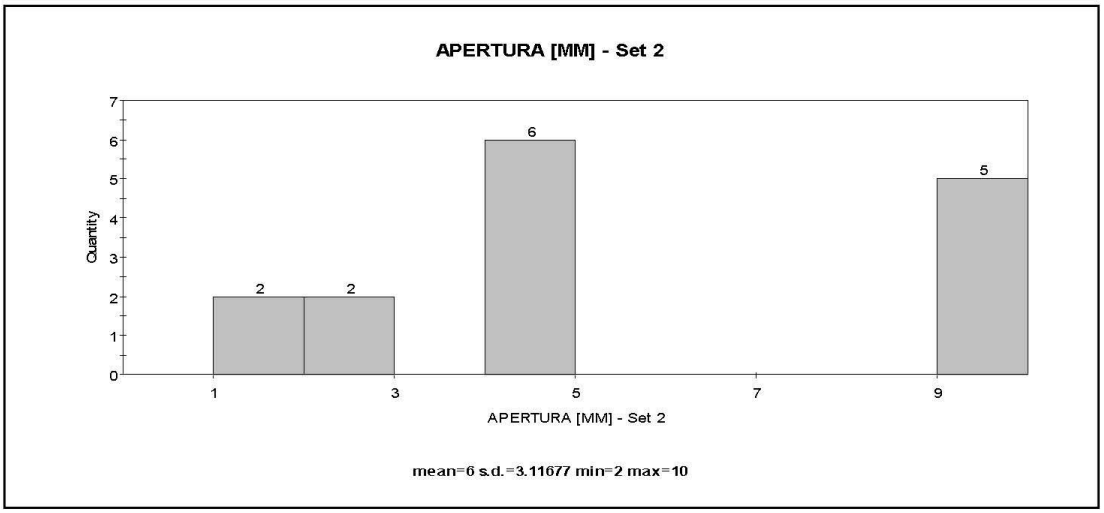




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG1

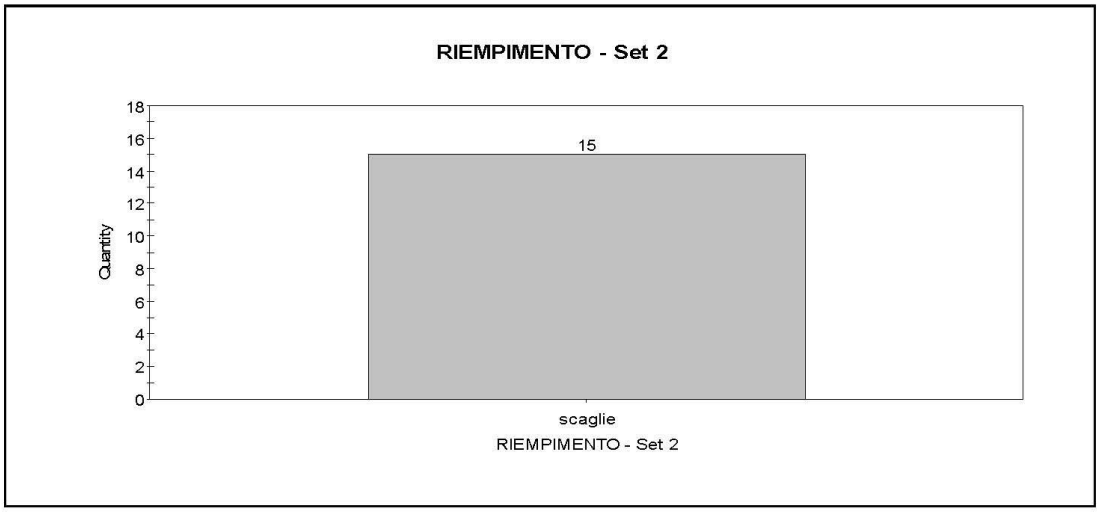


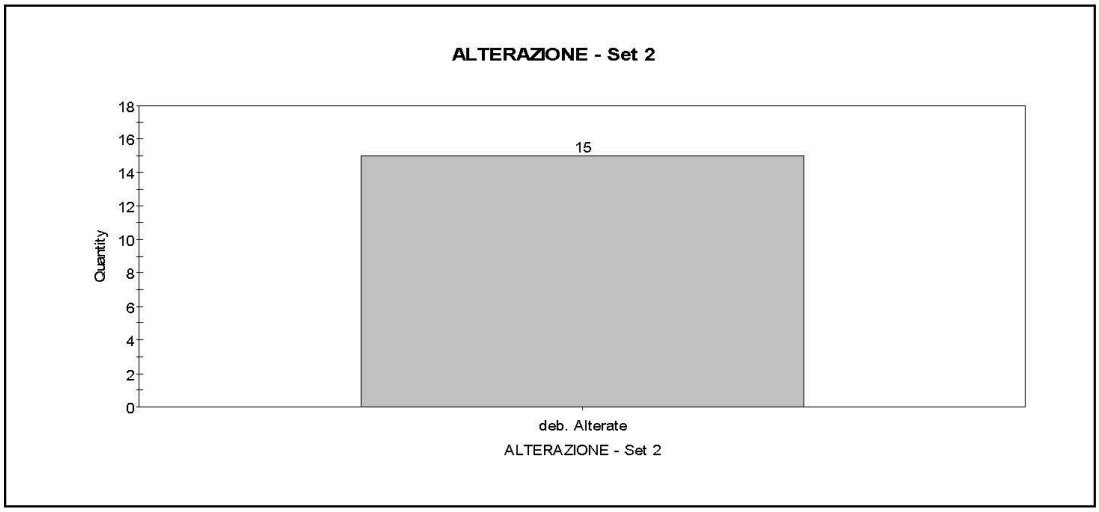



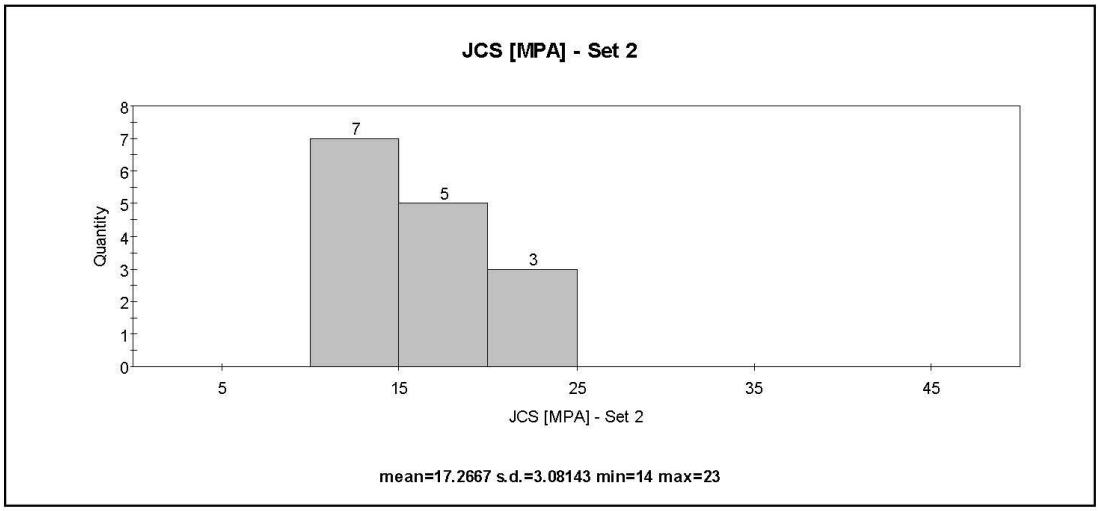




SoilData Studio Associato Aprile 2010

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG1**

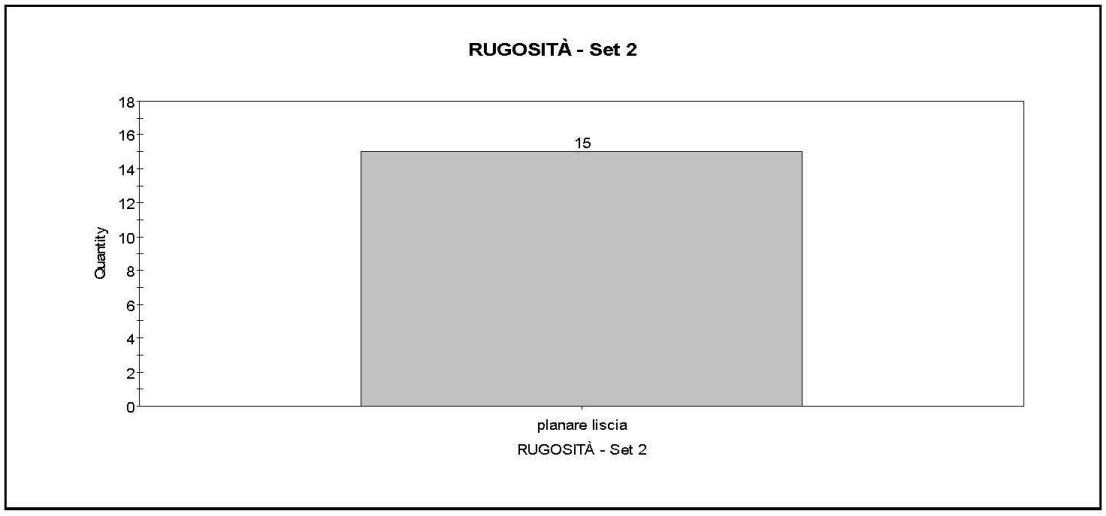


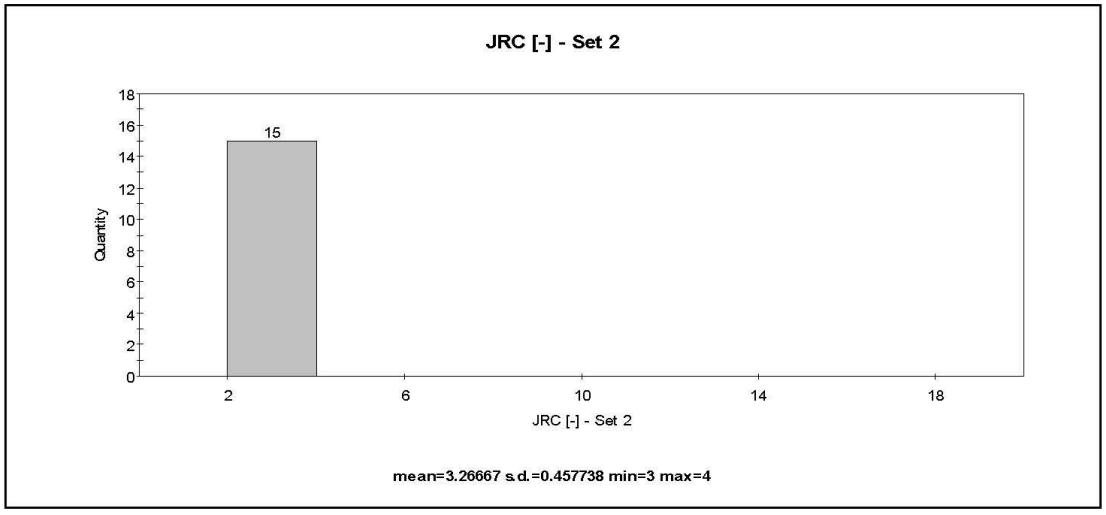




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

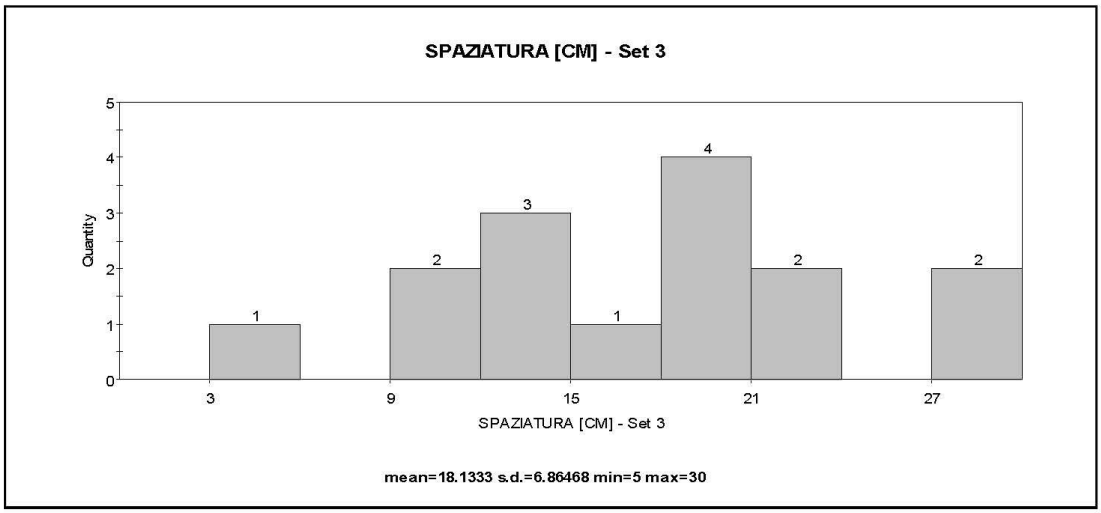
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG1**

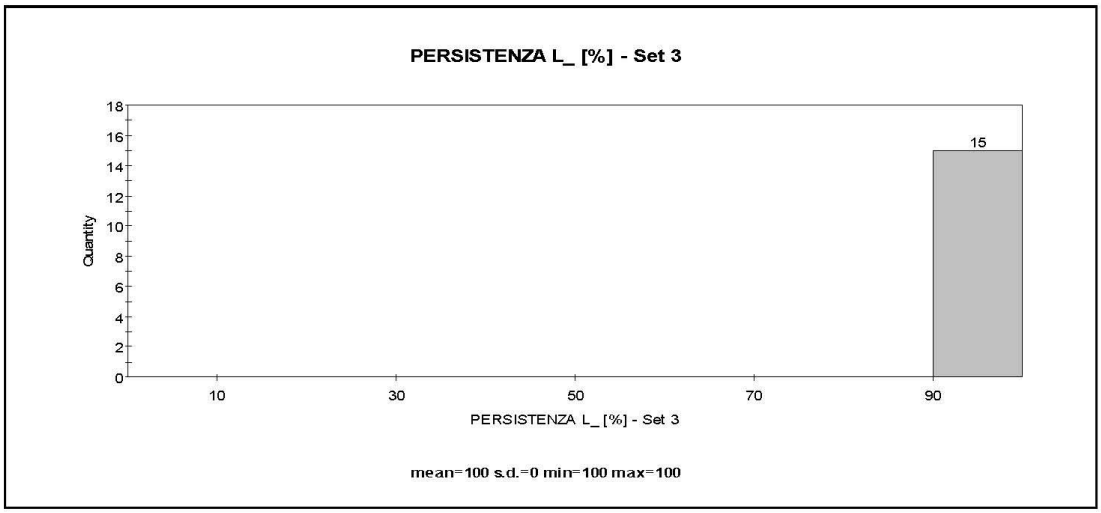


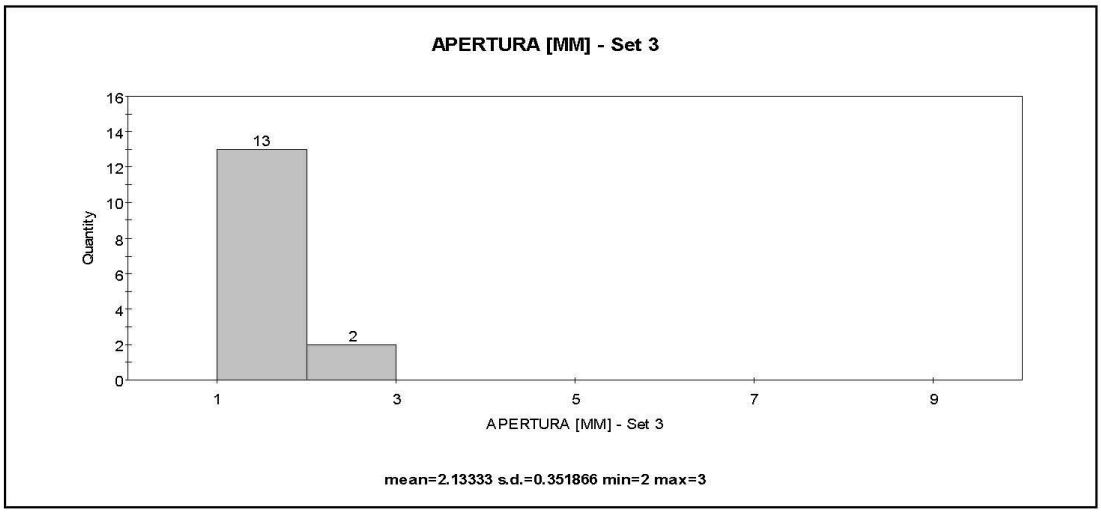




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG1

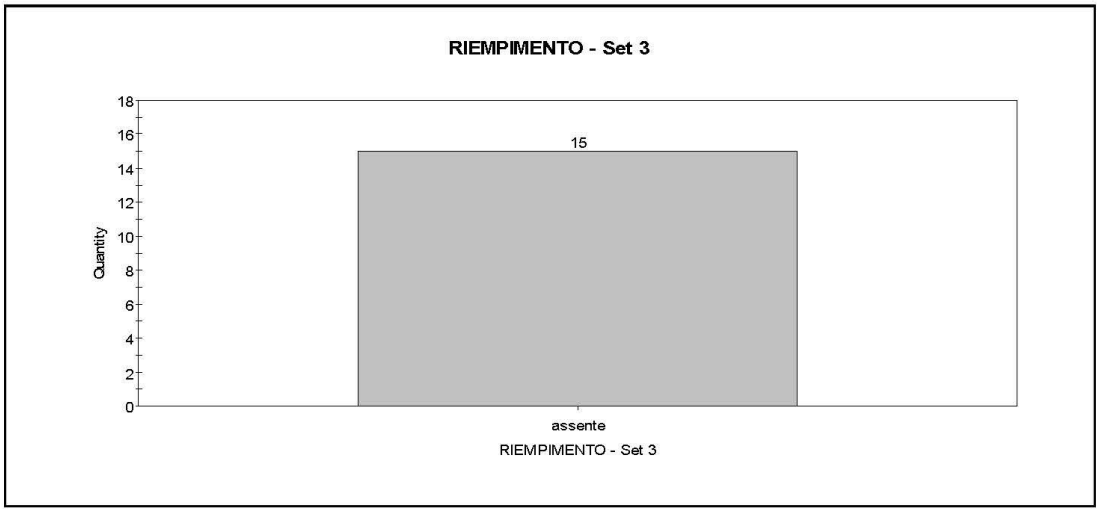


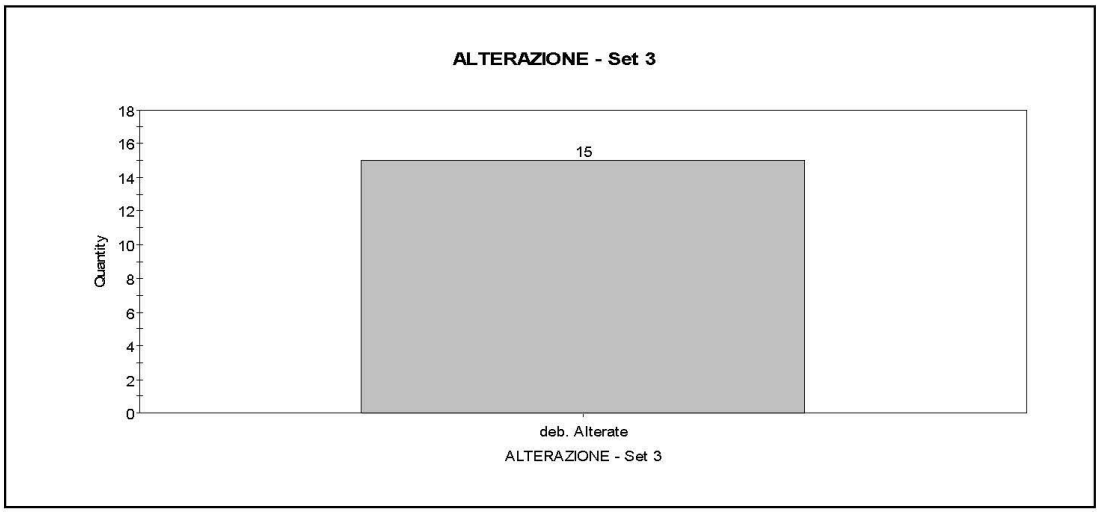



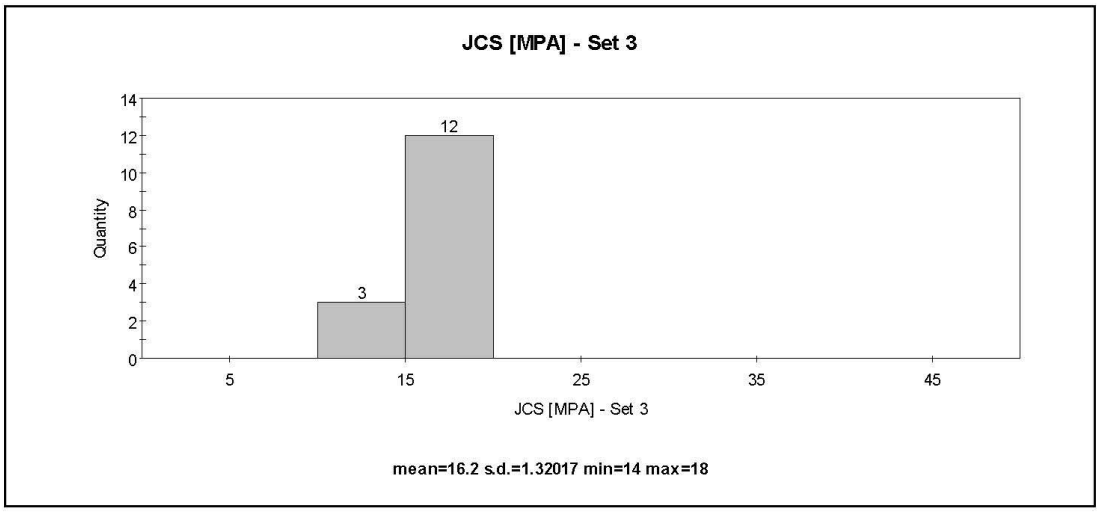




SoilData Studio Associato Aprile 2010

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG1**

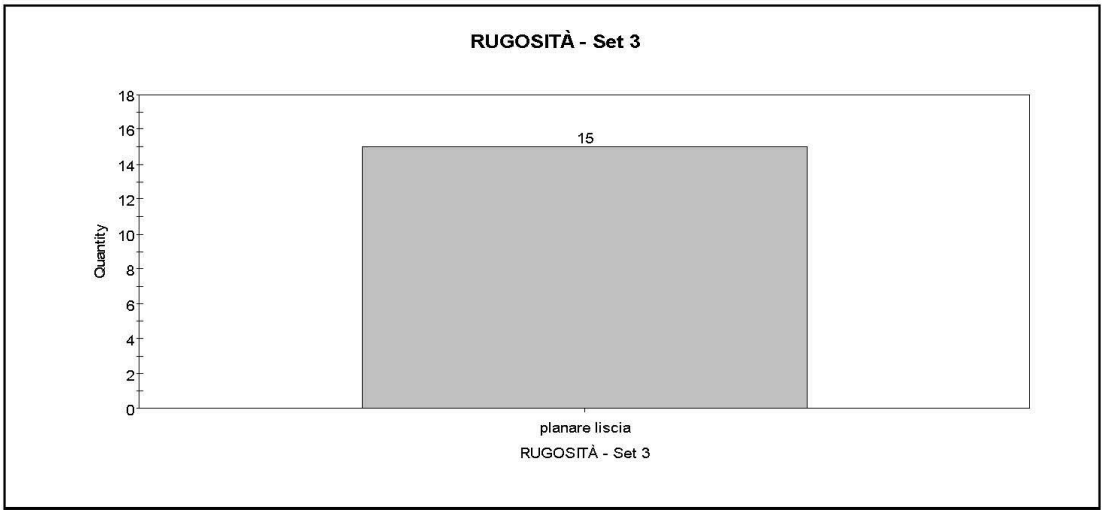


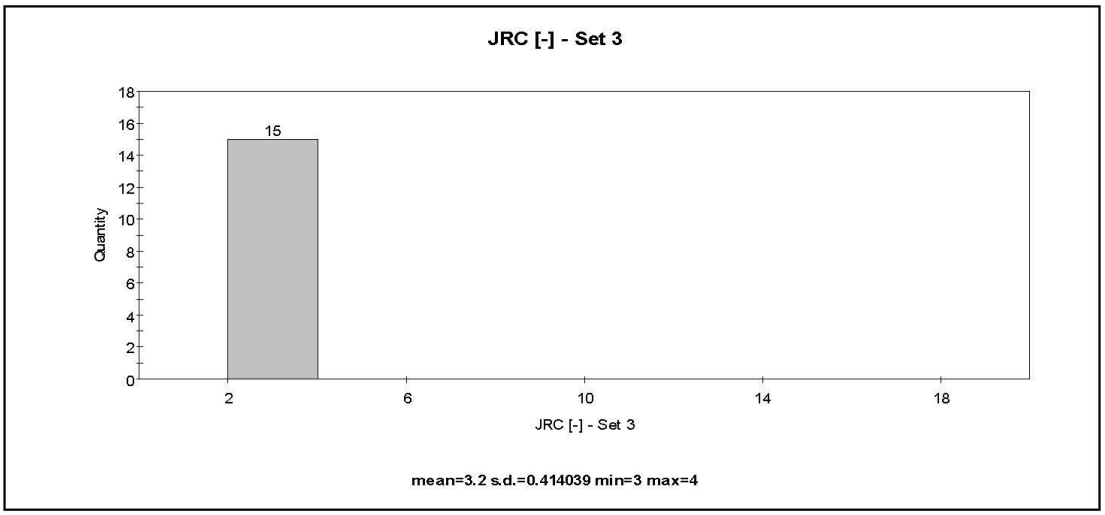




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

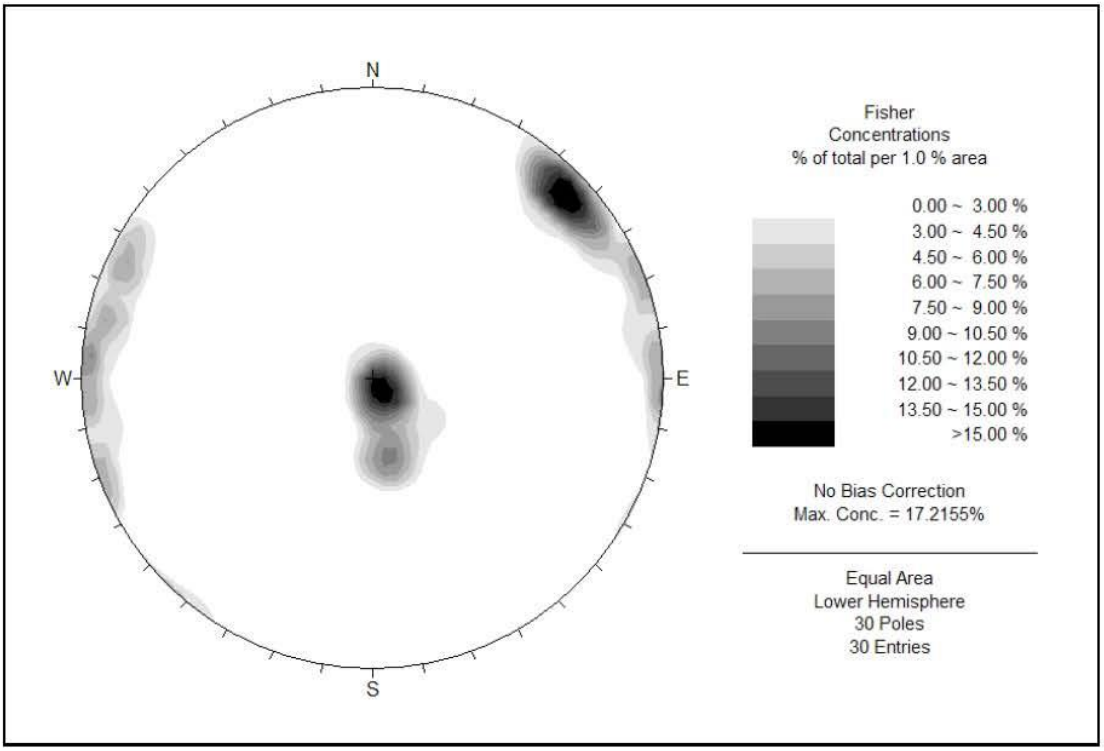
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG1**

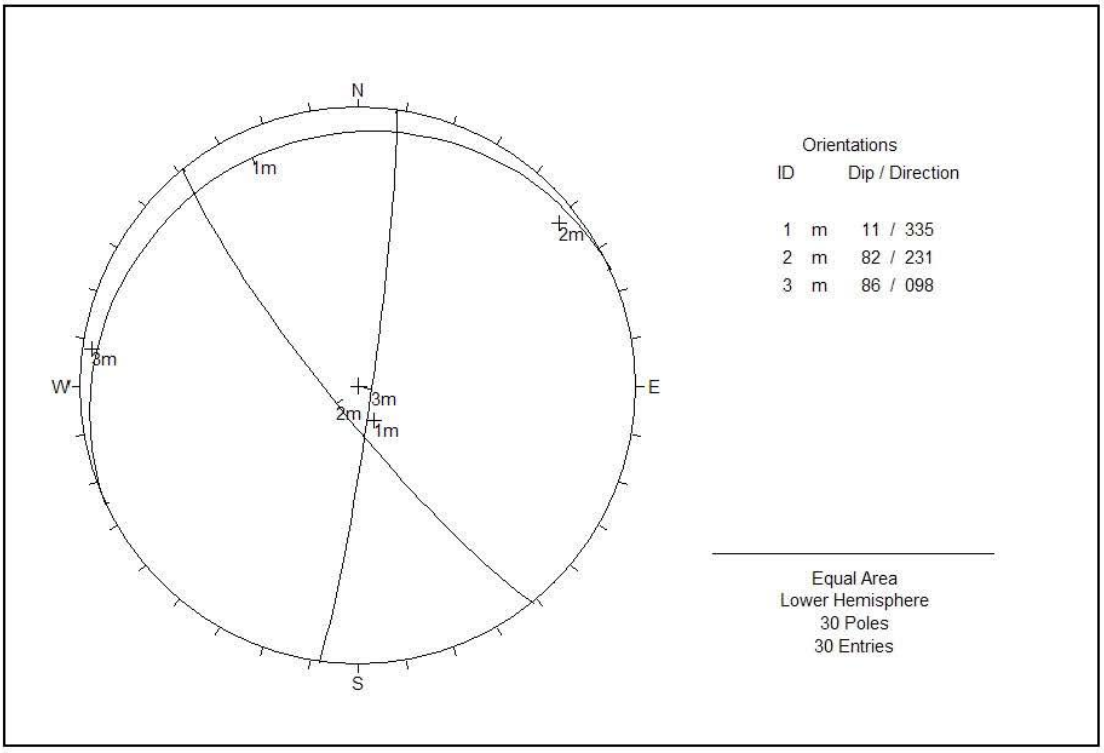



**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

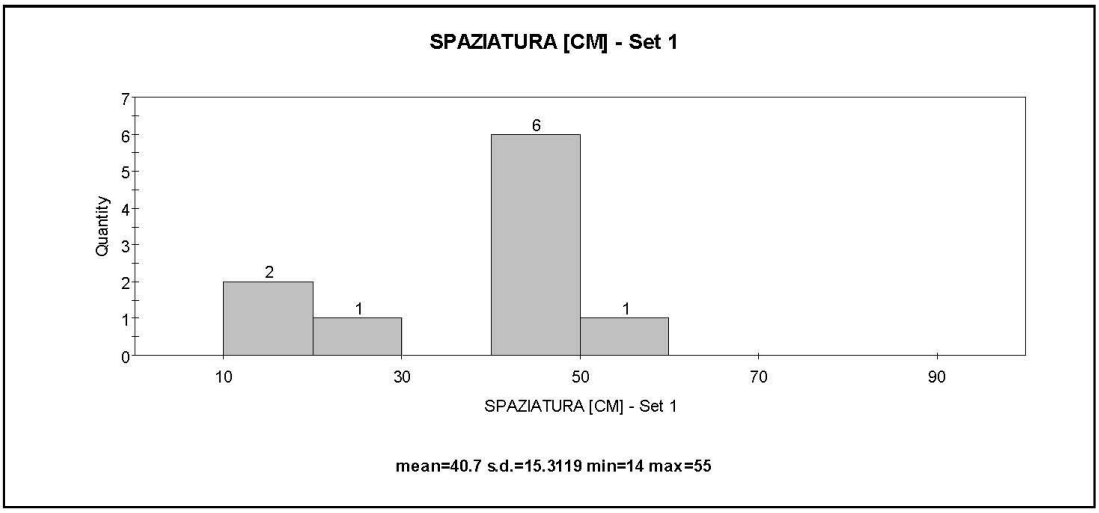
Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG2

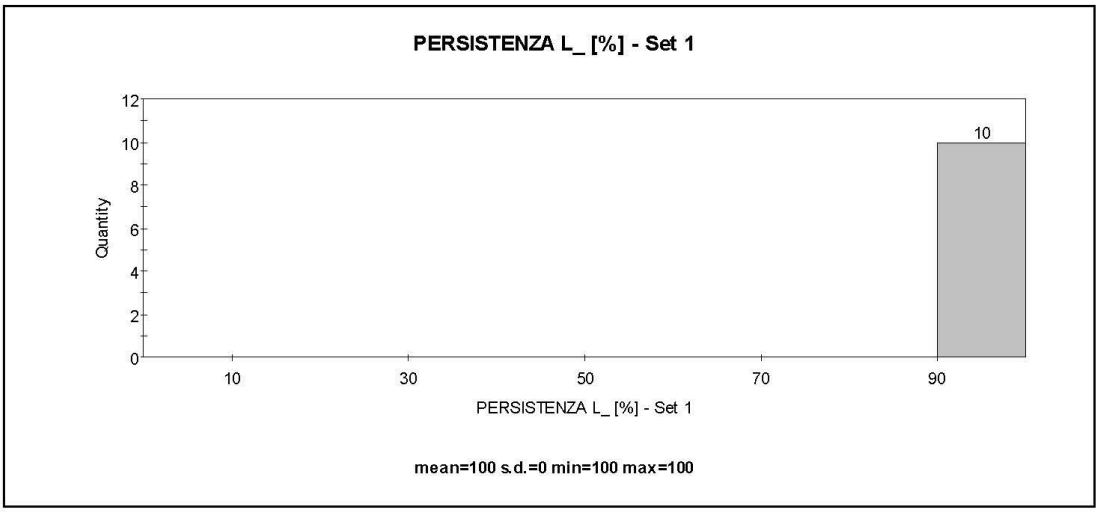


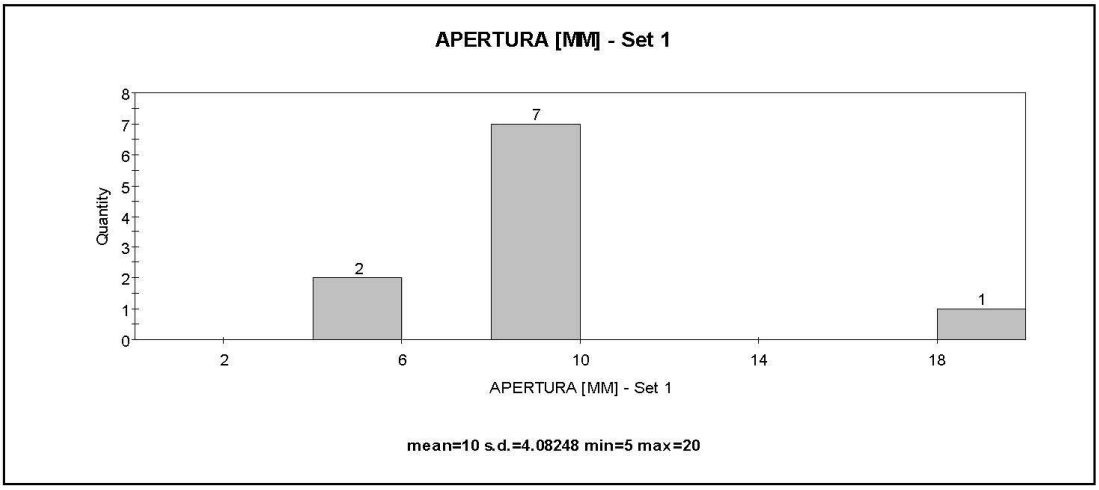




SoilData Studio Associato Aprile 2010

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG2**

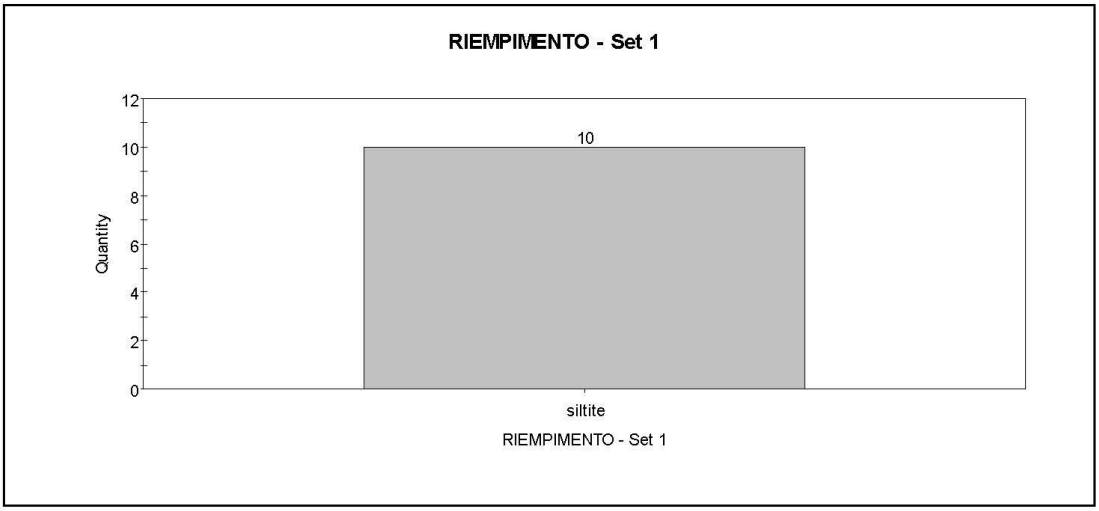


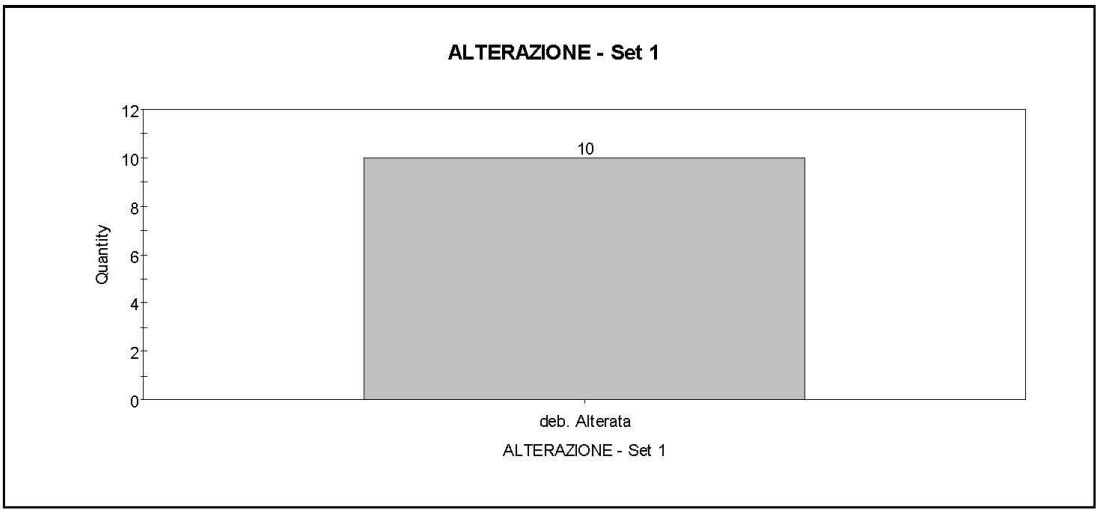



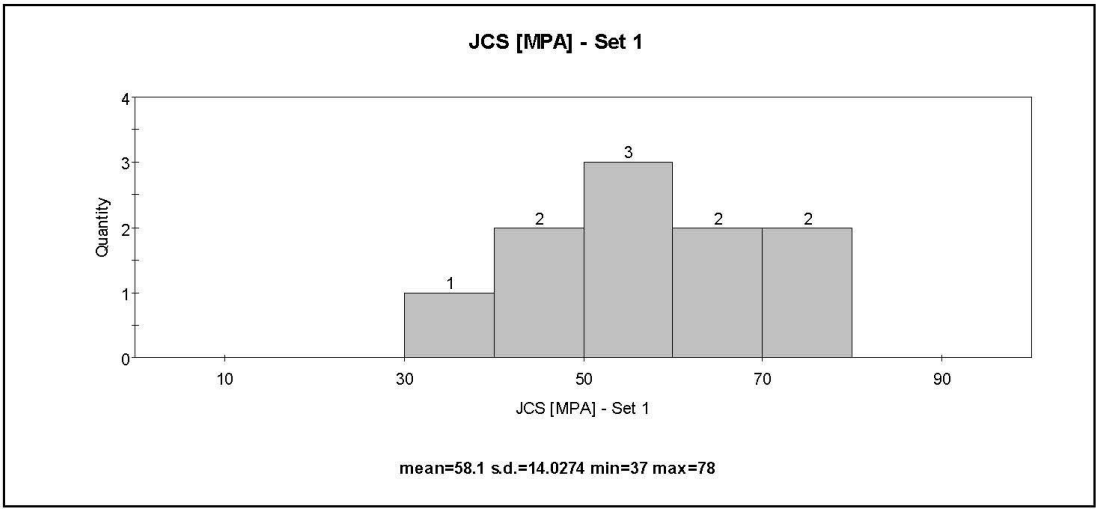




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG2**

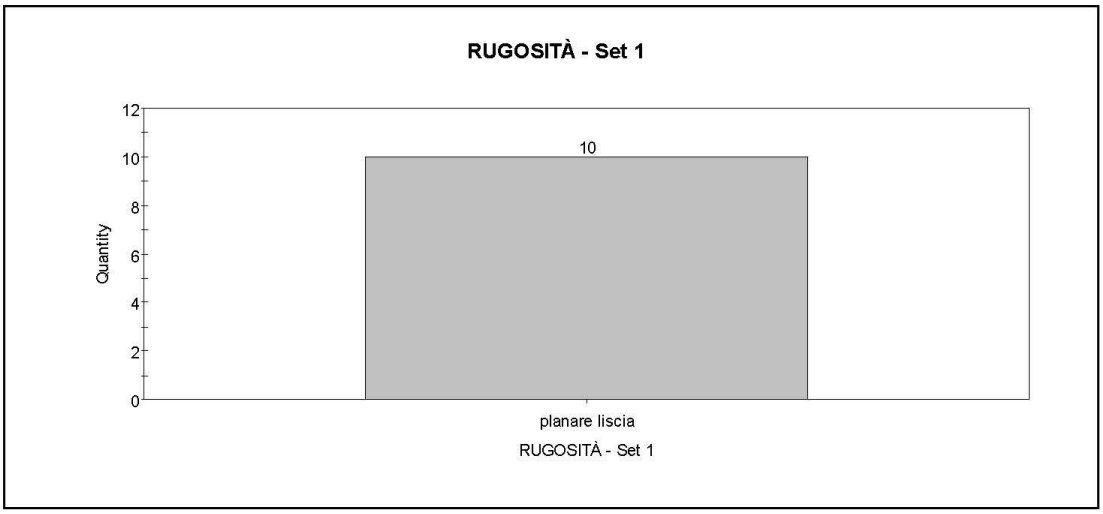


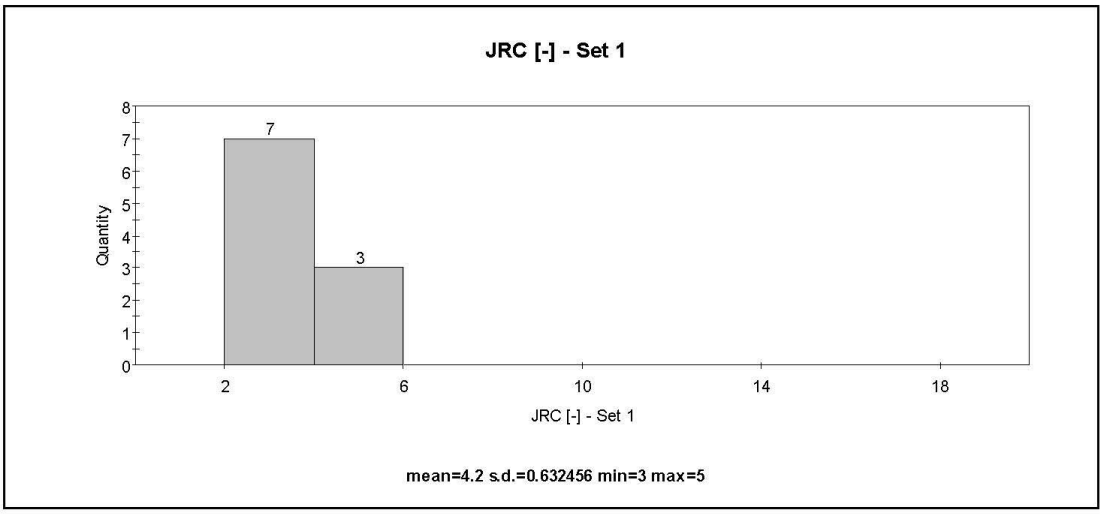



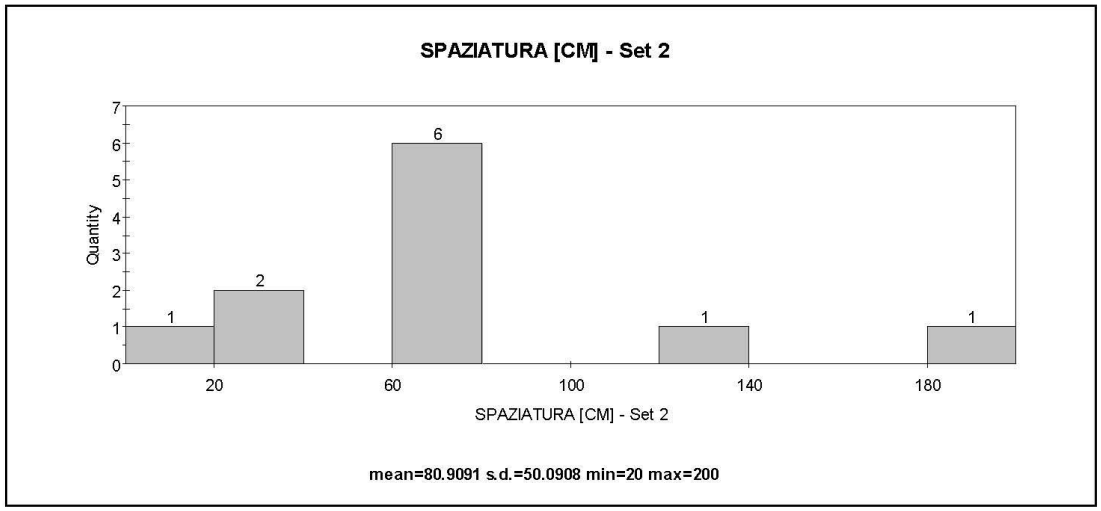



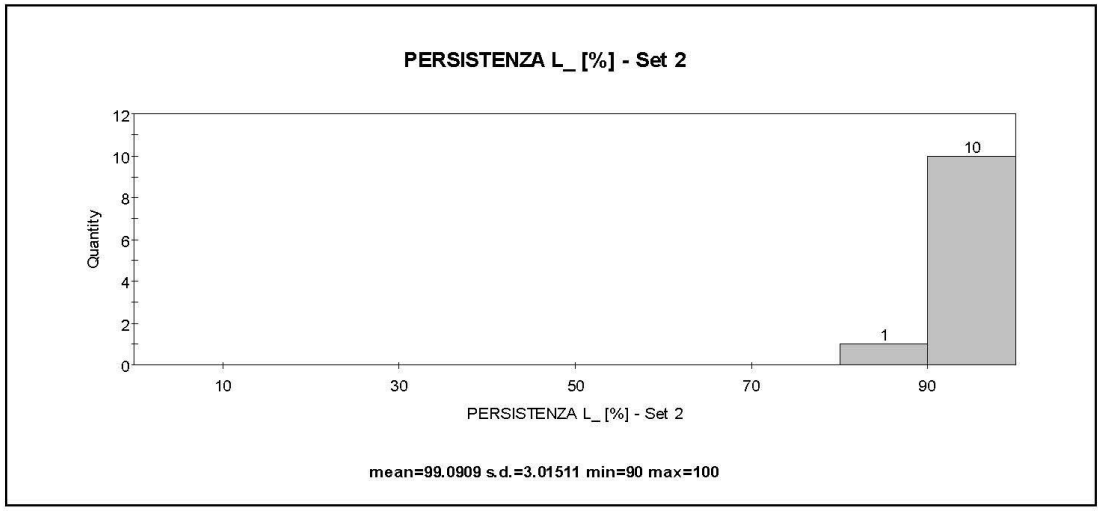

**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

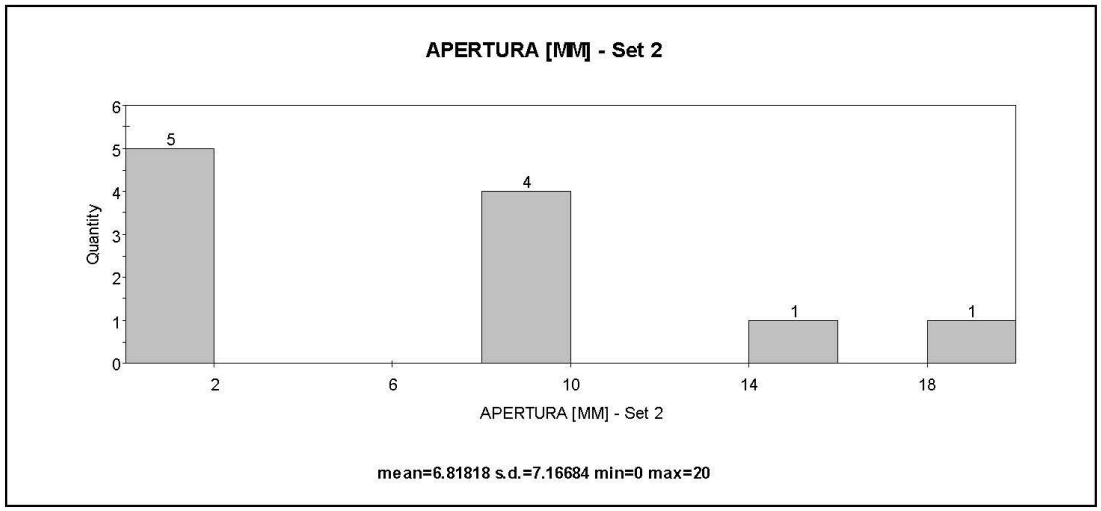
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG2**



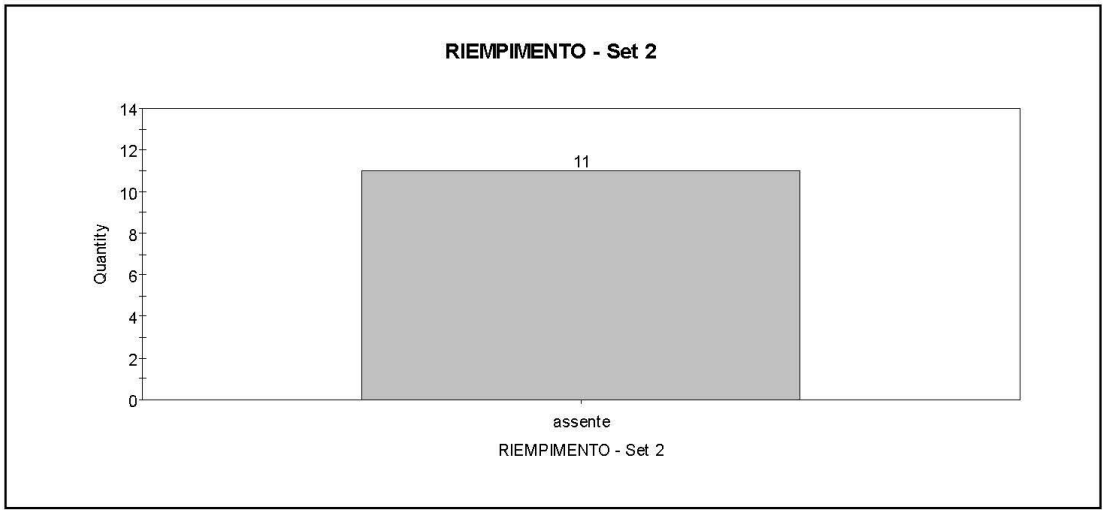



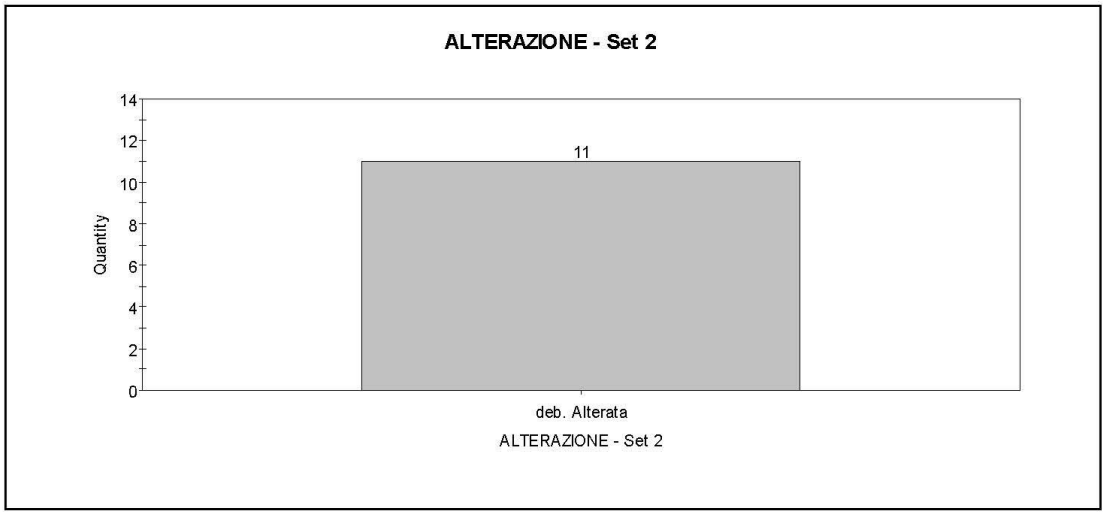

SPAZIATURA [CM] - Set 2
Quantity
SPAZIATURA [CM] - Set 2
mean=80.9091 s.d.=50.0908 min=20 max=200

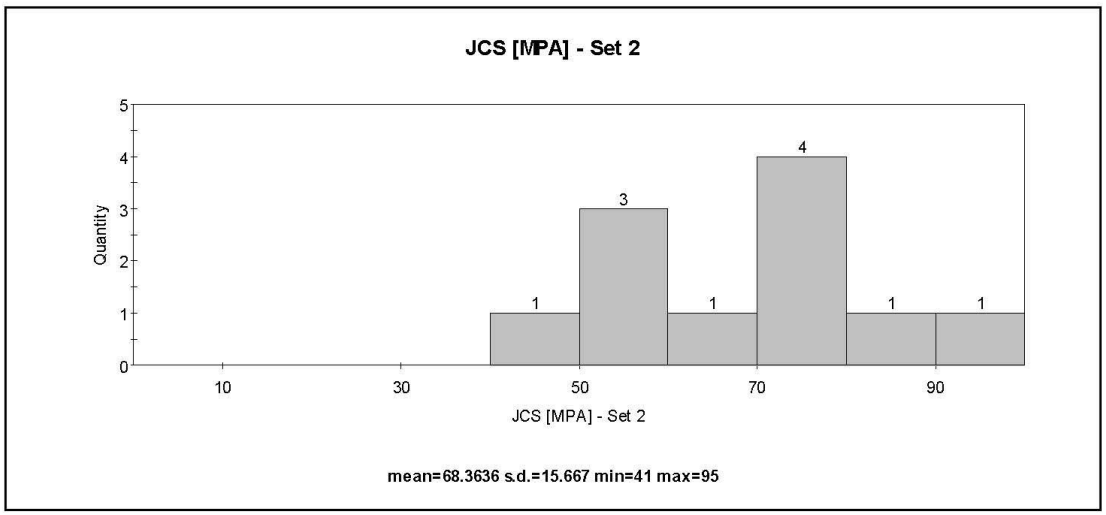

PERSISTENZA L_ [%] - Set 2
Quantity
PERSISTENZA L_ [%] - Set 2
mean=99.0909 s.d.=3.01511 min=90 max=100


APERTURA [MM] - Set 2
Quantity
APERTURA [MM] - Set 2
mean=6.81818 s.d.=7.16684 min=0 max=20

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG2**

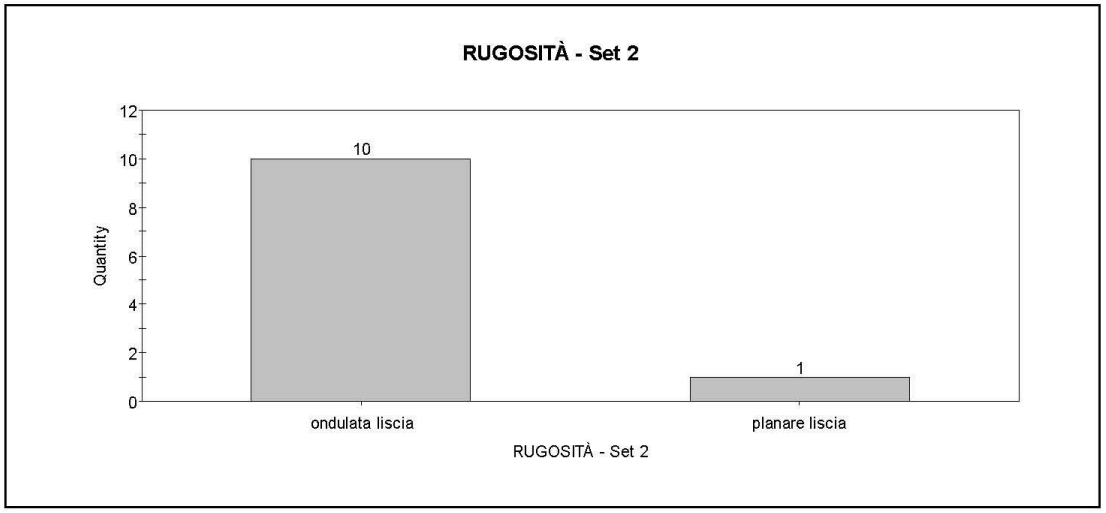


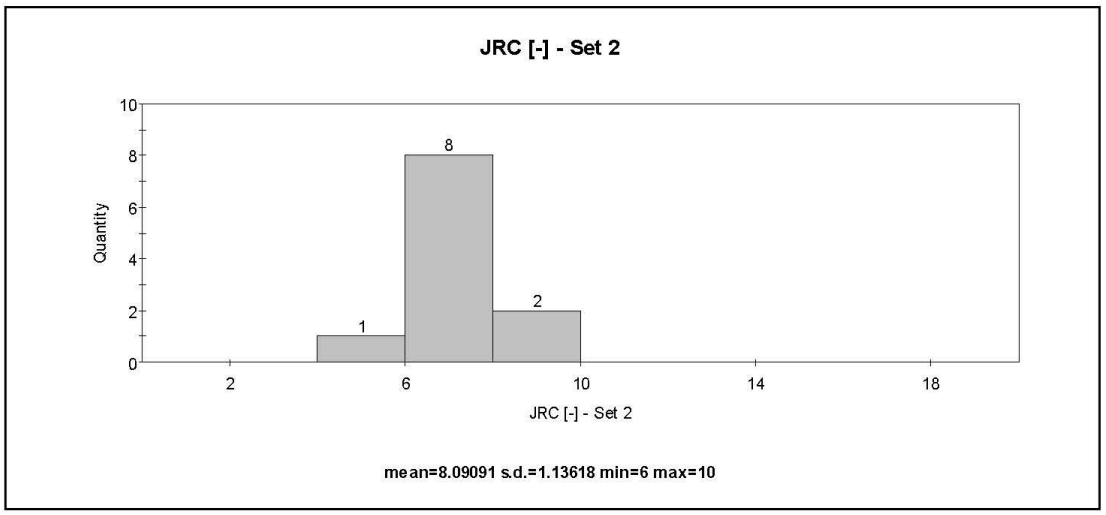



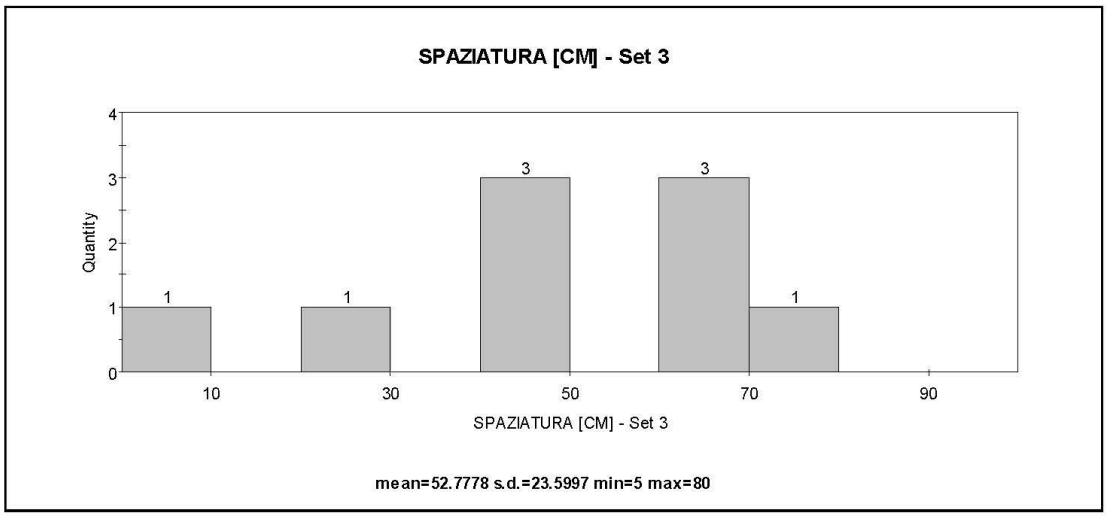

**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

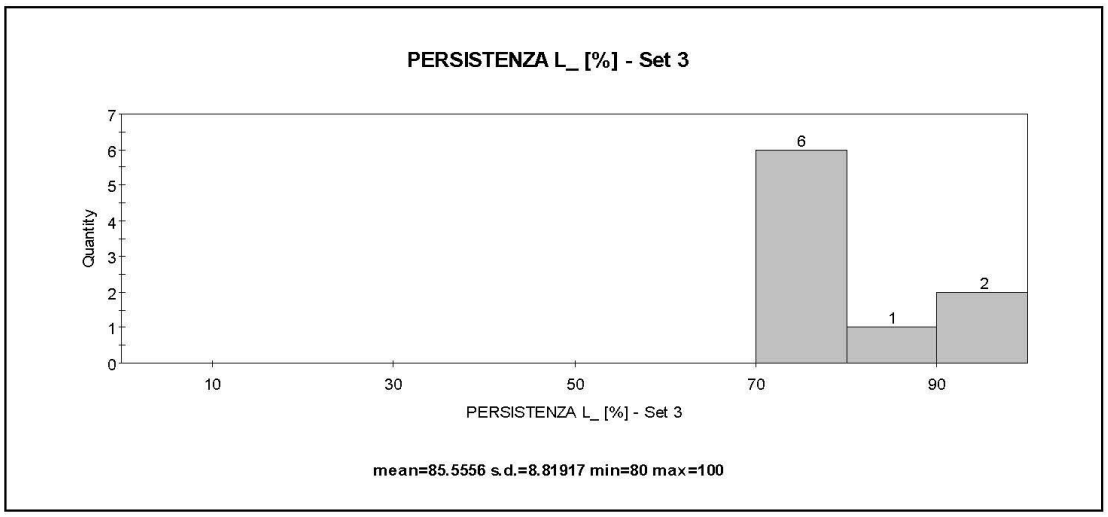
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG2**

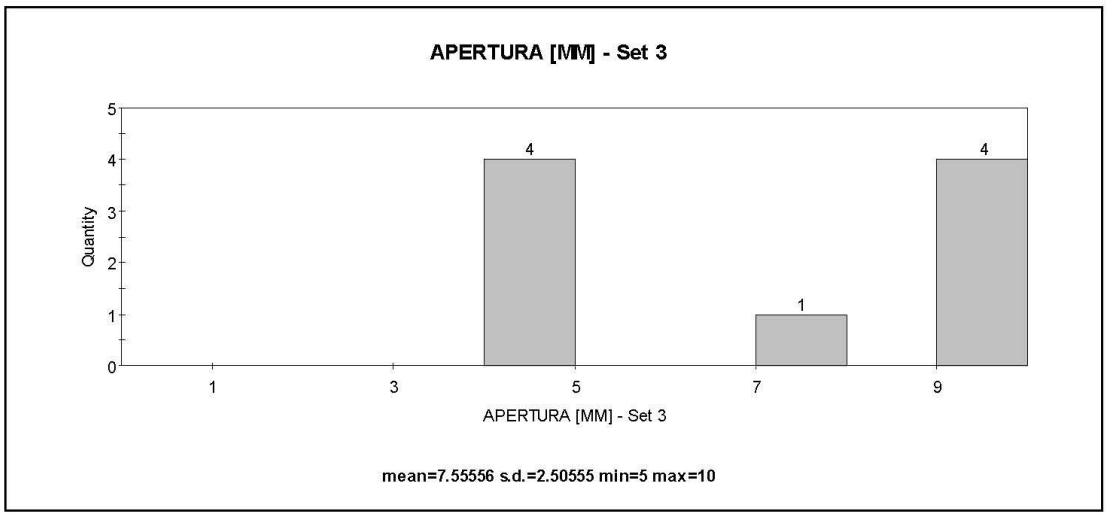


**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG2**

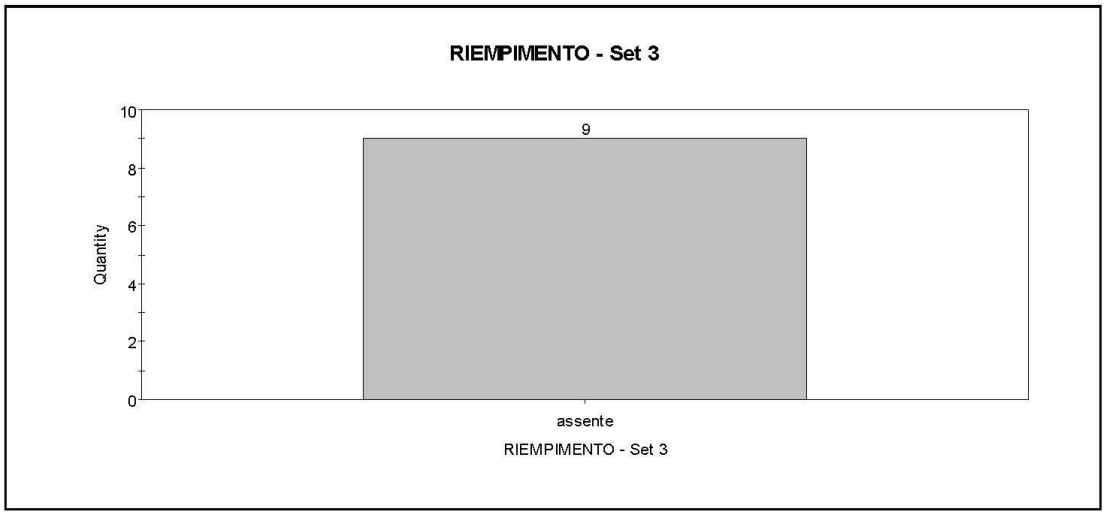


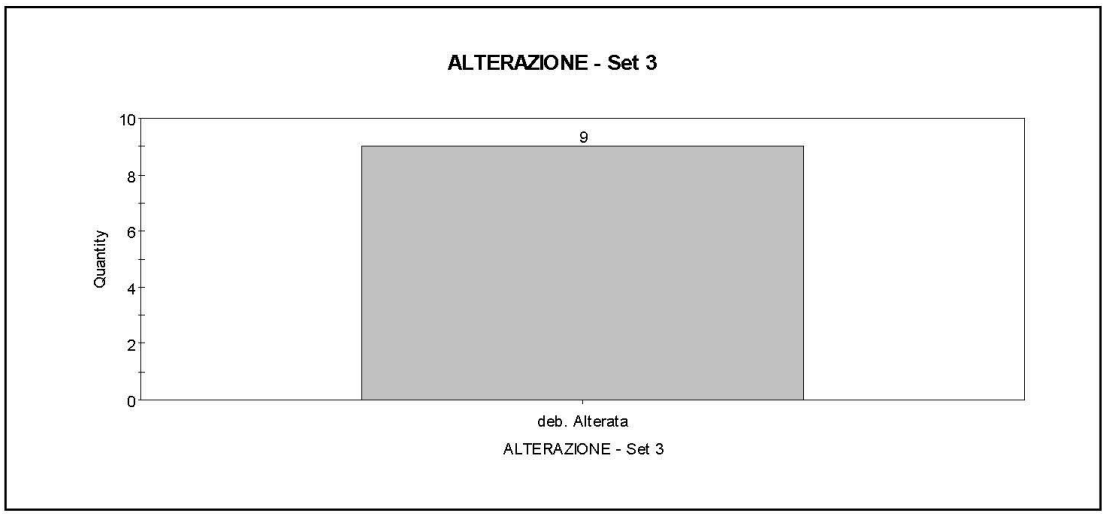



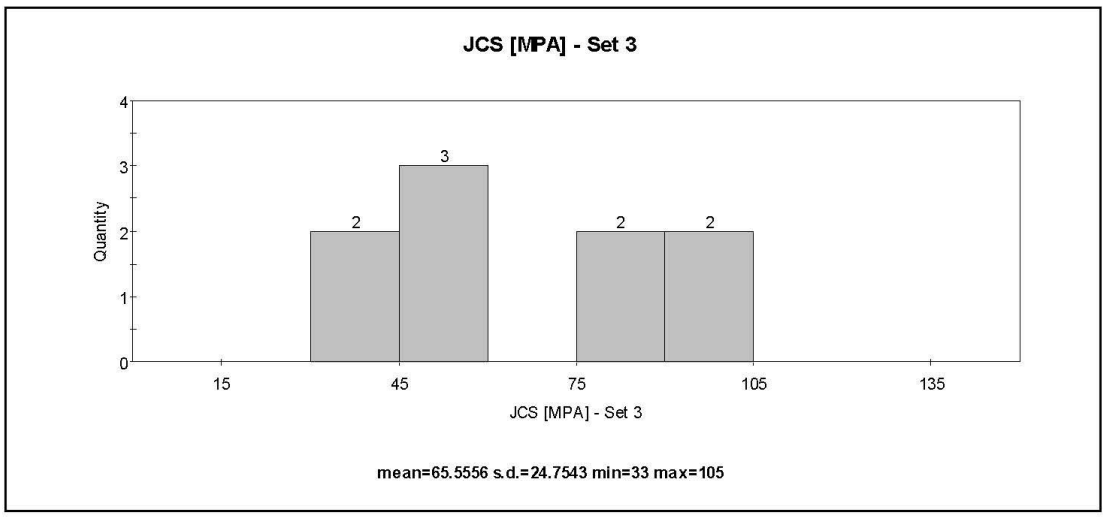




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG2**

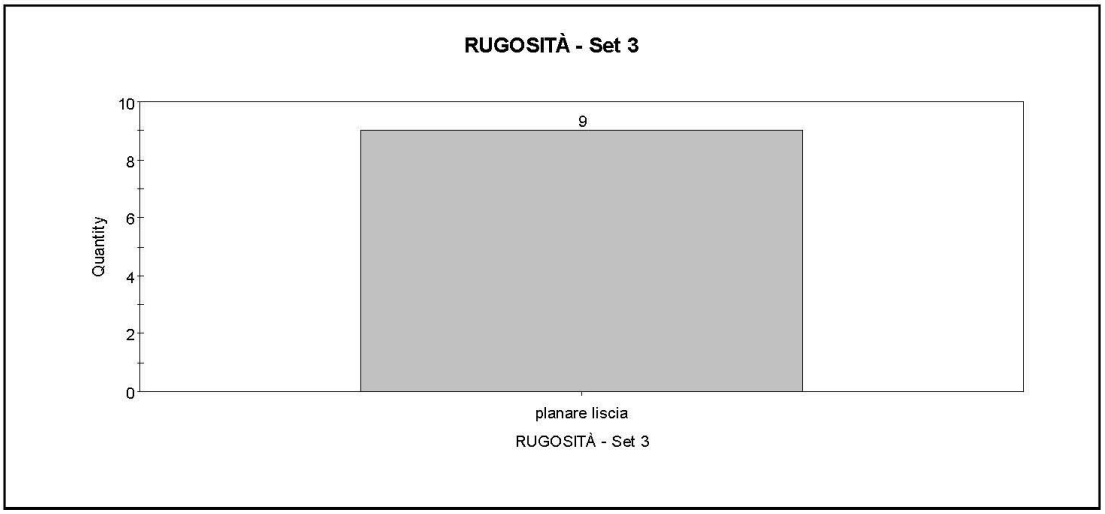


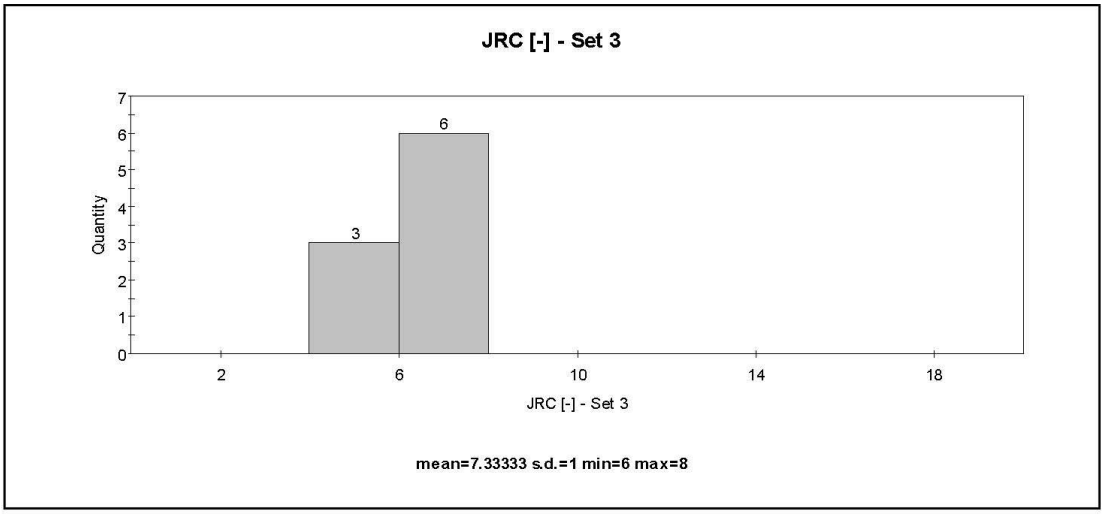



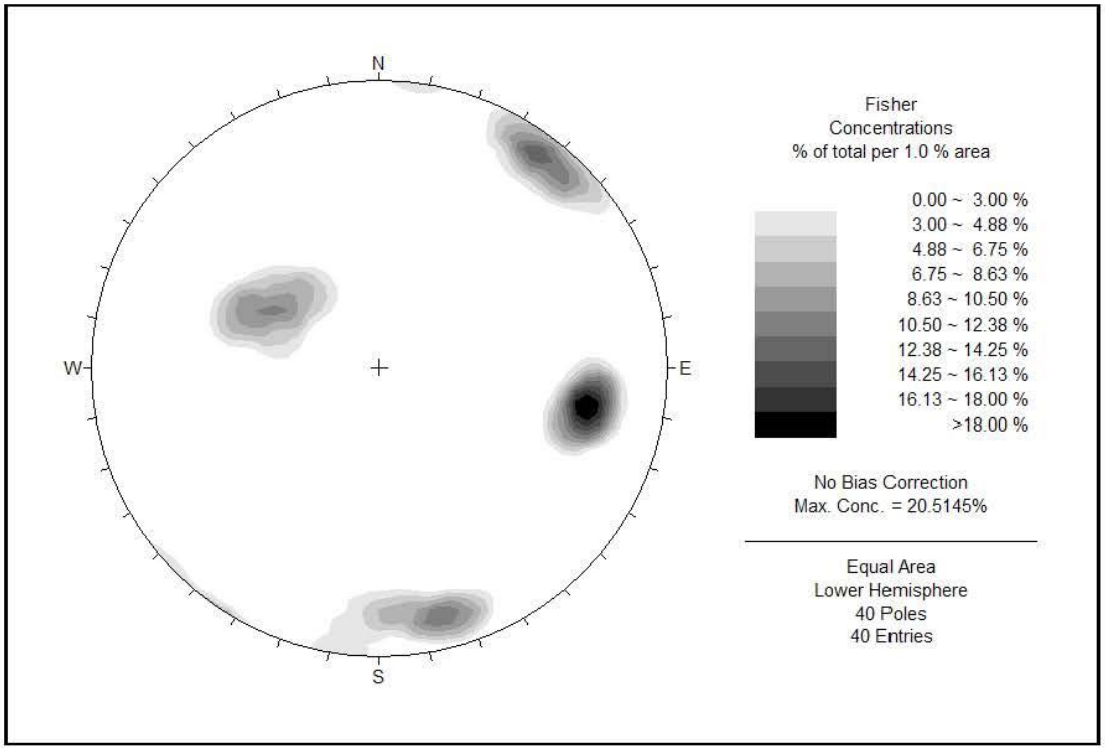

**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

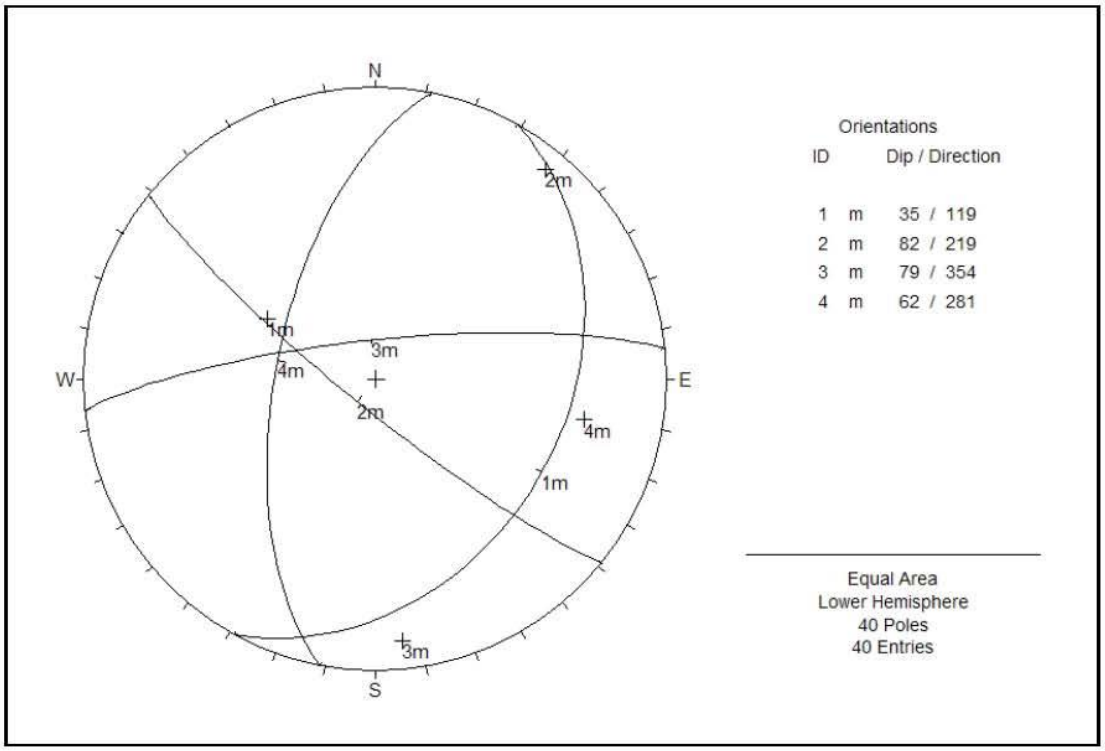
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG2**



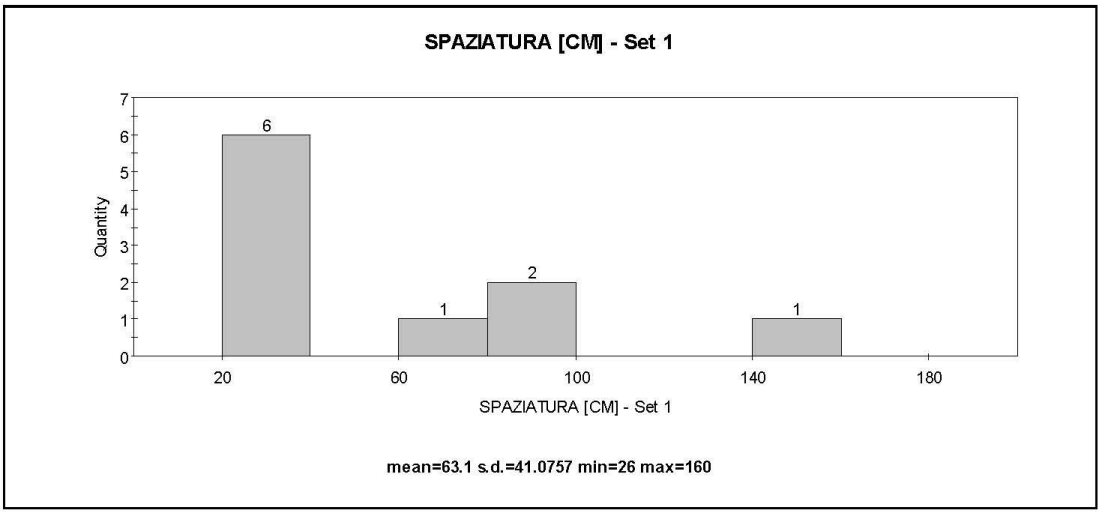



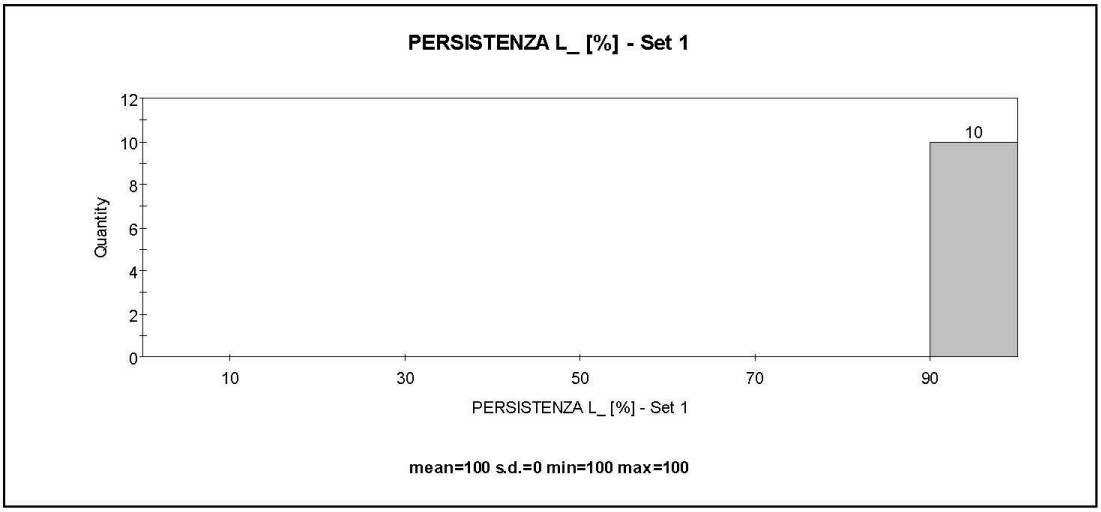
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG3**

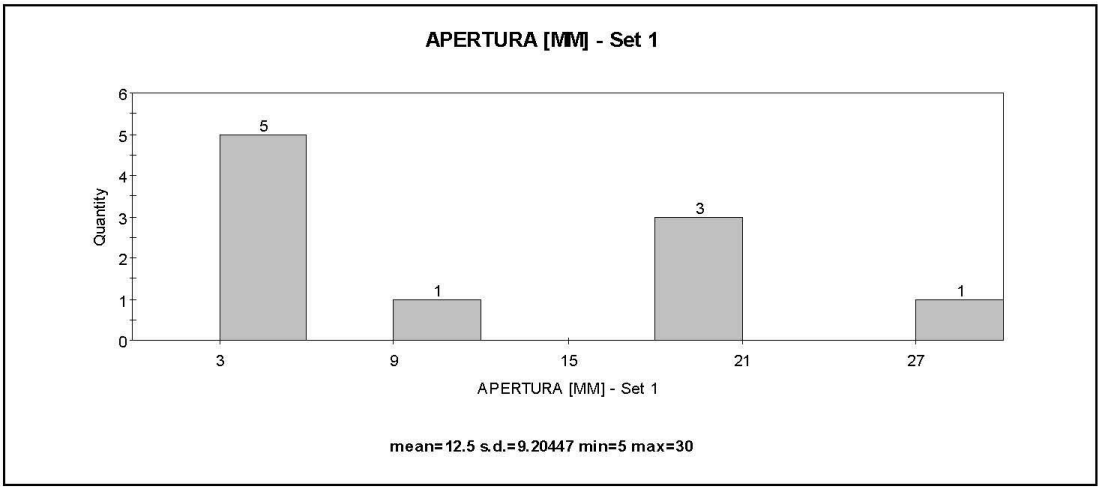


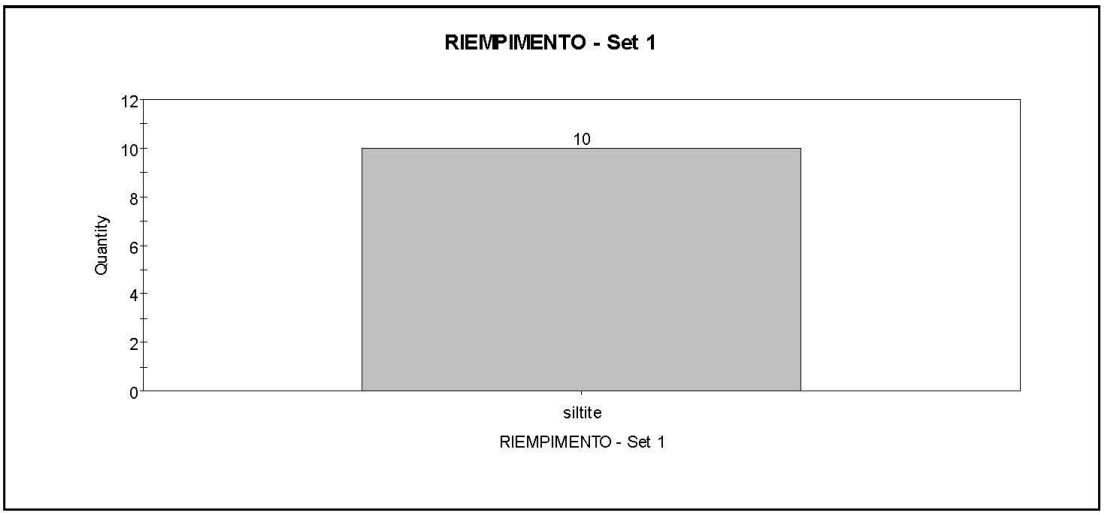

**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

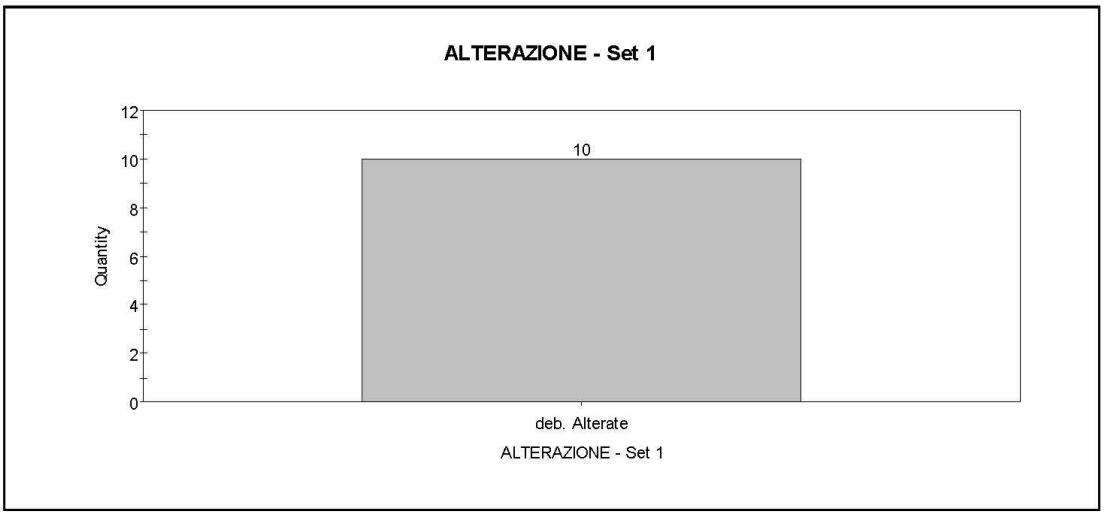

SPAZIATURA [CM] - Set 1
Quantity
0
1
2
3
4
5
6
7
6
1
2
1
20
60
100
140
180
SPAZIATURA [CM] - Set 1
mean=63.1 s.d.=41.0757 min=26 max=160

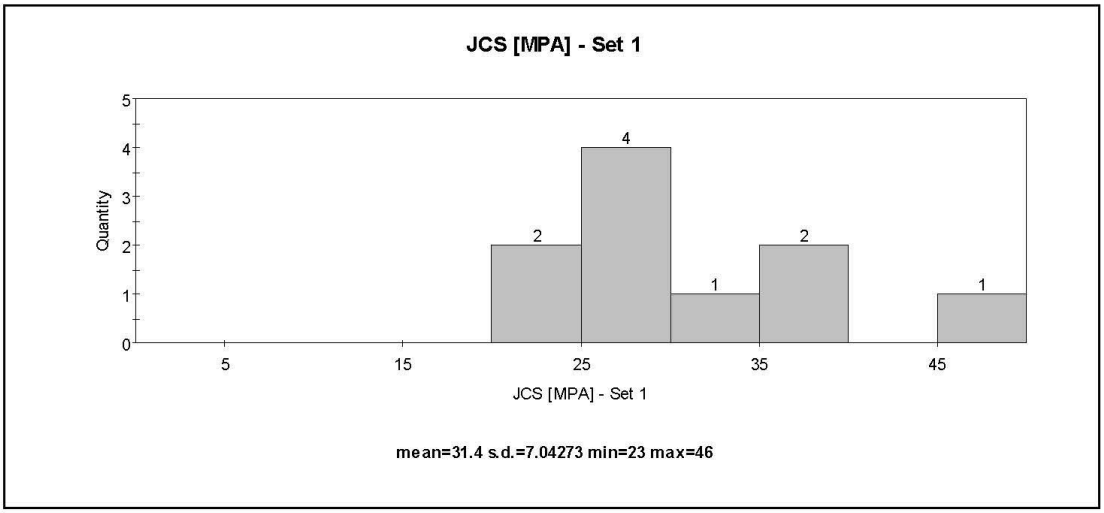

PERSISTENZA L_ [%] - Set 1
Quantity
0
2
4
6
8
10
12
10
10
30
50
70
90
PERSISTENZA L_ [%] - Set 1
mean=100 s.d.=0 min=100 max=100


APERTURA [MM] - Set 1
Quantity
0
1
2
3
4
5
6
5
1
3
1
3
9
15
21
27
APERTURA [MM] - Set 1
mean=12.5 s.d.=9.20447 min=5 max=30

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG3**

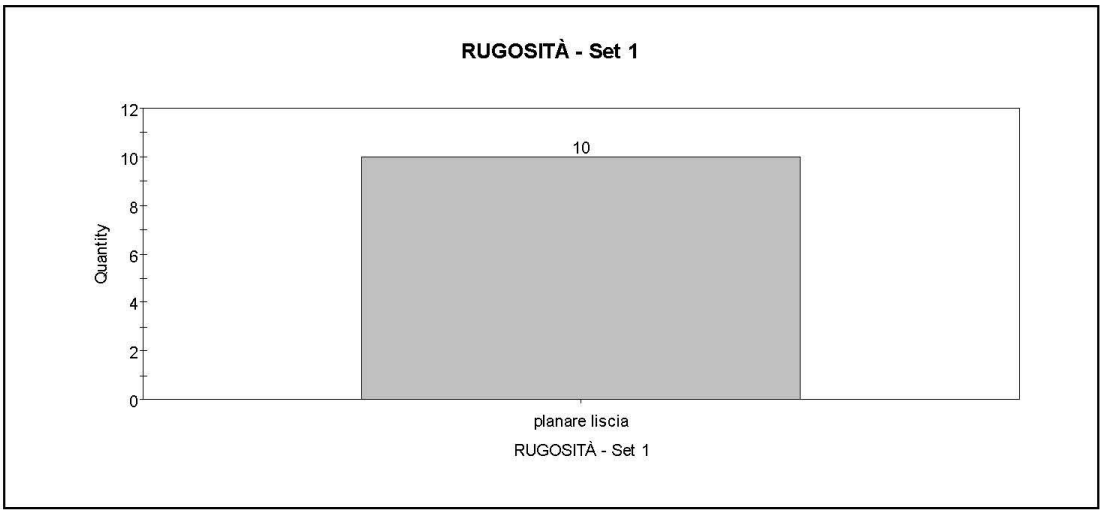


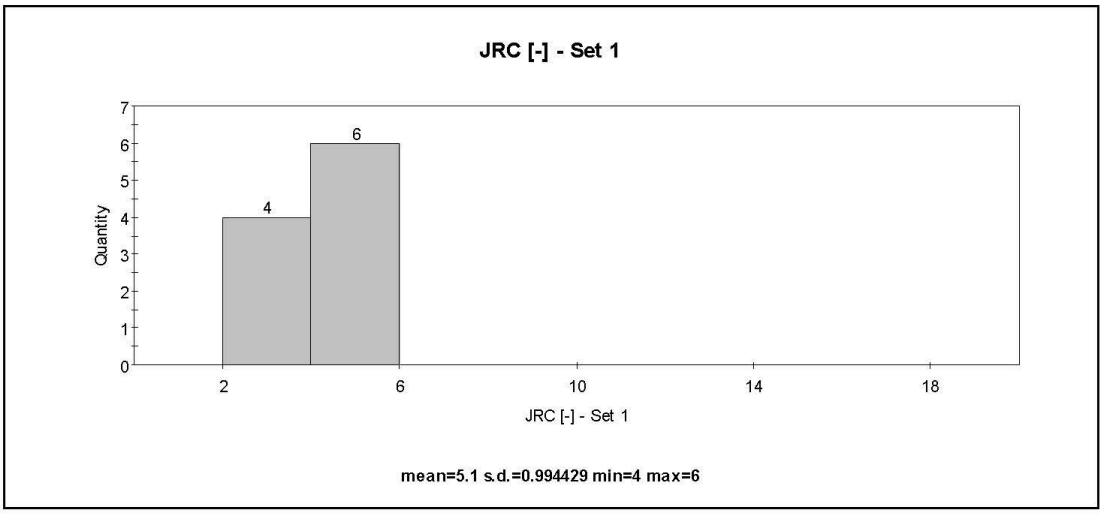




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

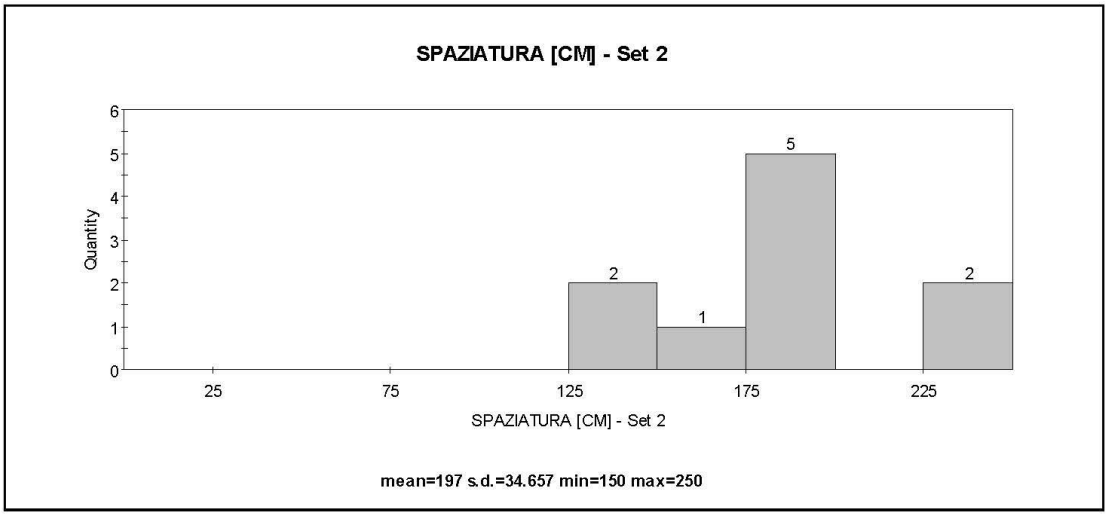
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG3**

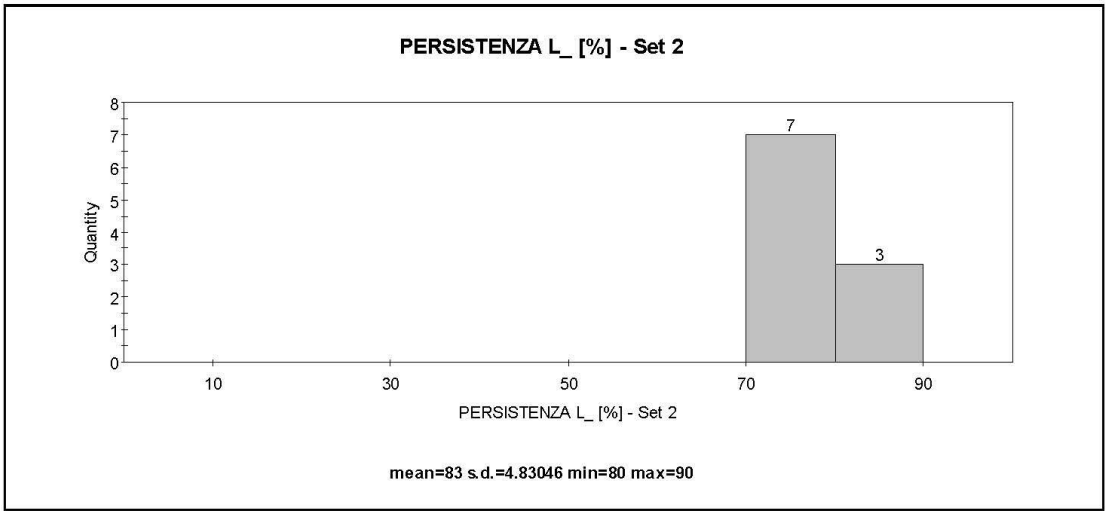


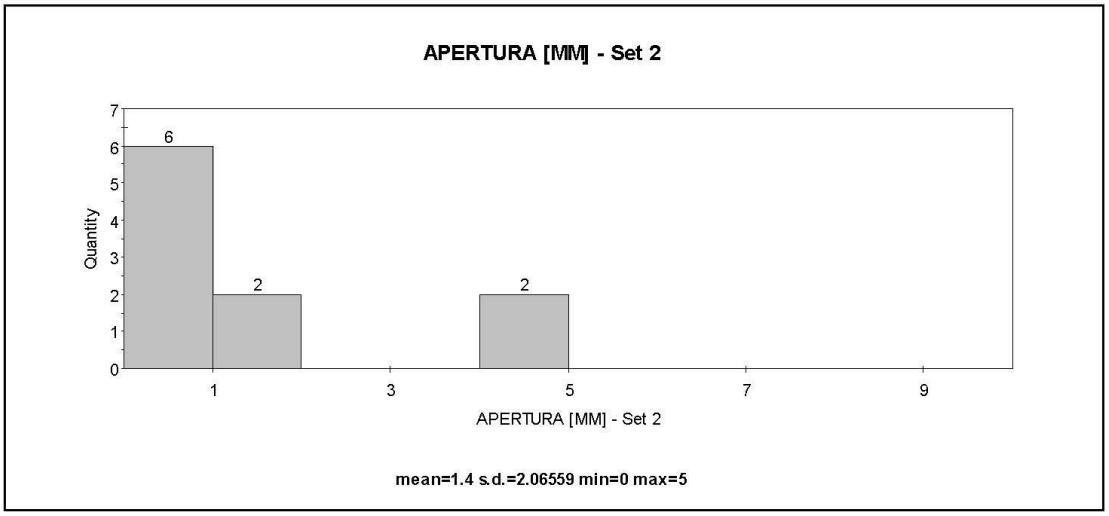




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG3**

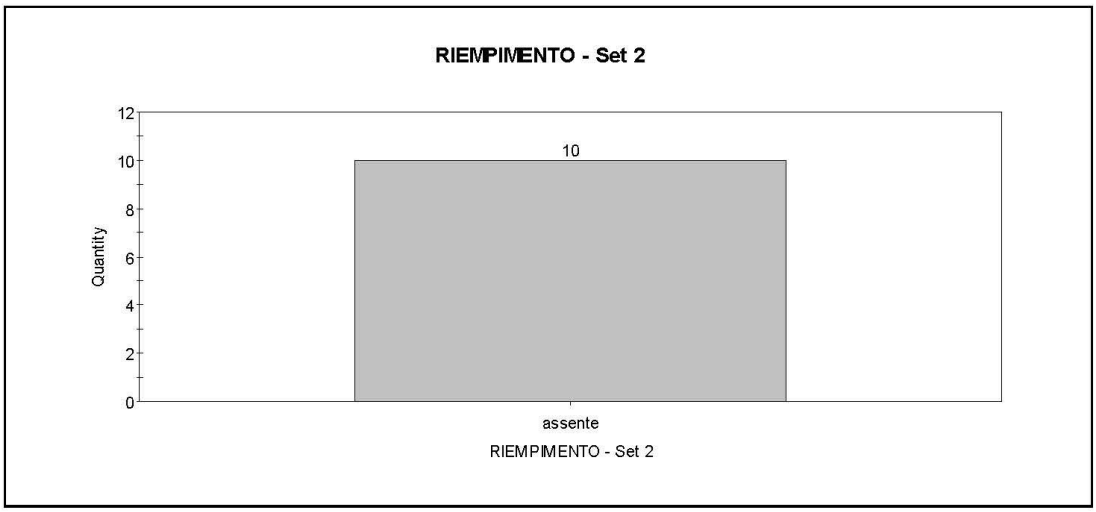


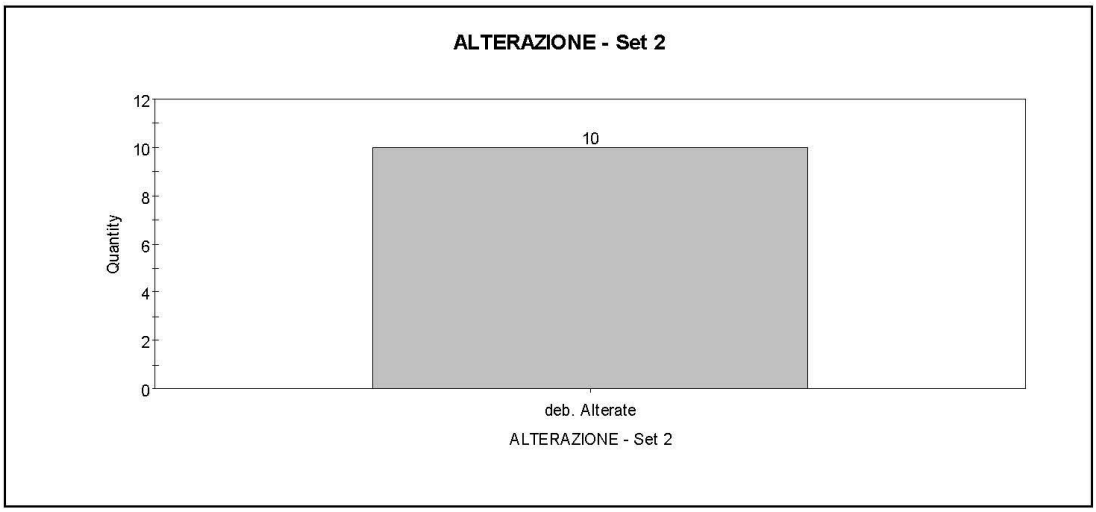



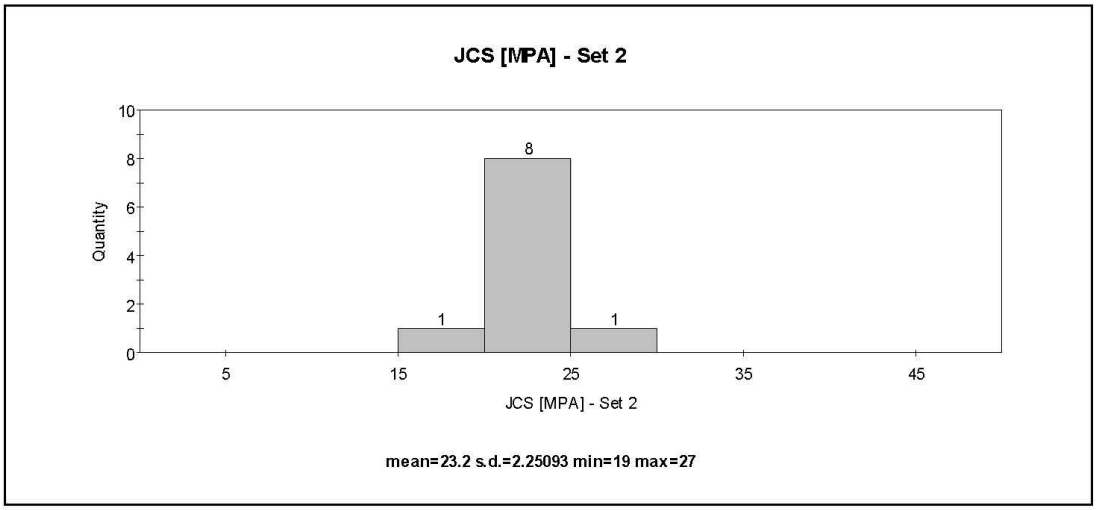




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG3**

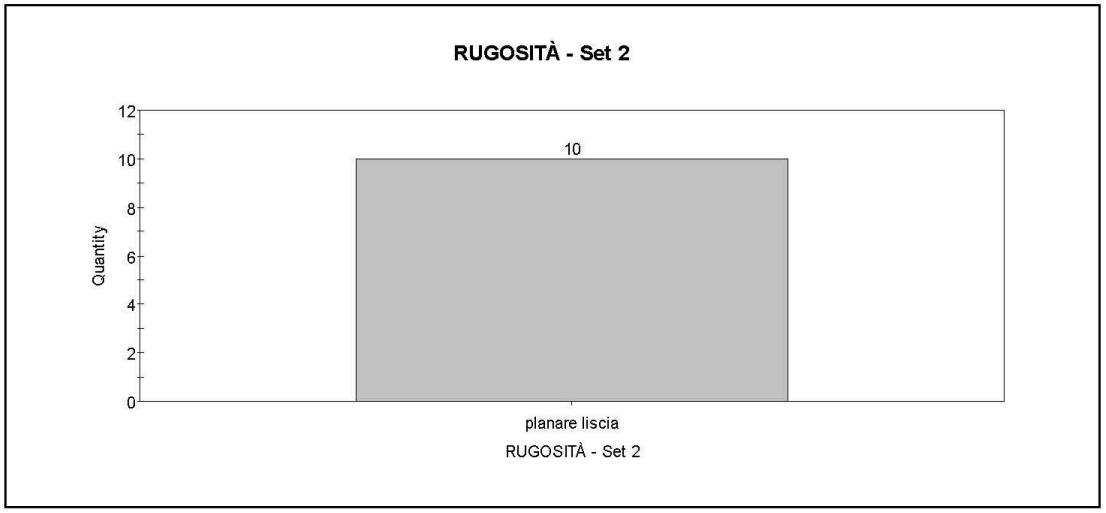


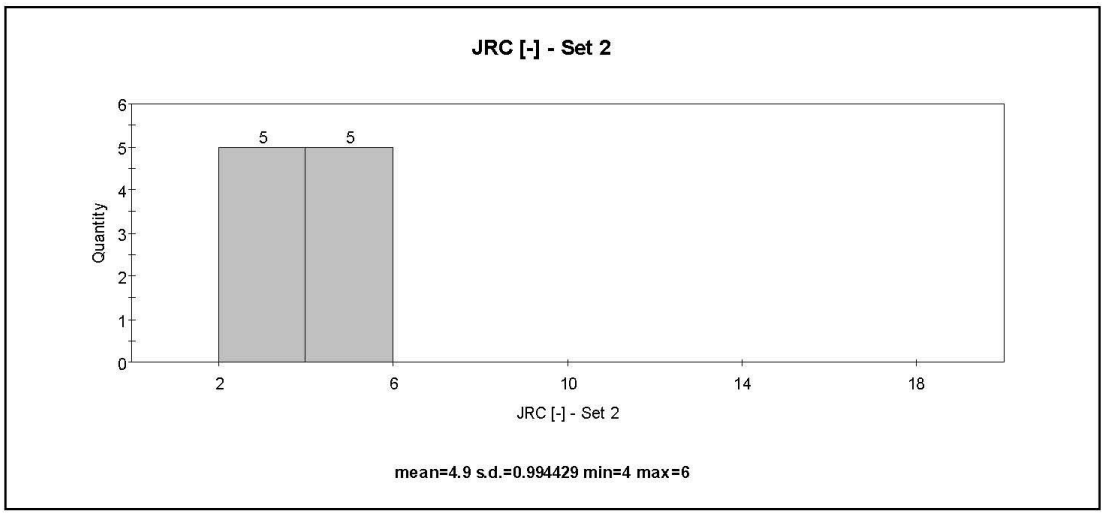




**Soil*Data* Studio Associato** **Aprile 2010**

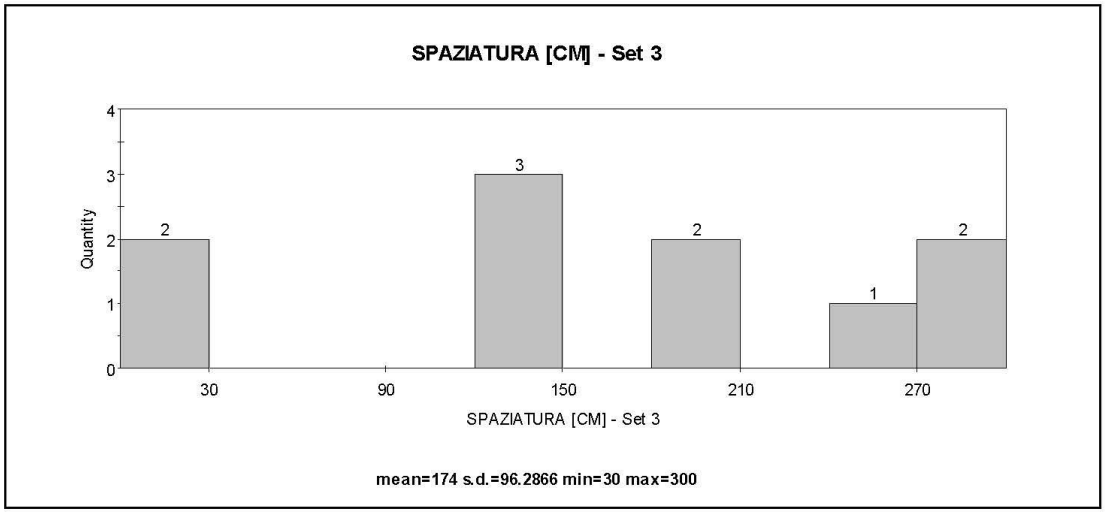
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG3**

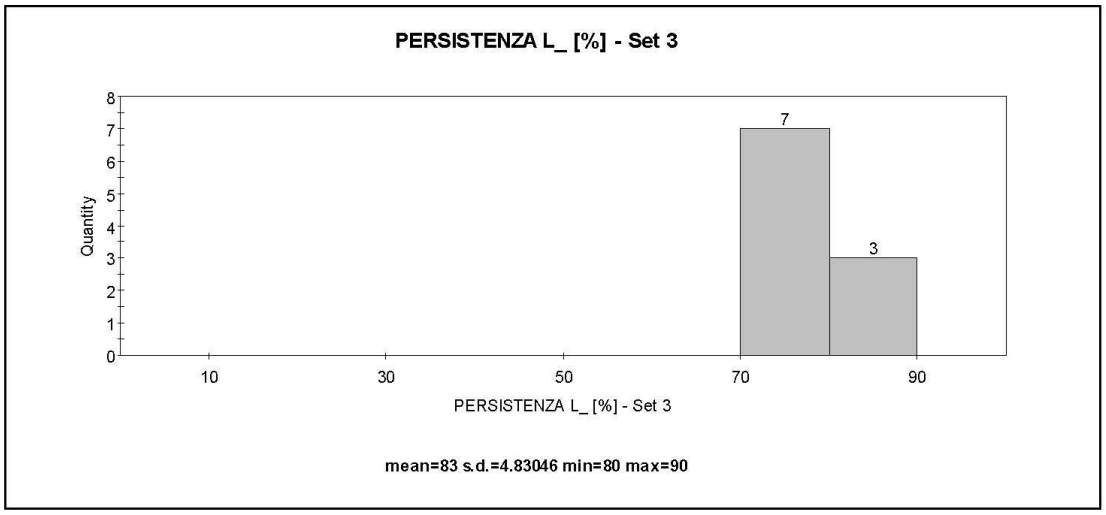


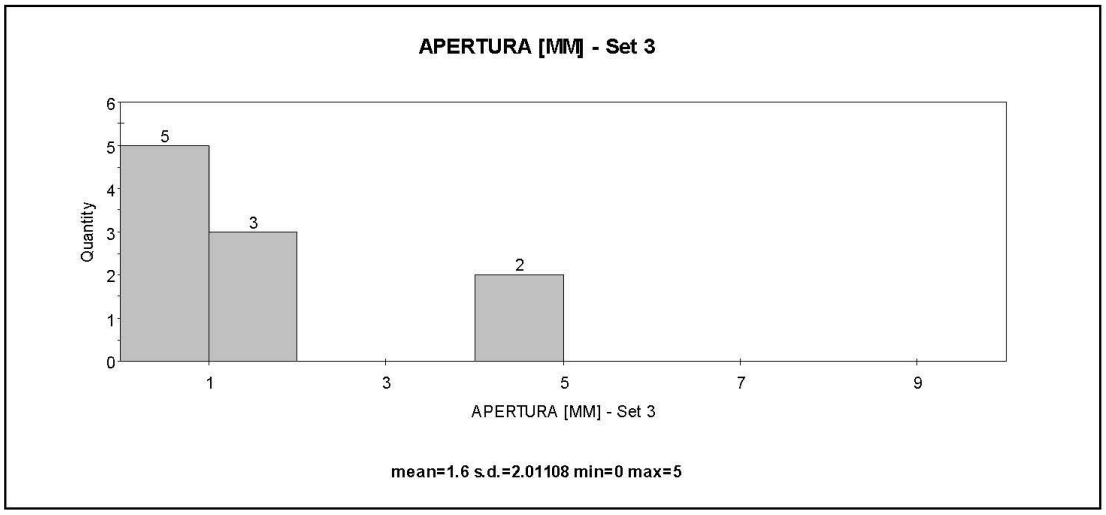




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG3**

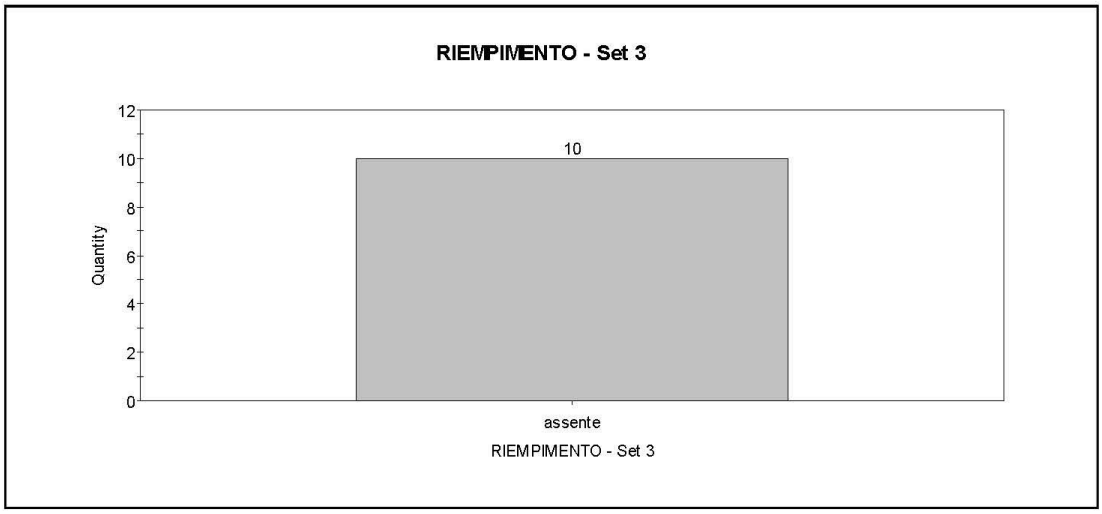


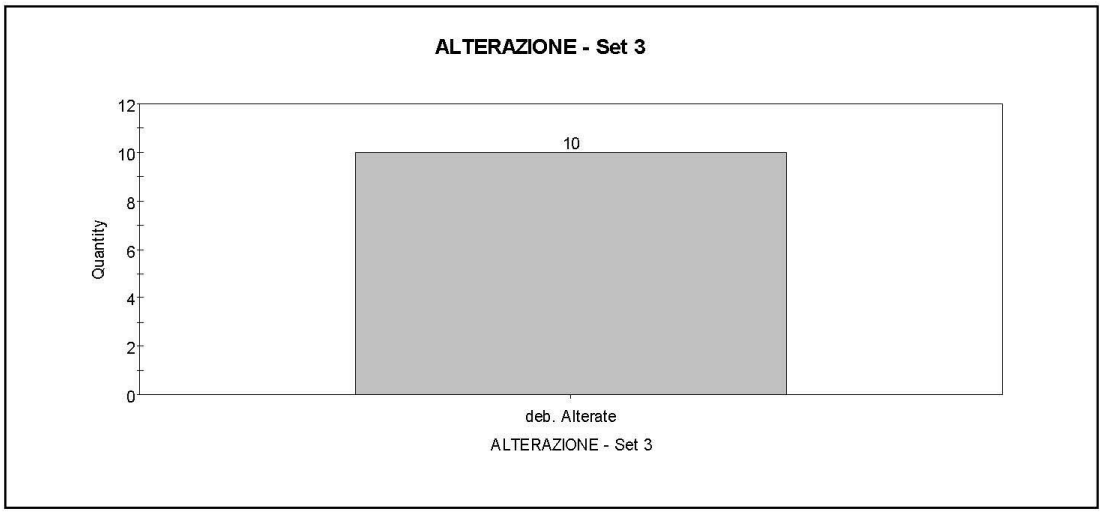



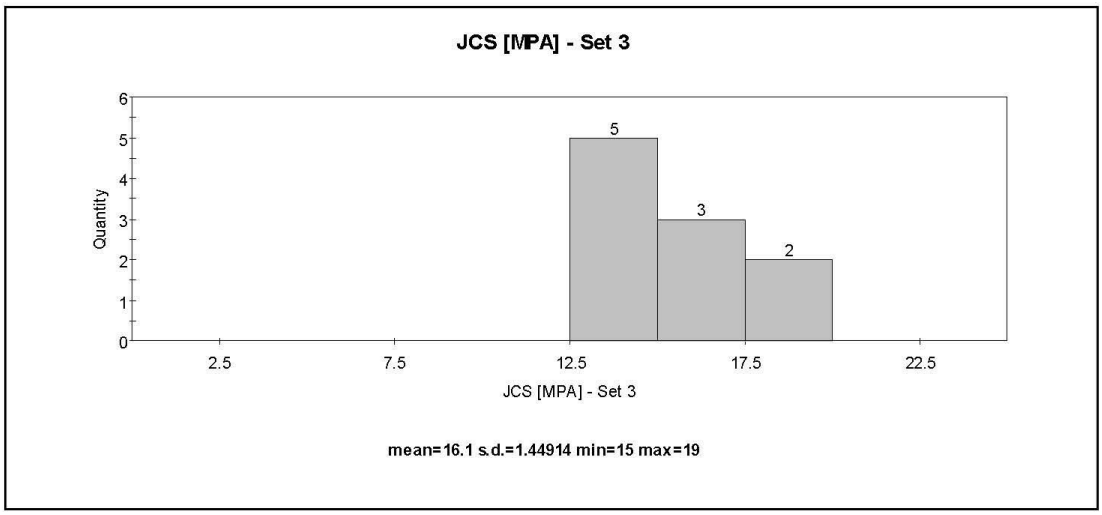




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG3**

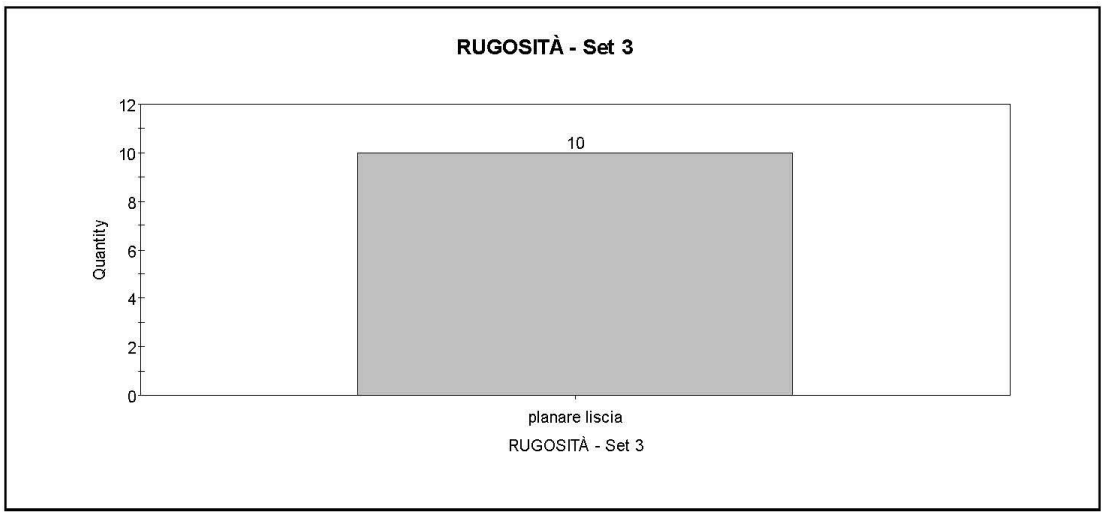


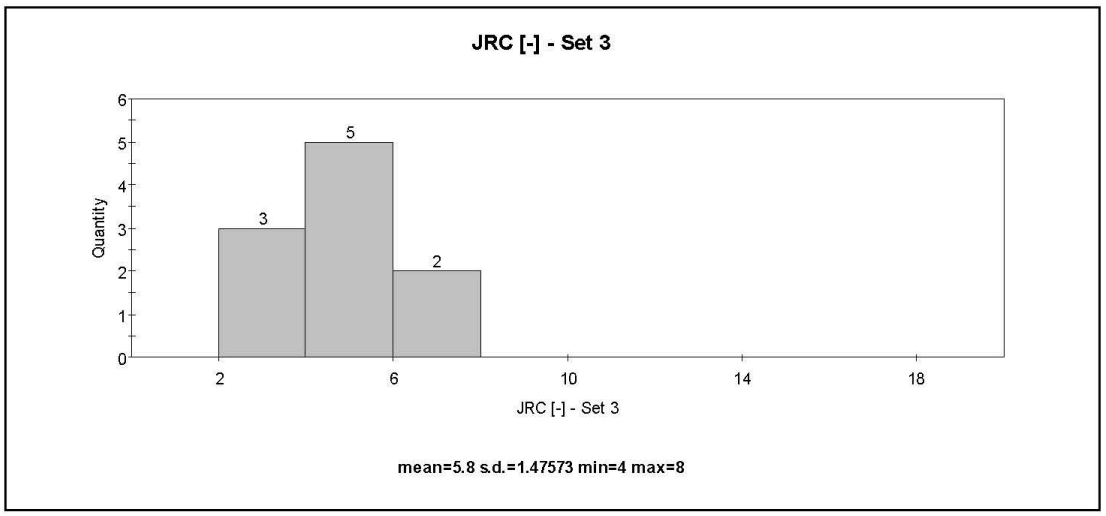



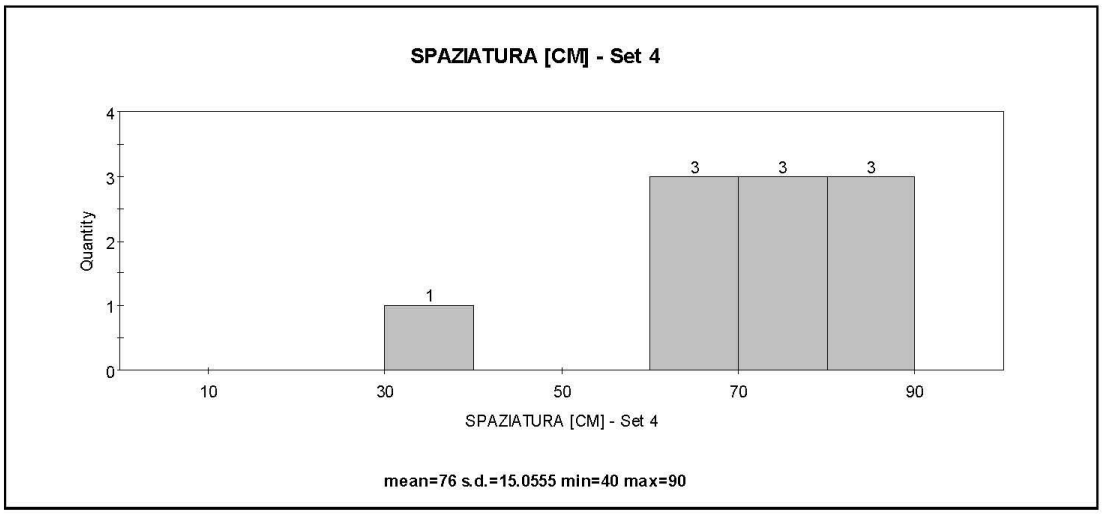

**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

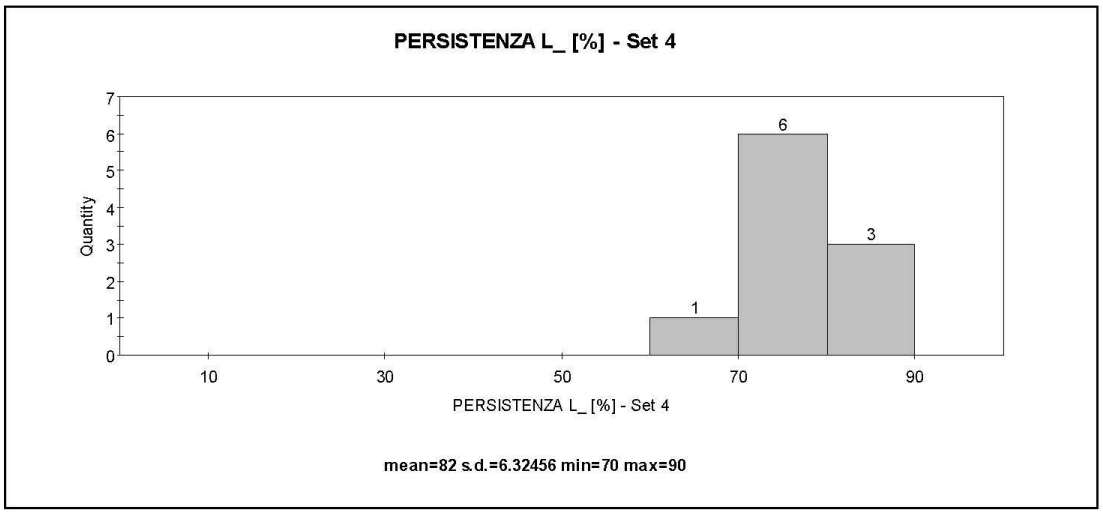
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG3**

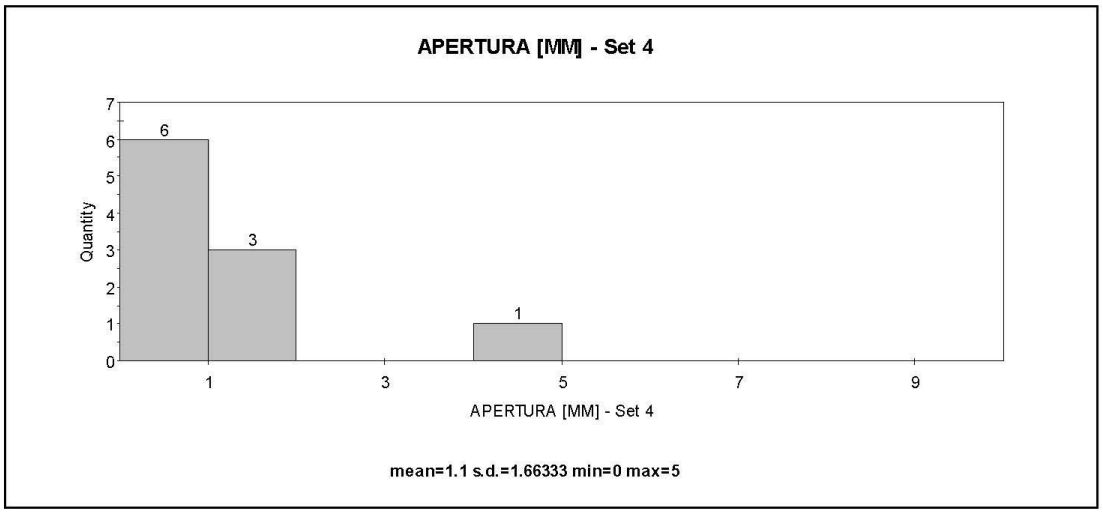


**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG3**

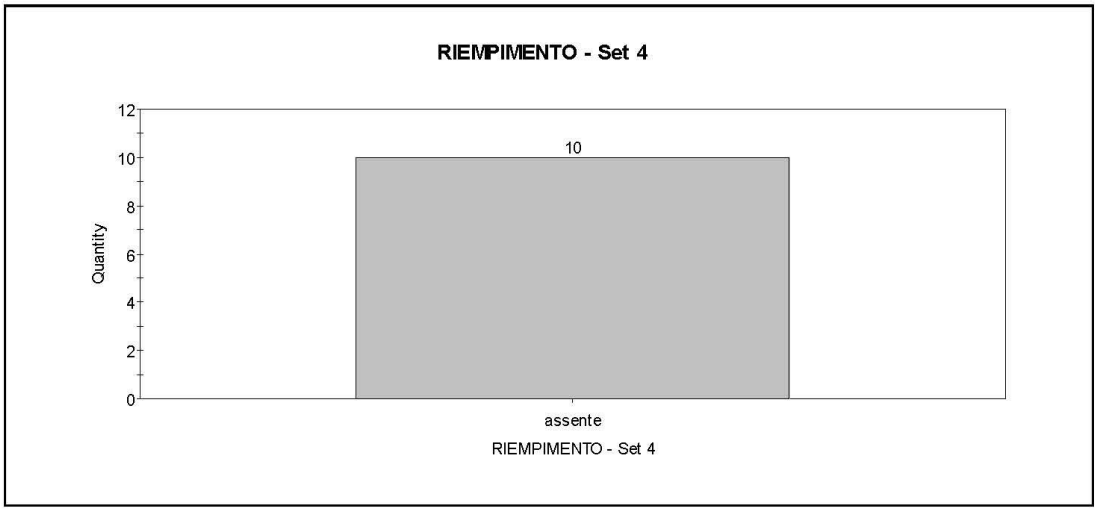


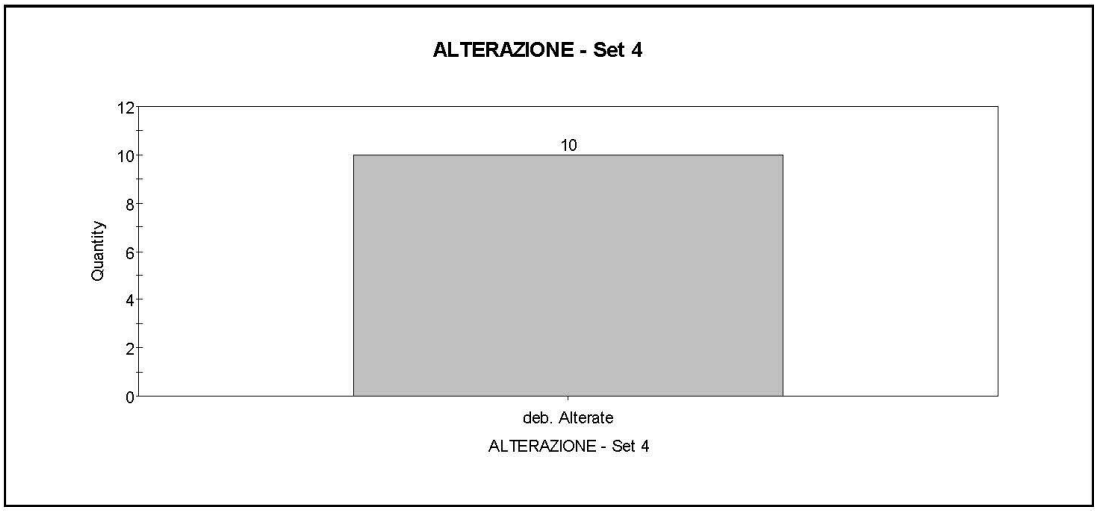



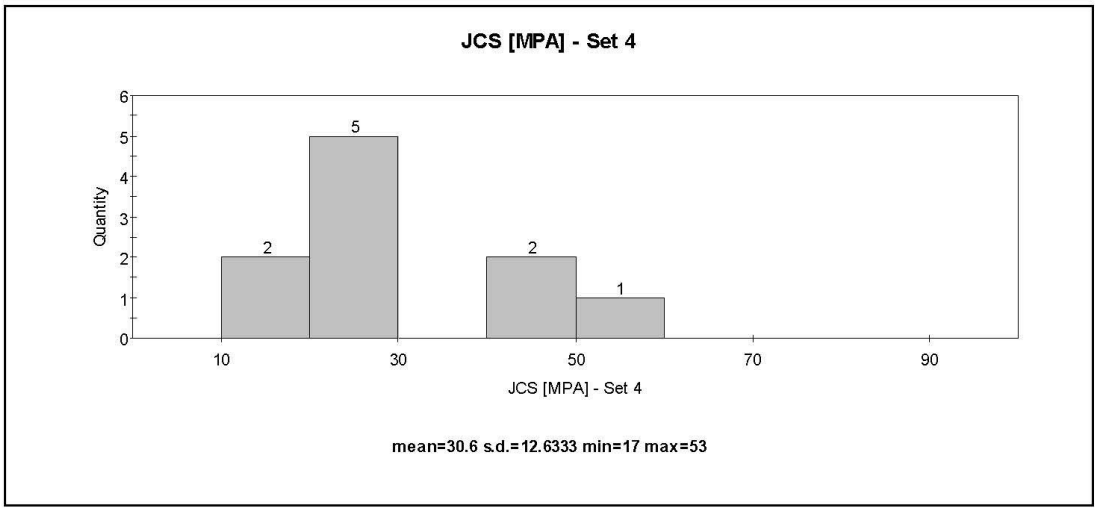




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG3**

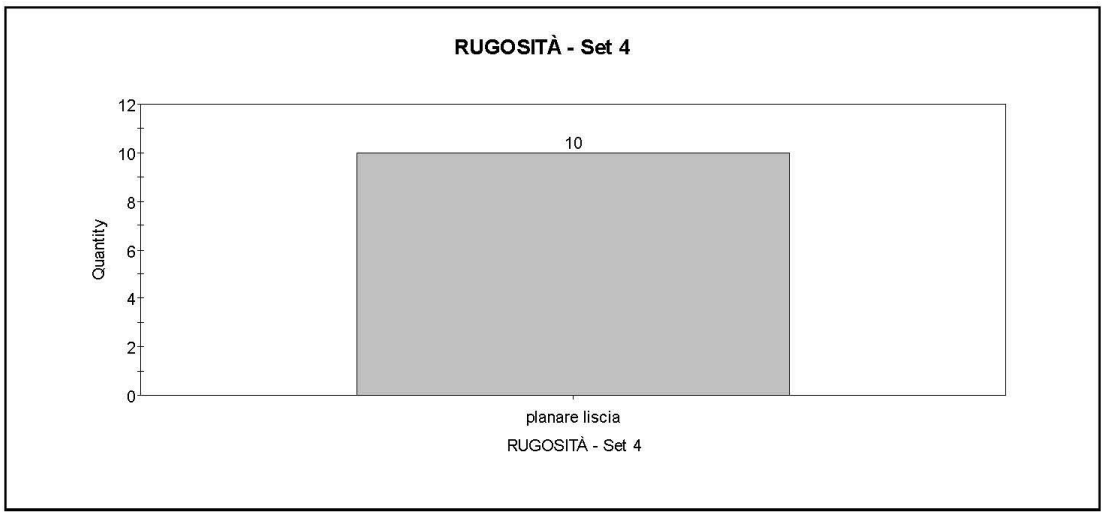


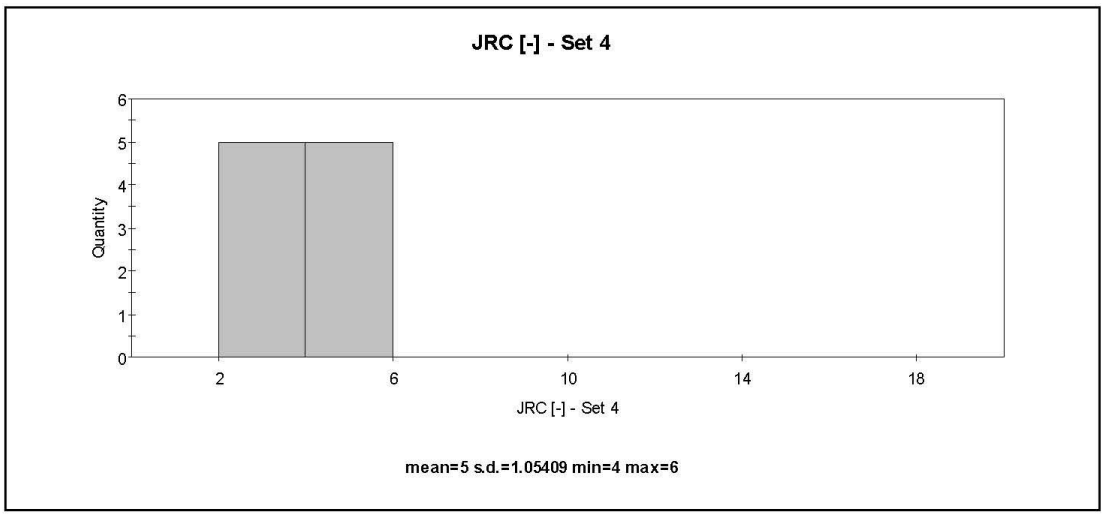



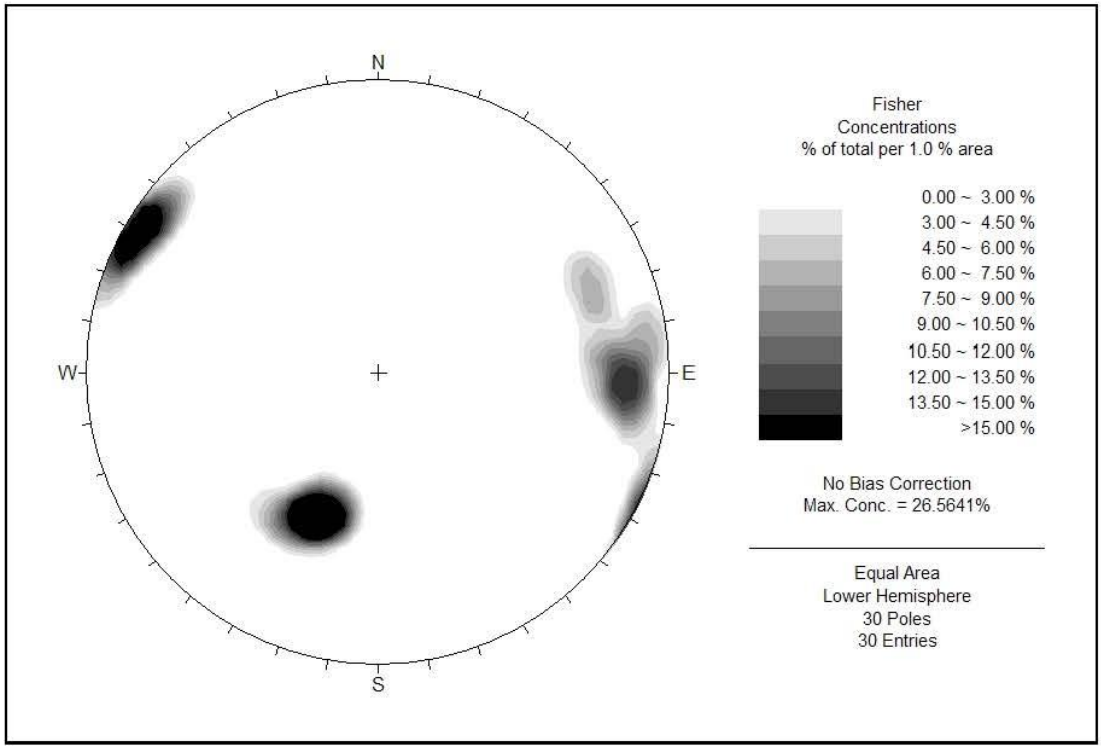

**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

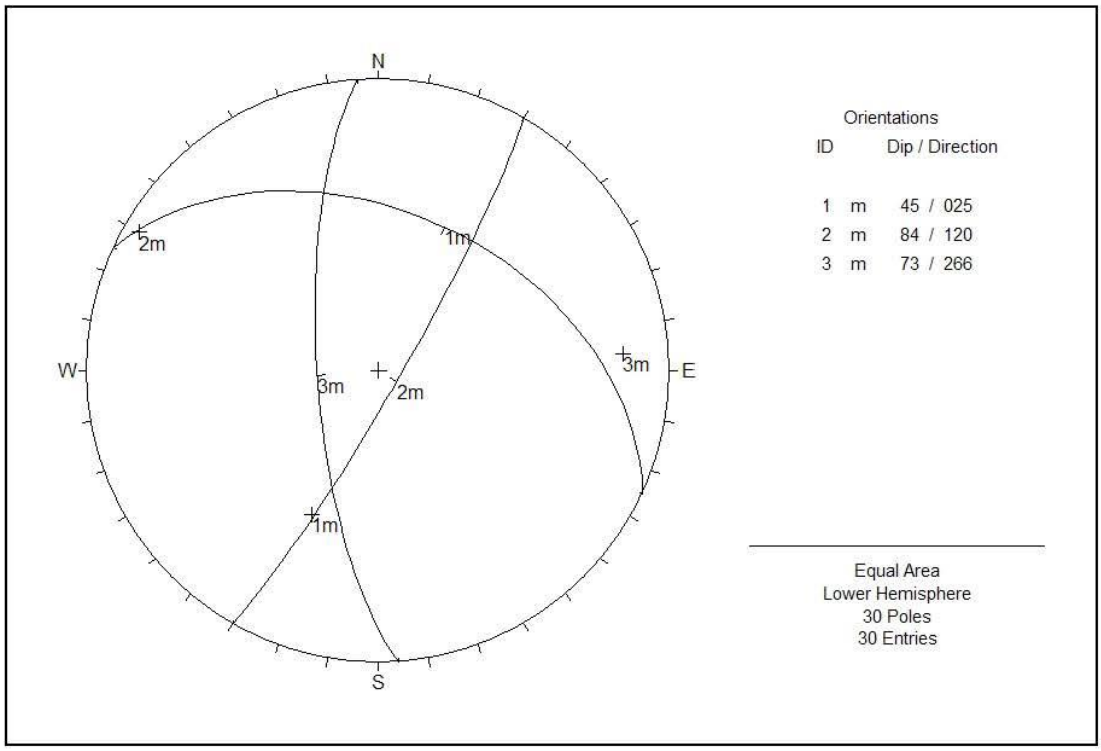
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG3**



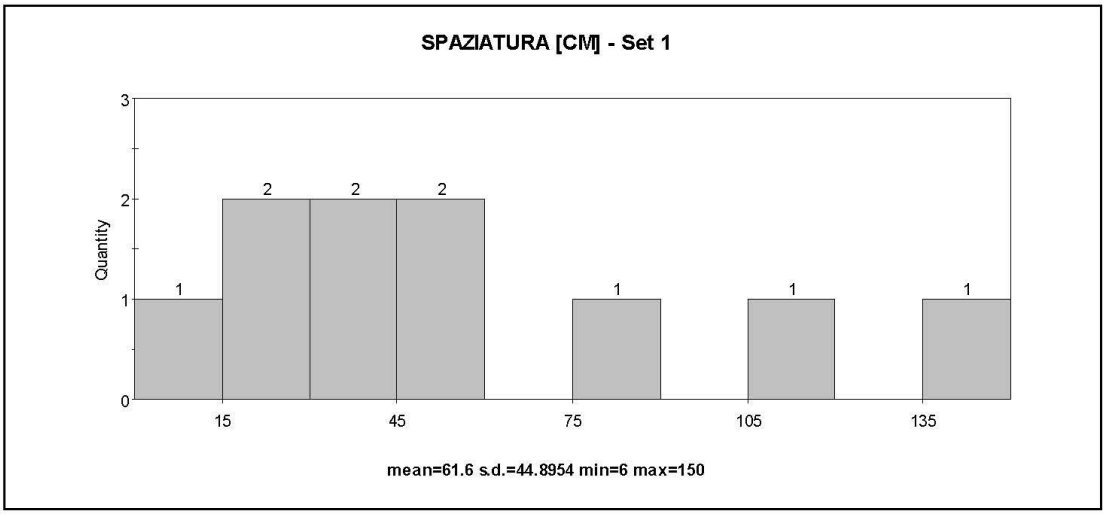



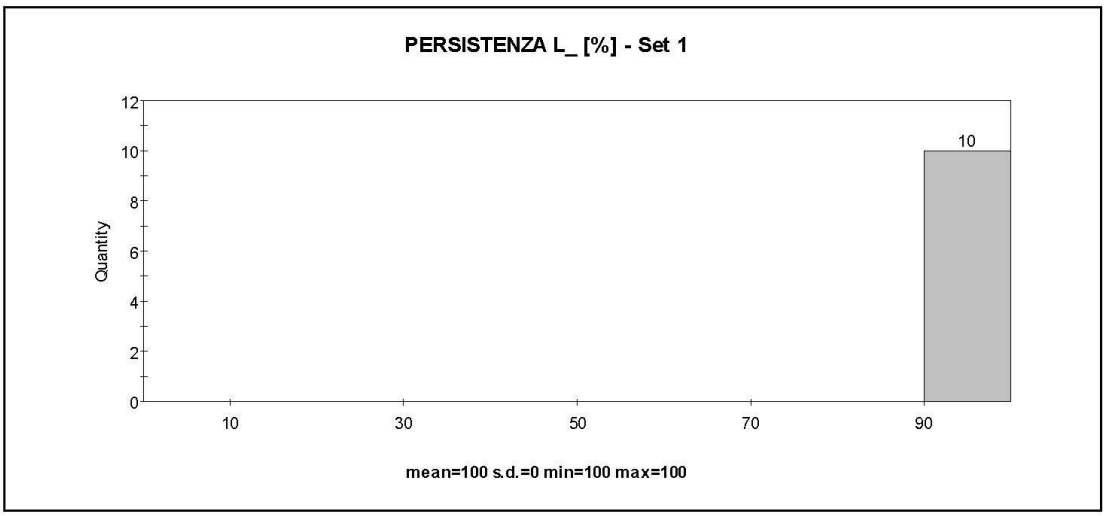
Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG4

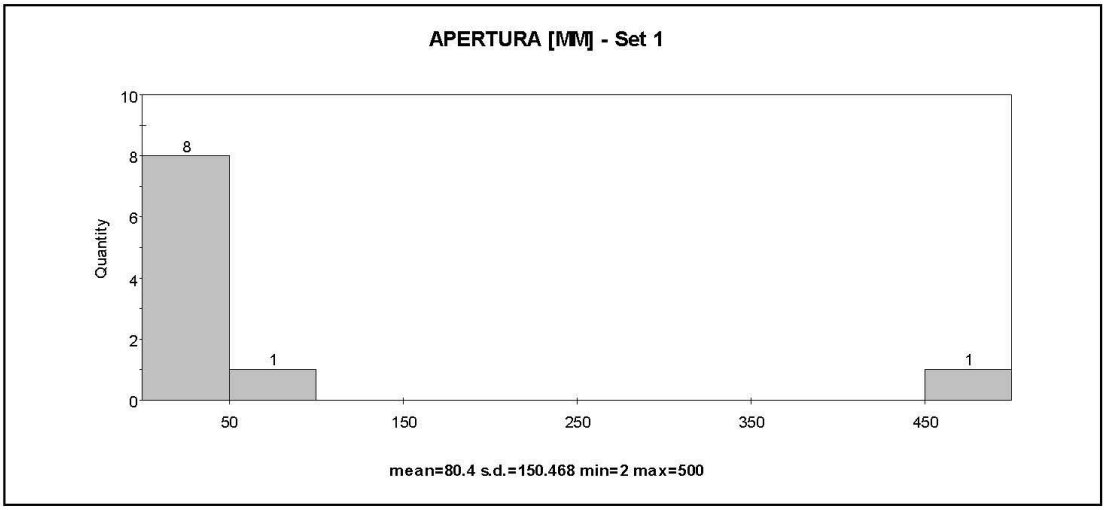


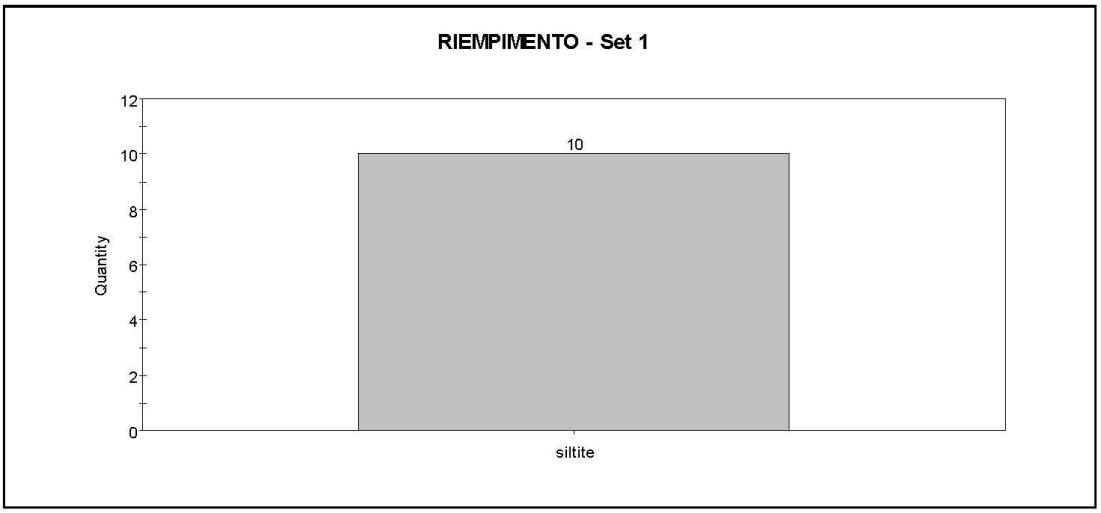

SoilData Studio Associato Aprile 2010

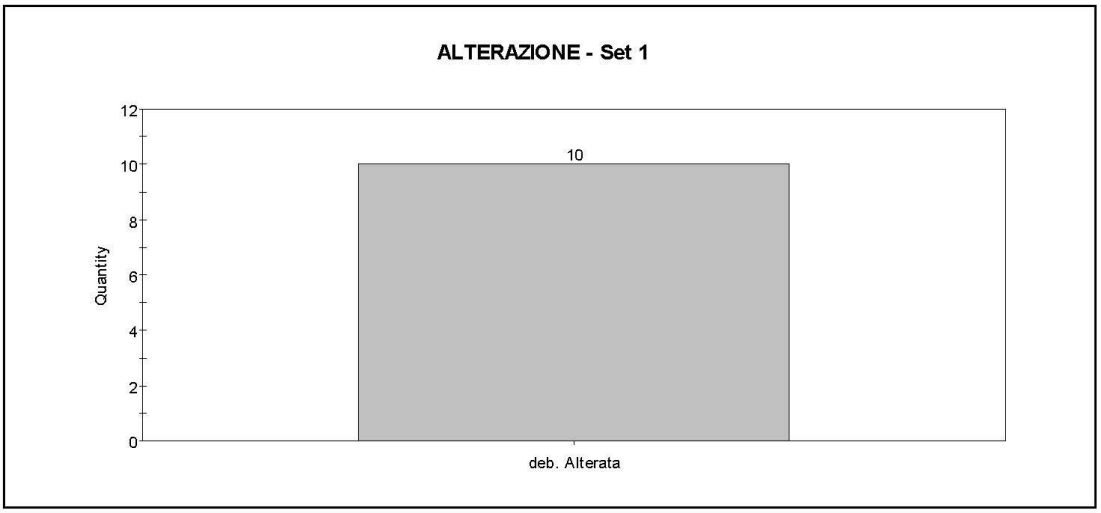

SPAZIATURA [CM] - Set 1
Quantity
0
1
2
3
1
2
2
2
1
1
1
15
45
75
105
135
mean=61.6 s.d.=44.8954 min=6 max=150

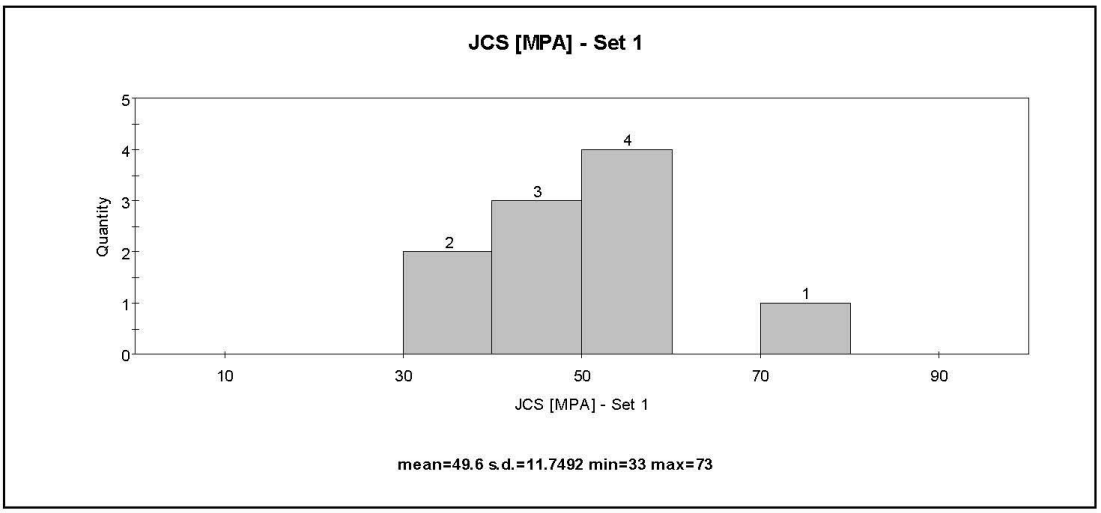

PERSISTENZA L_ [%] - Set 1
Quantity
0
2
4
6
8
10
12
10
10
30
50
70
90
mean=100 s.d.=0 min=100 max=100


APERTURA [MM] - Set 1
Quantity
0
2
4
6
8
10
8
1
1
50
150
250
350
450
mean=80.4 s.d.=150.468 min=2 max=500

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG4**

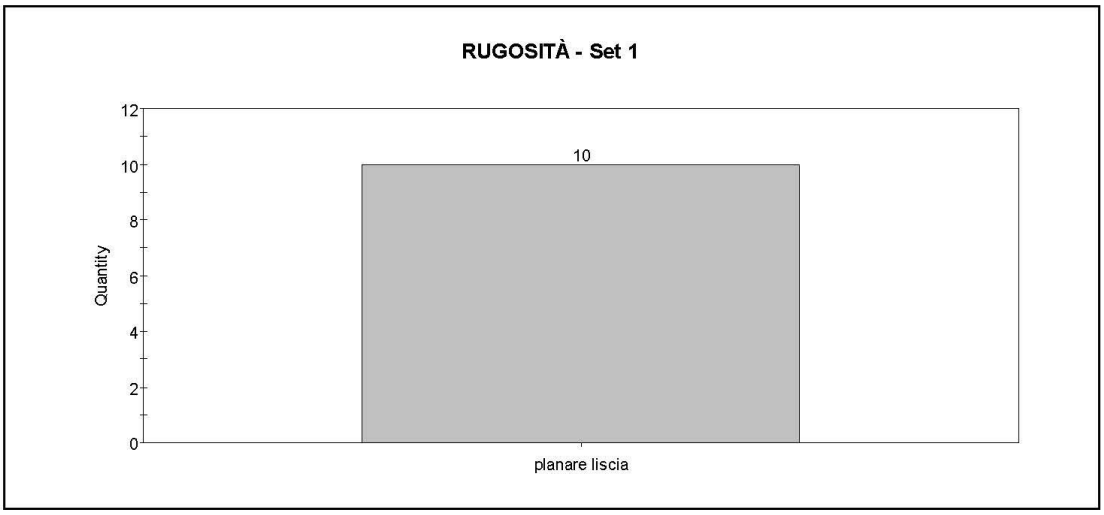


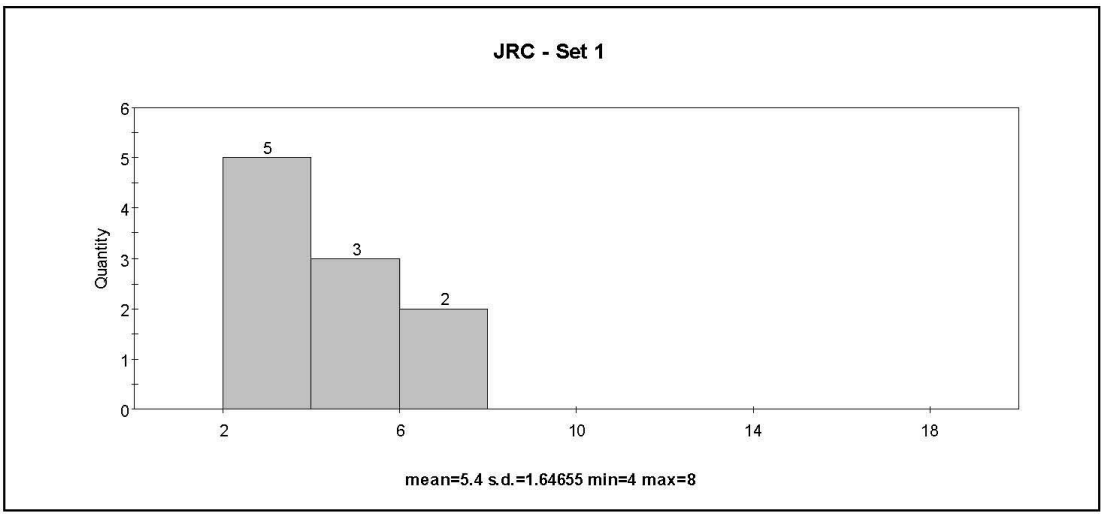




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

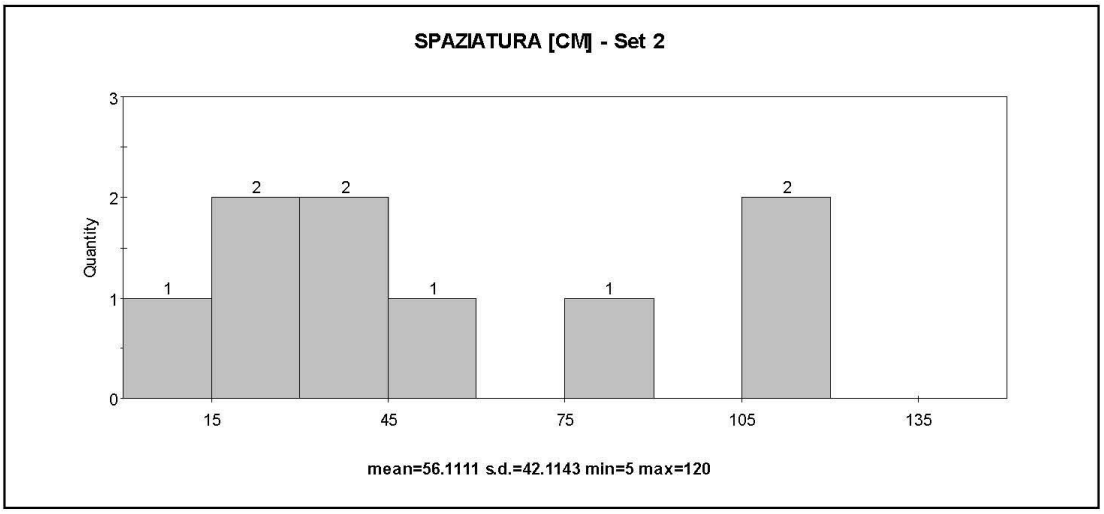
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG4**

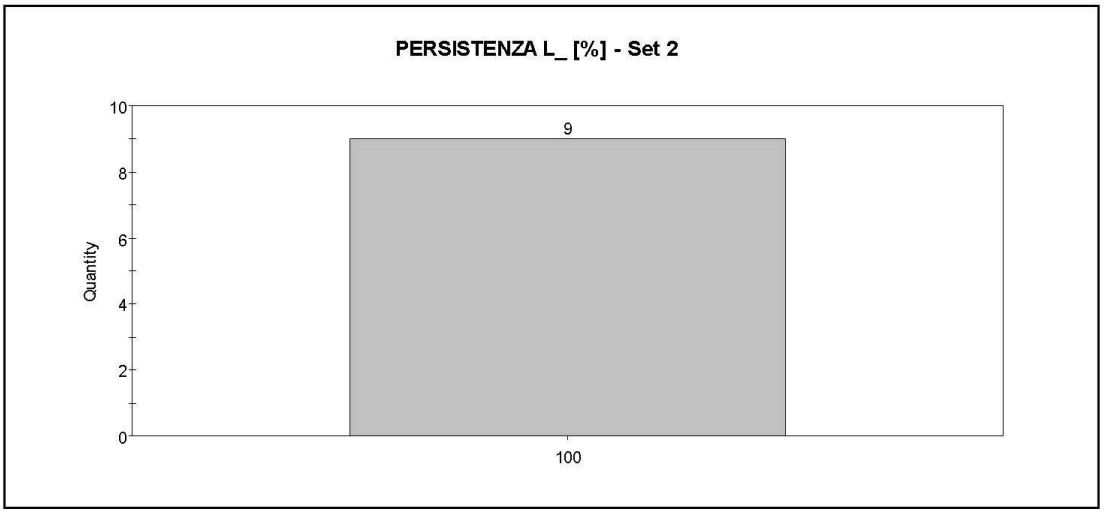


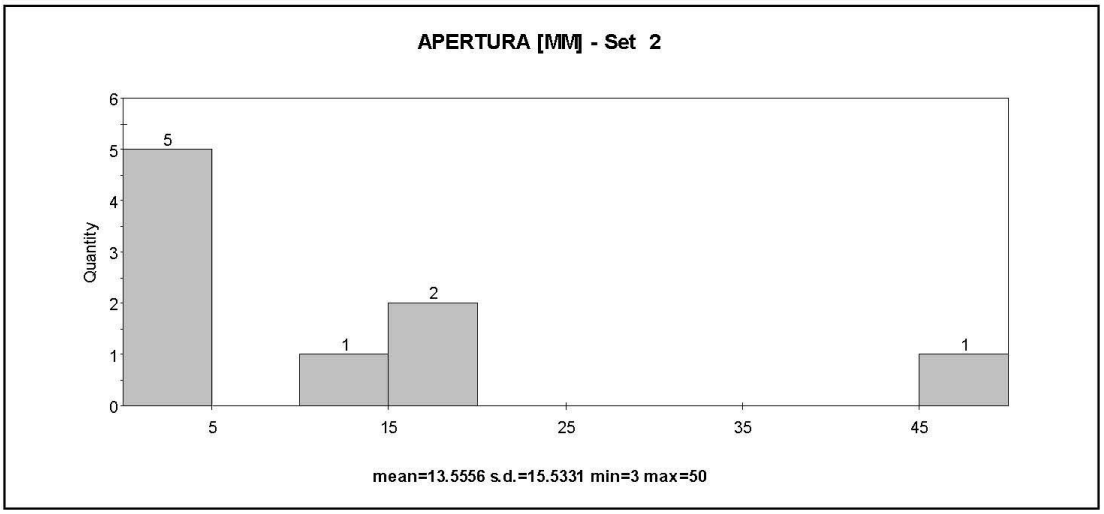




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG4**

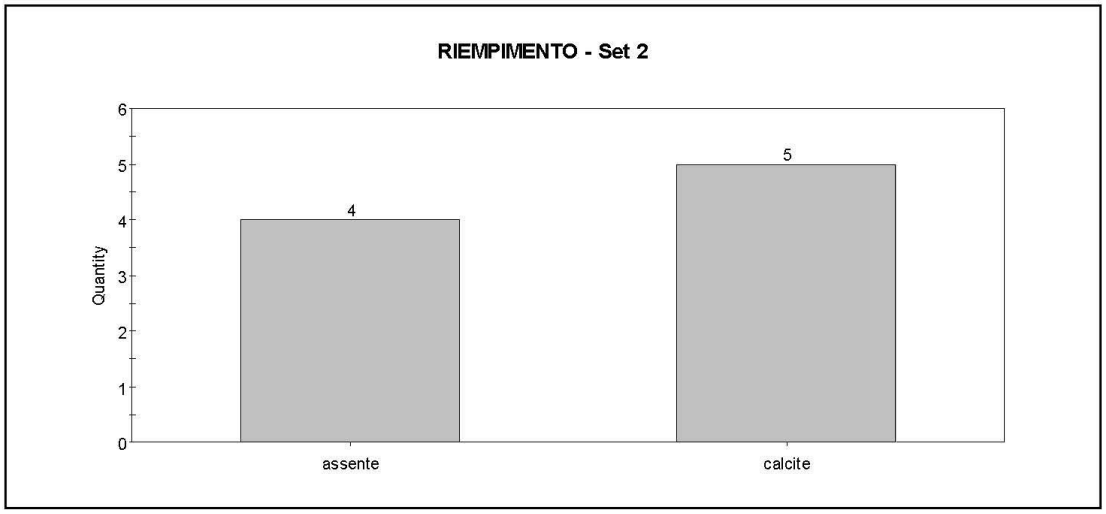


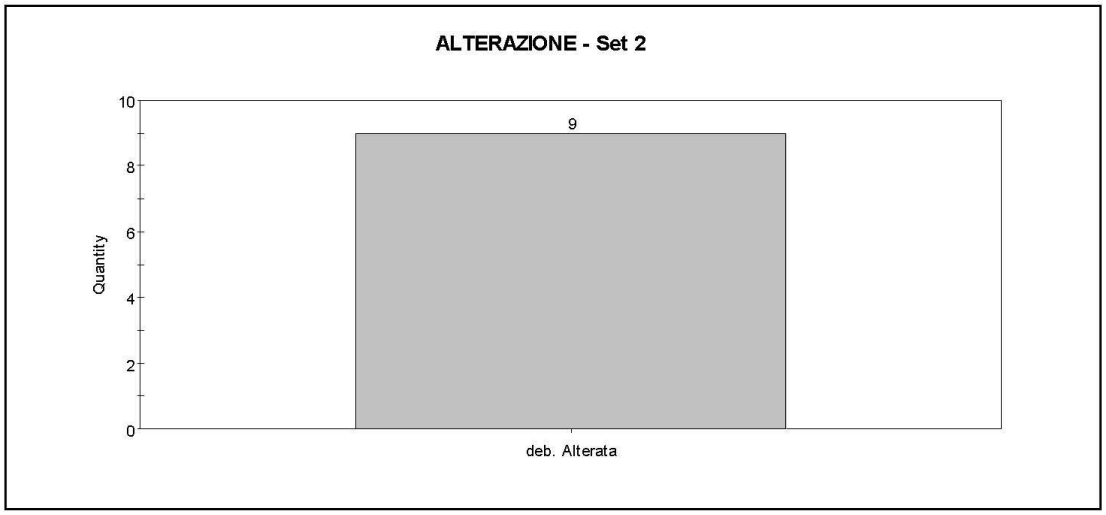



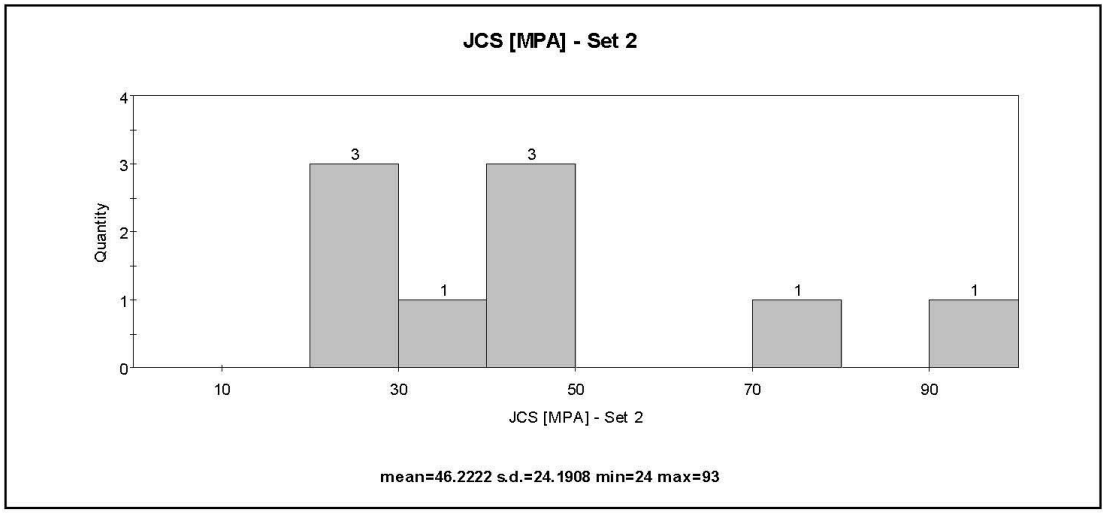




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG4**

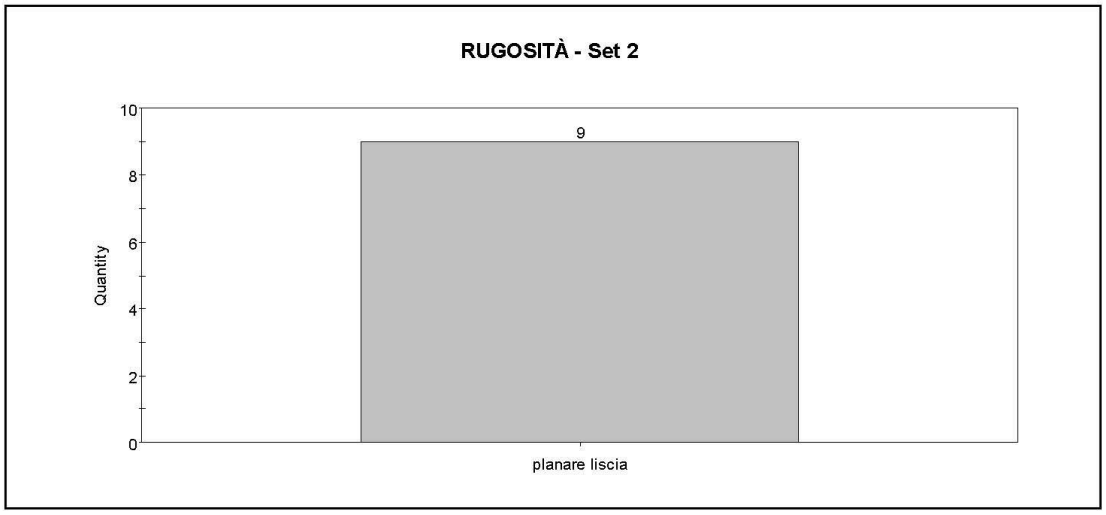


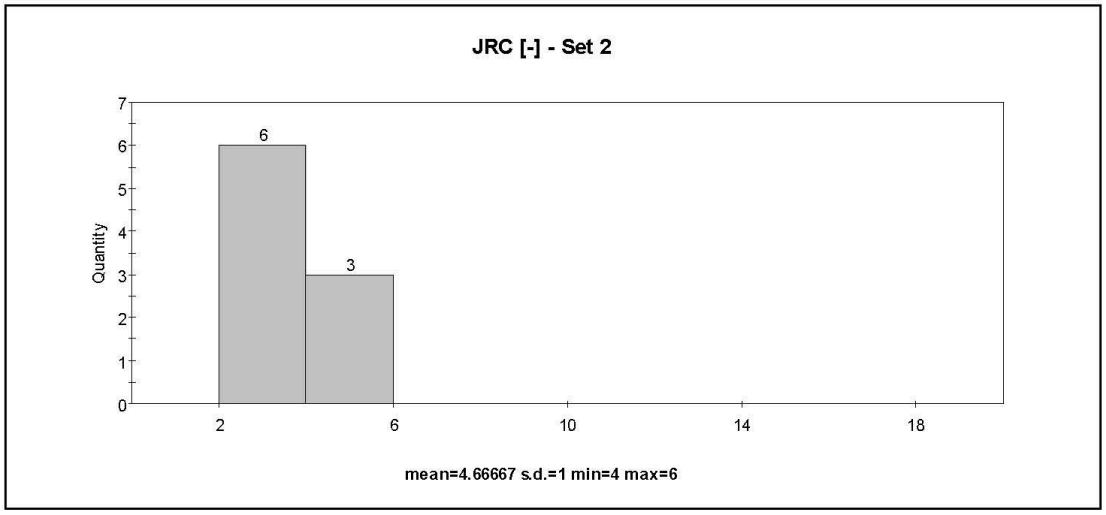




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

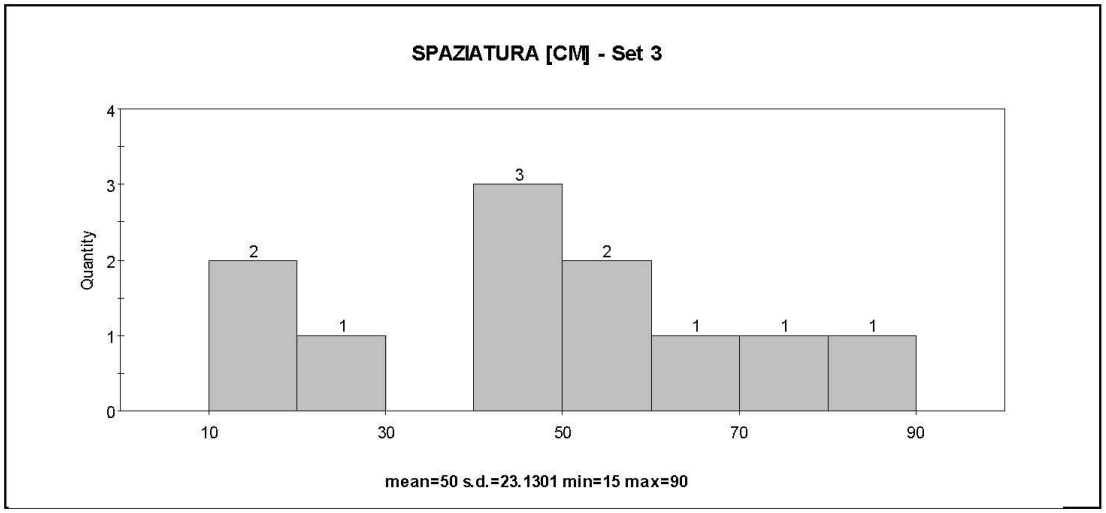
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG4**

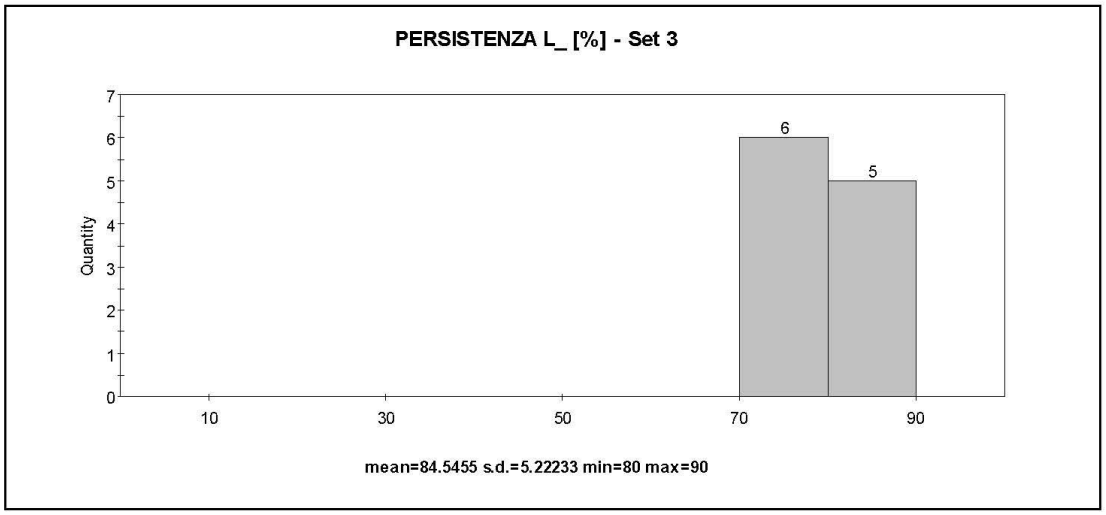


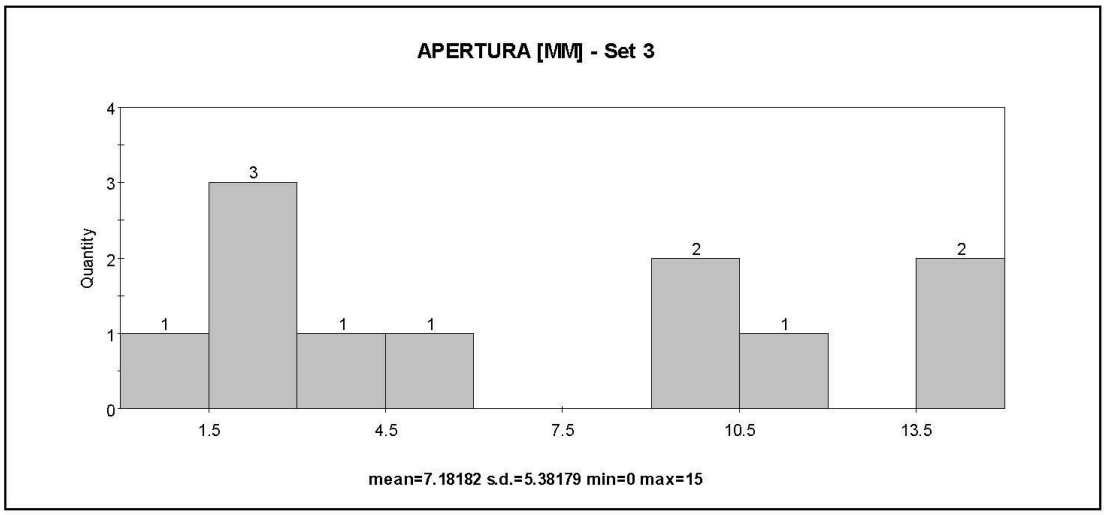




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG4**

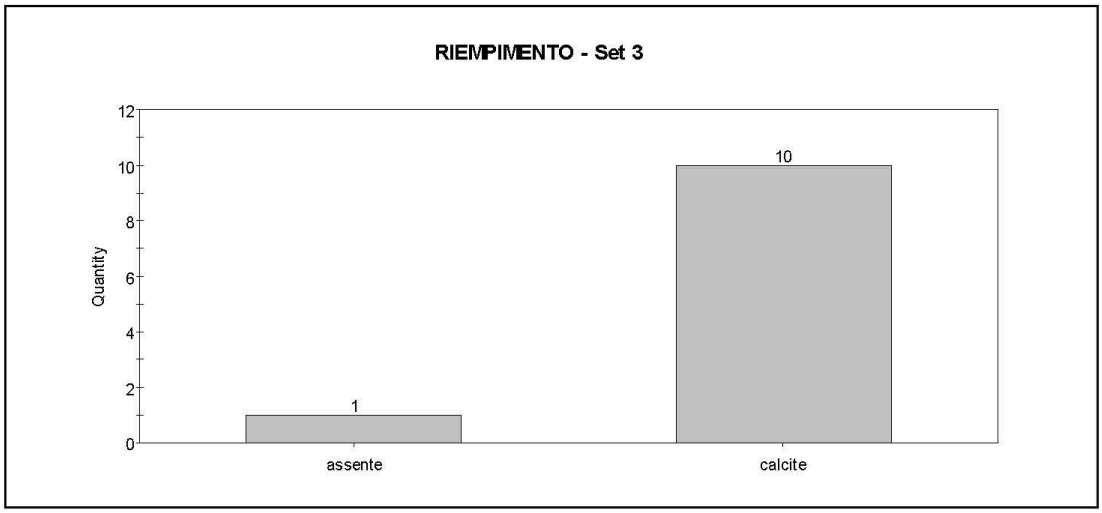


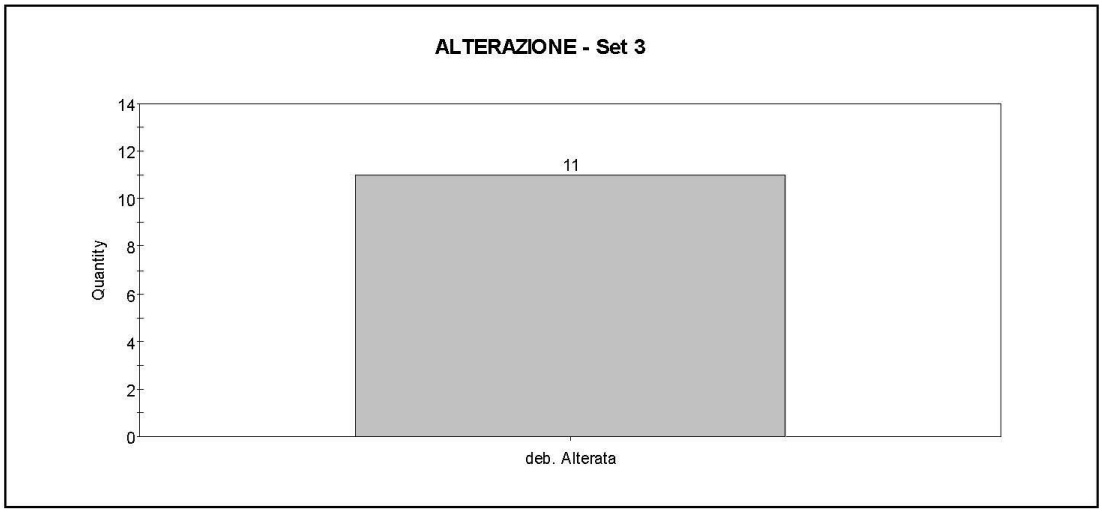



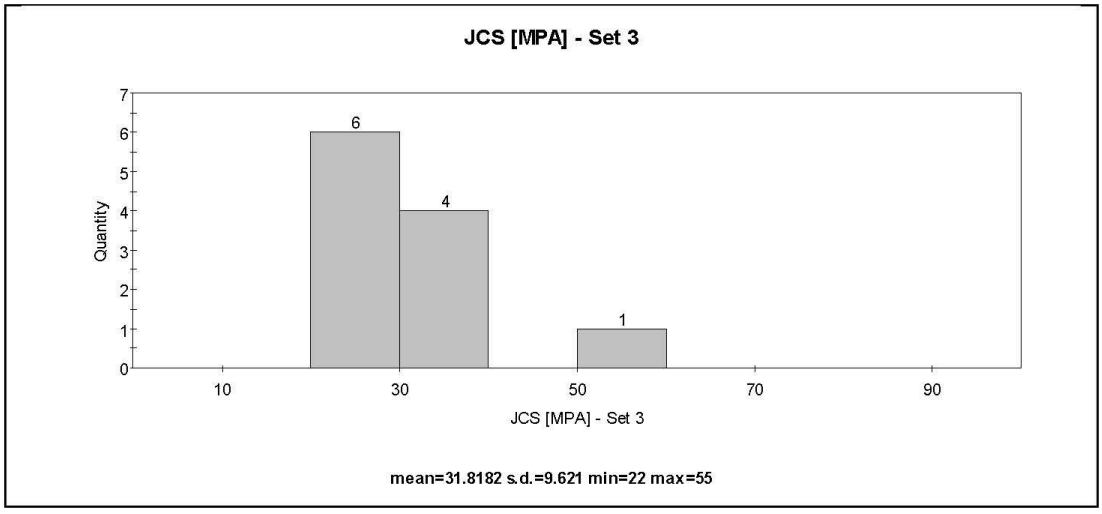




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG4**

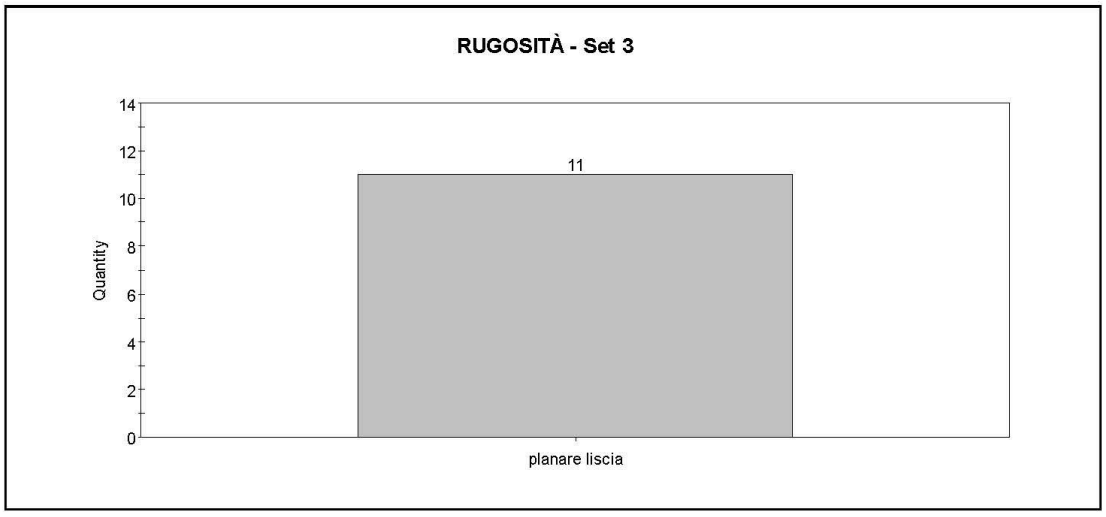


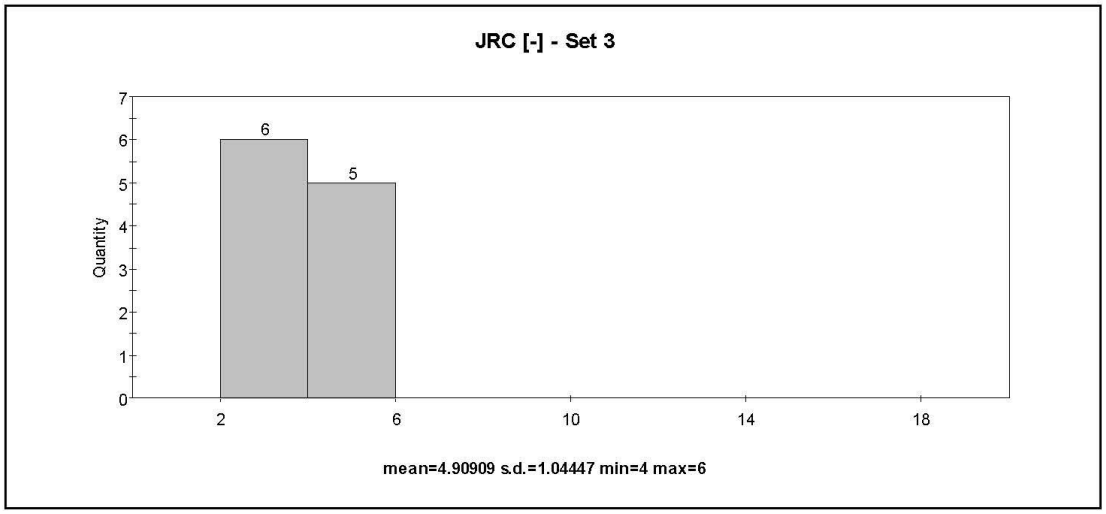




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

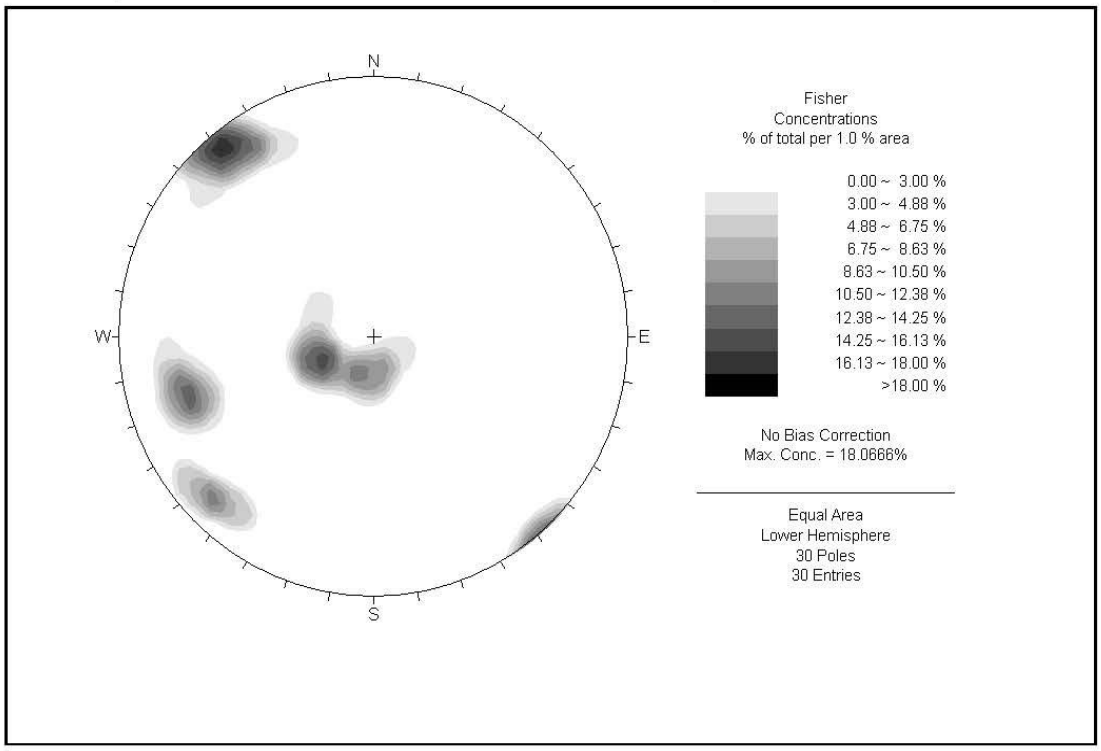
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG4**

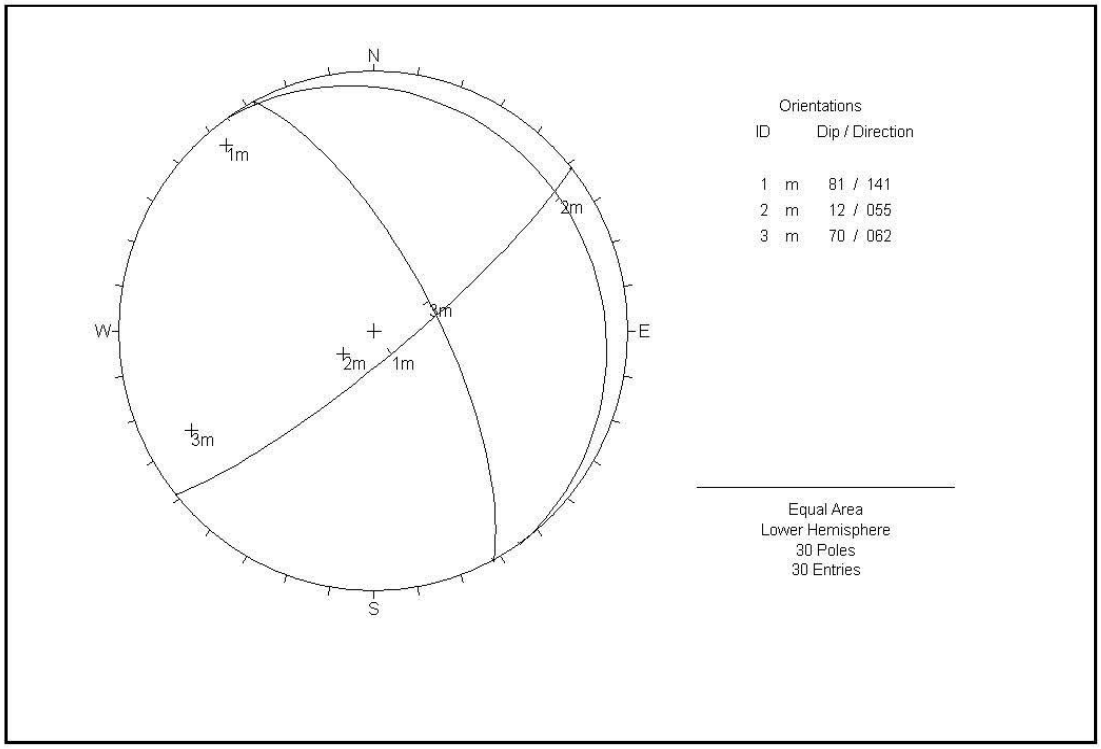



**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

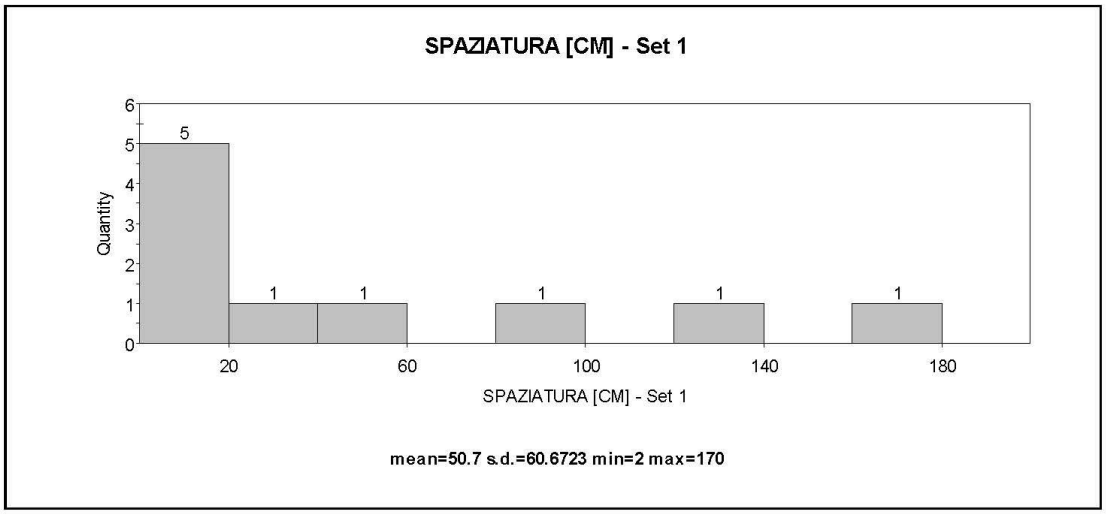
Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG5

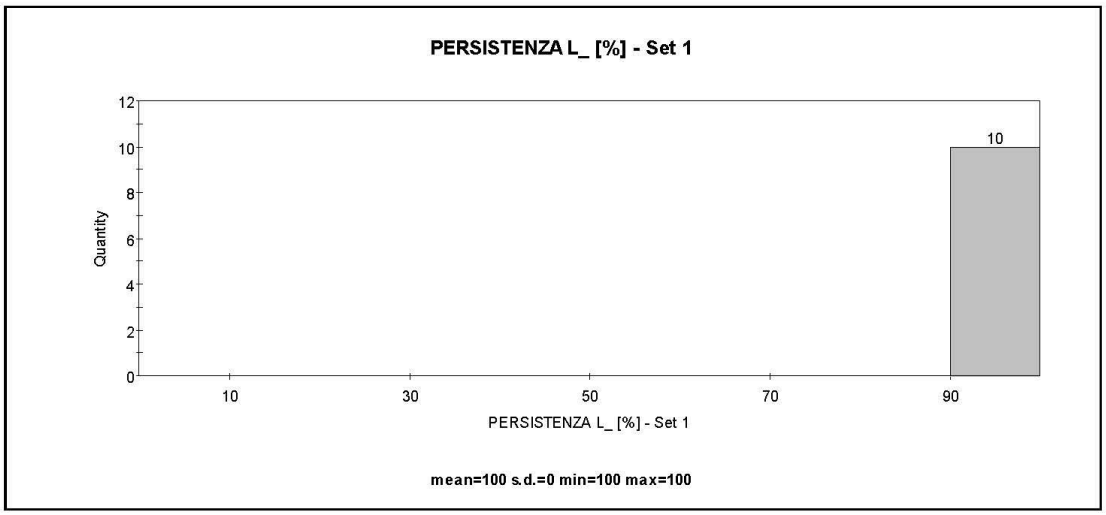


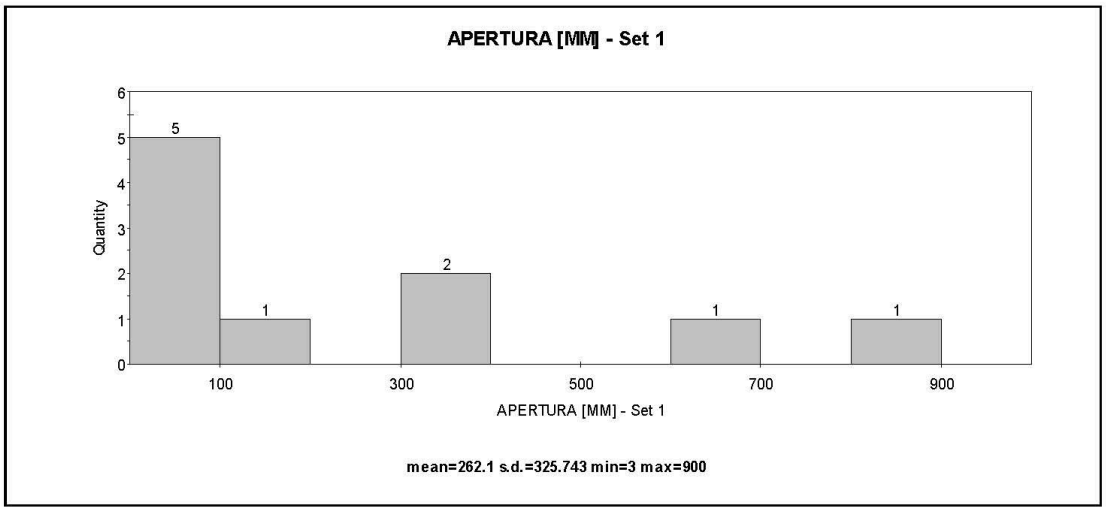




SoilData Studio Associato Aprile 2010

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG5**

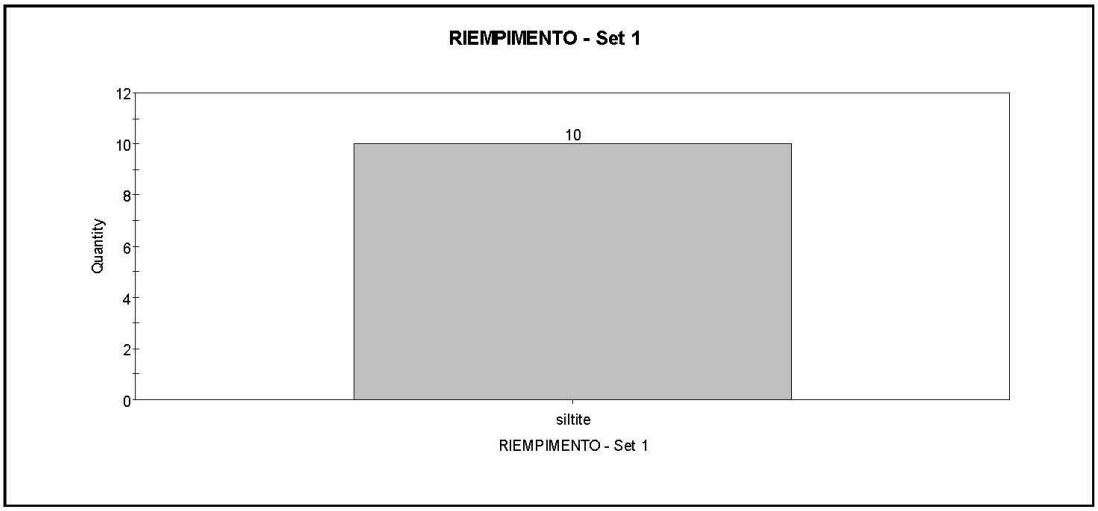


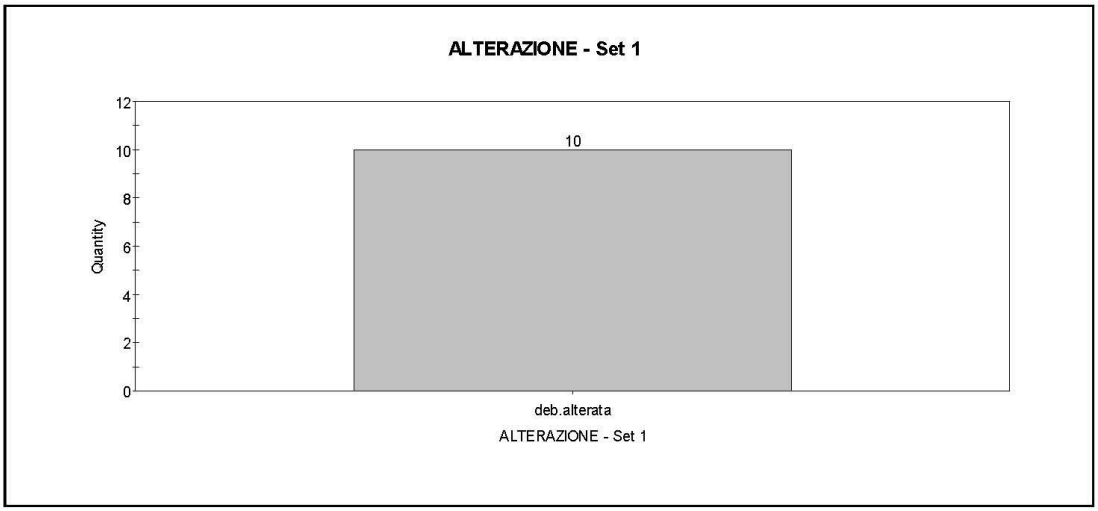



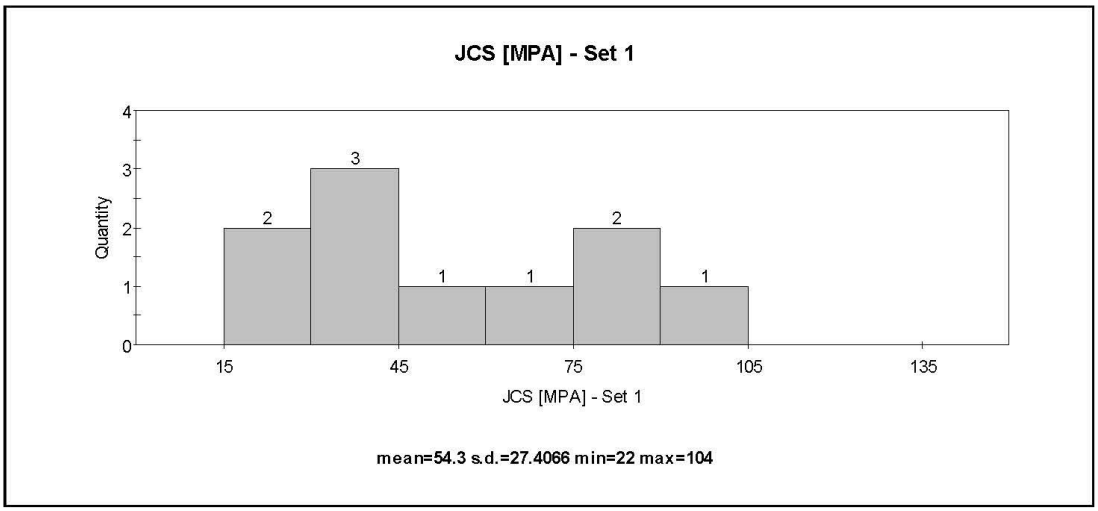




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

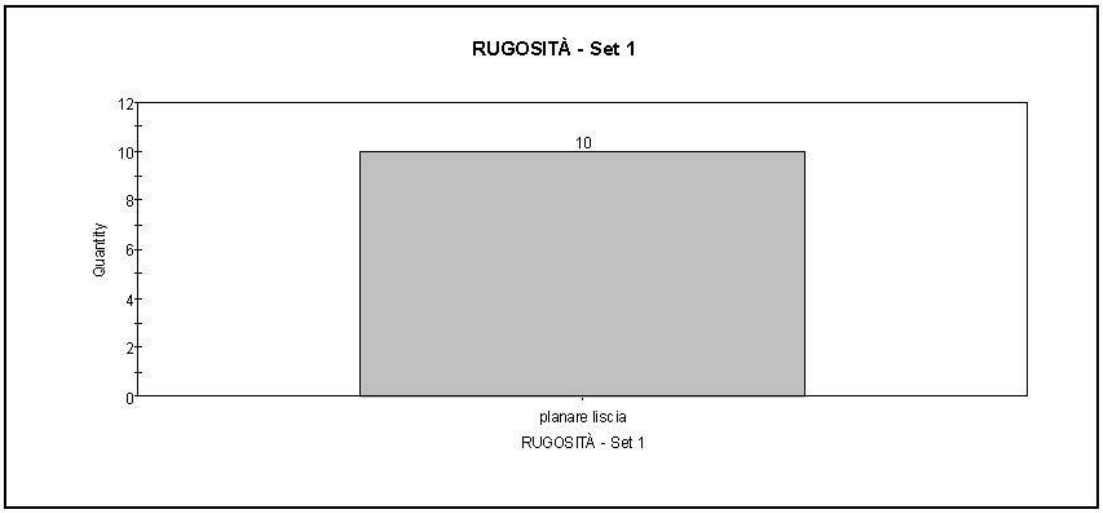
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG5**

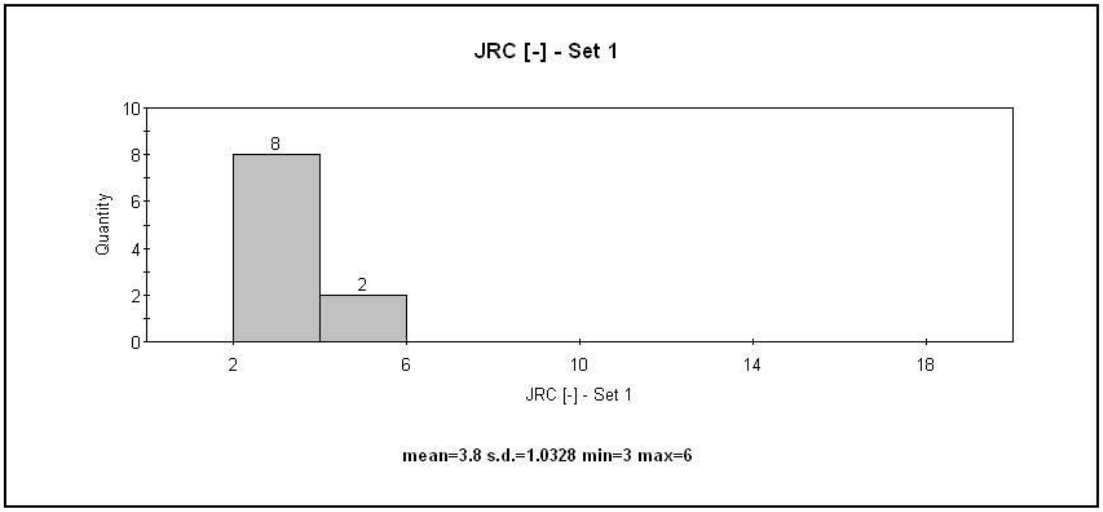


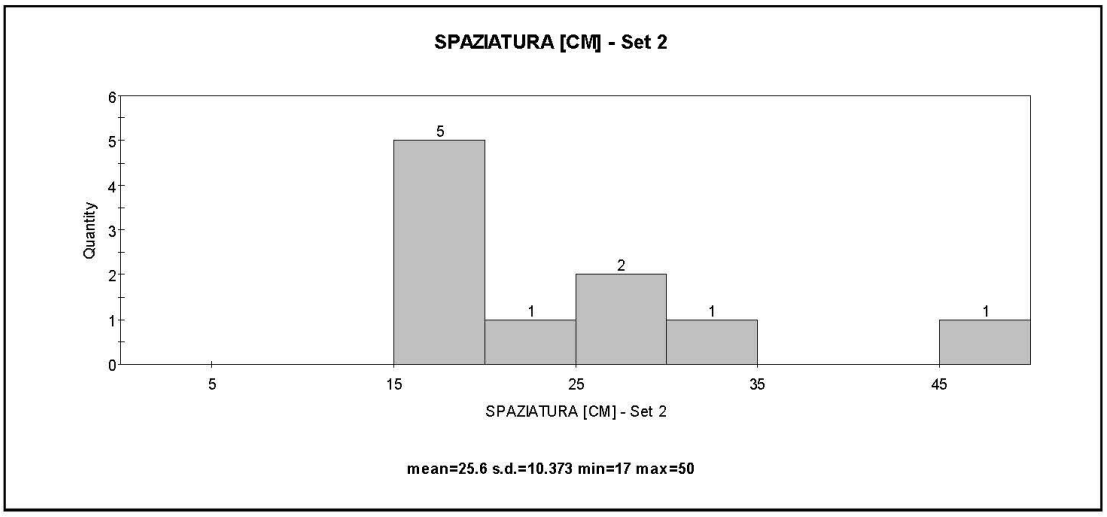



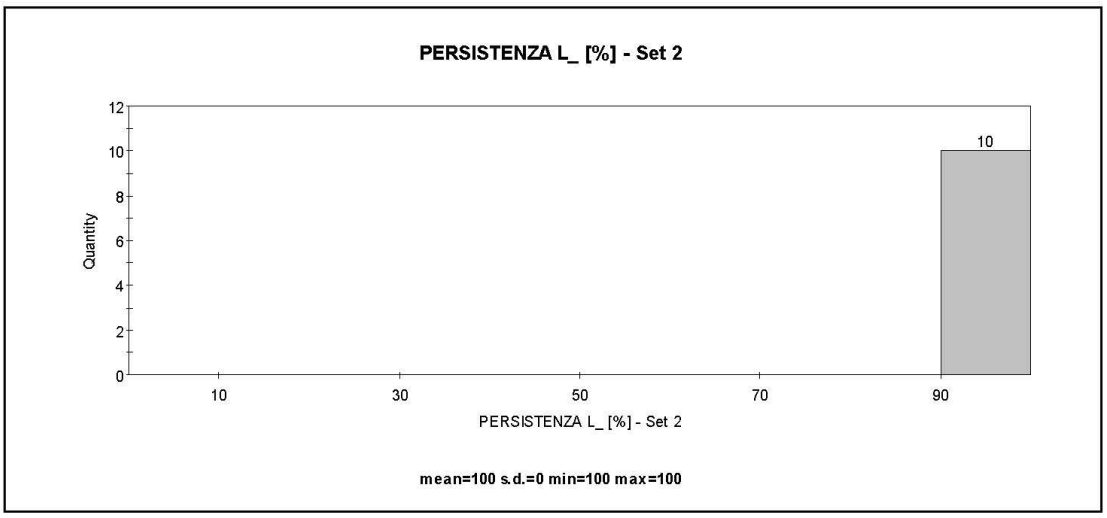

**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

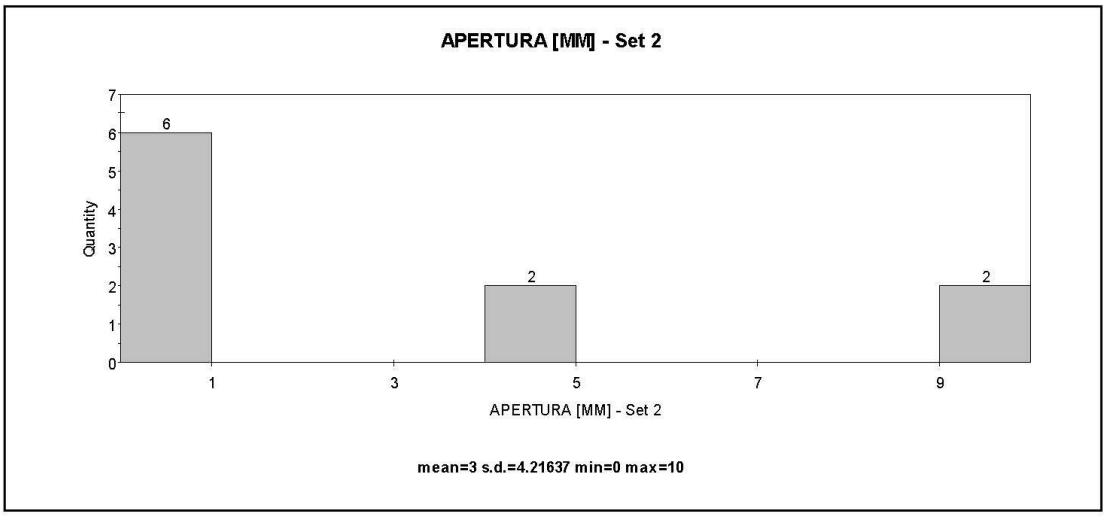

RUGOSITÀ - Set 1
Quantity
12
10
8
6
4
2
0
10
planare liscia
RUGOSITÀ - Set 1


JRC [-] - Set 1
Quantity
10
8
6
4
2
0
8
2
2
6
10
14
18
JRC [-] - Set 1
mean=3.8 s.d.=1.0328 min=3 max=6

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG5**

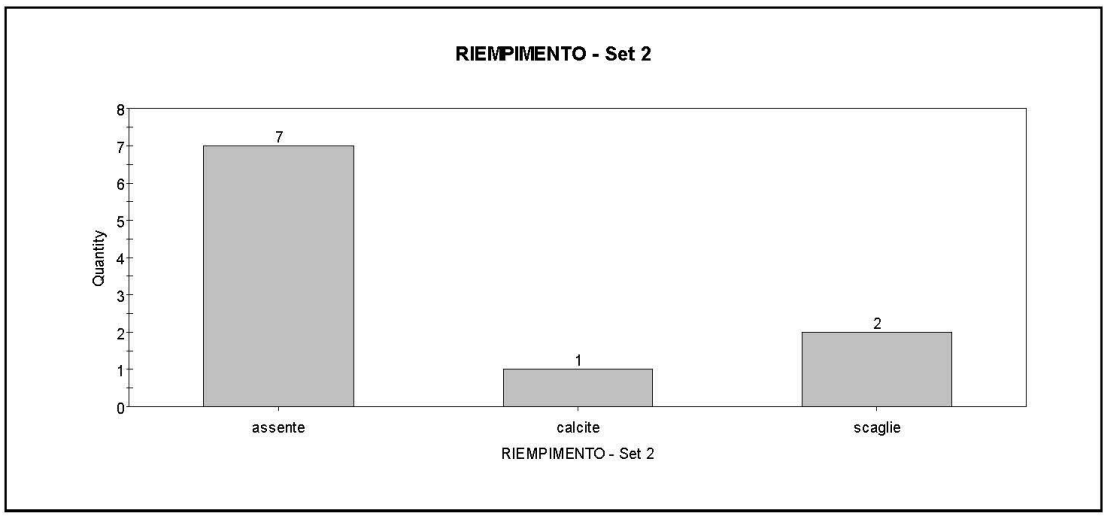


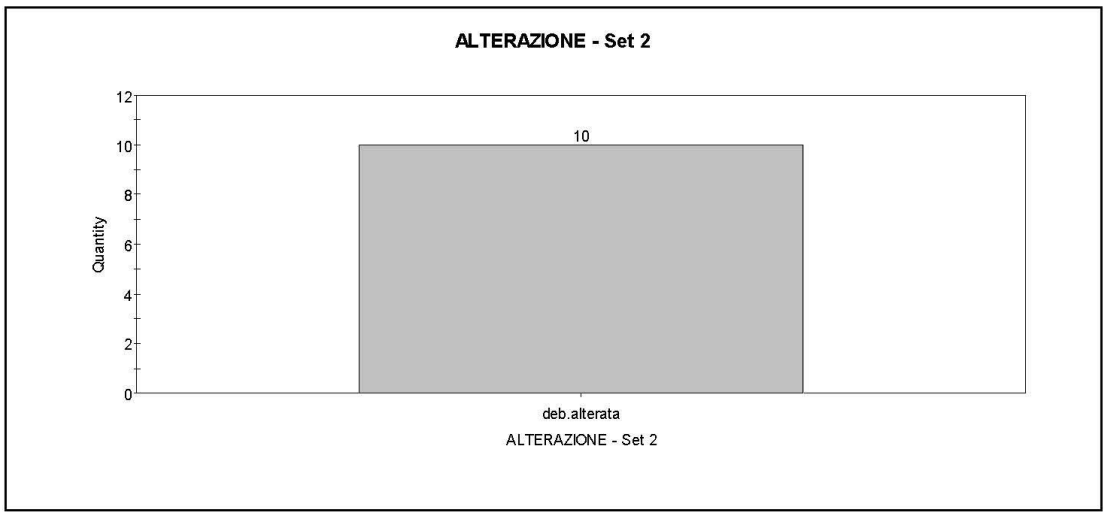



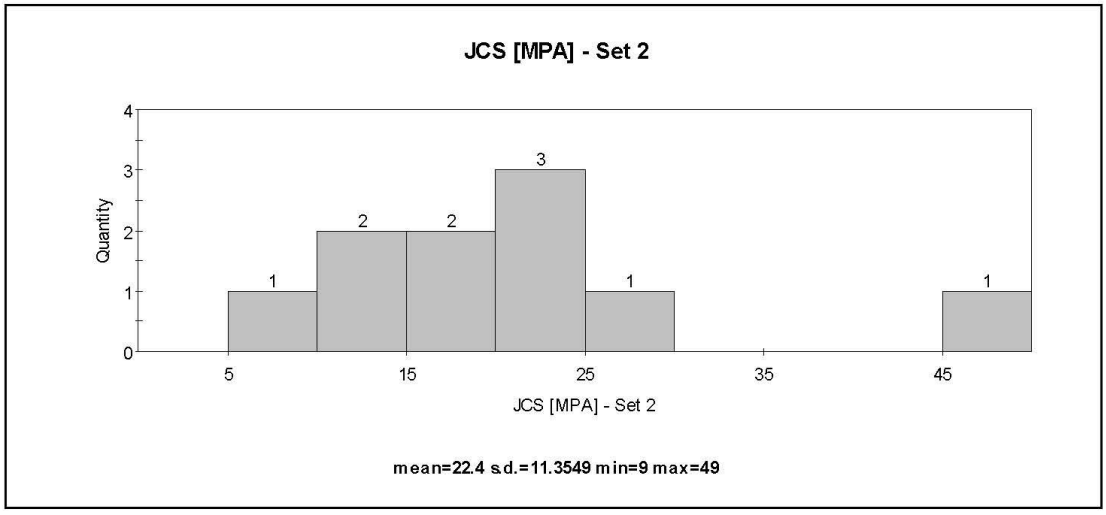




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG5**

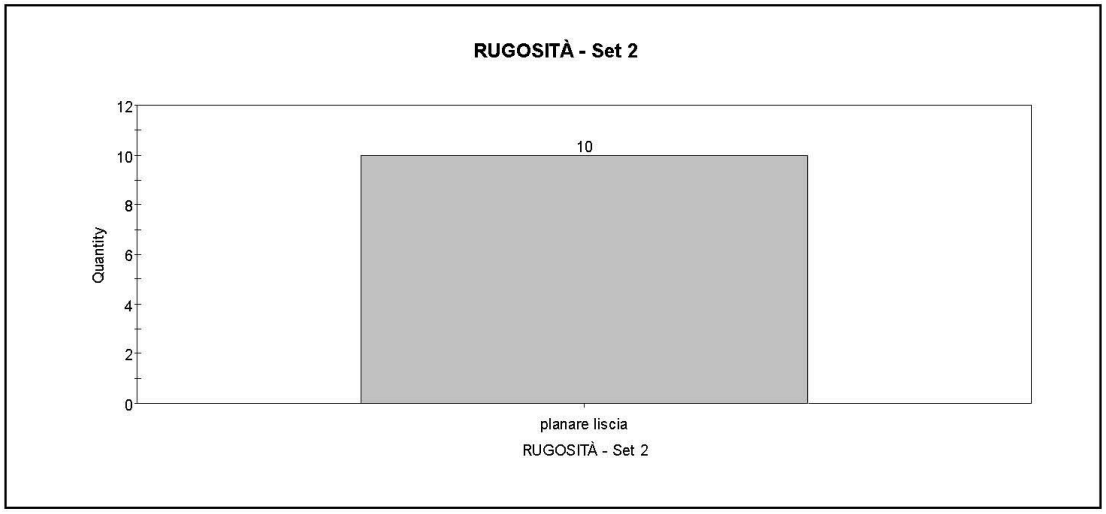


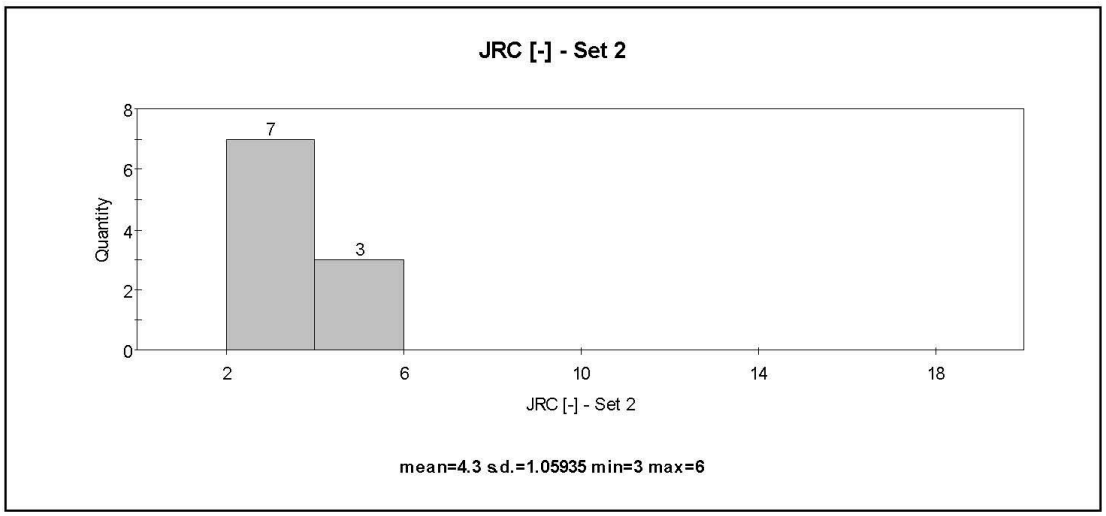



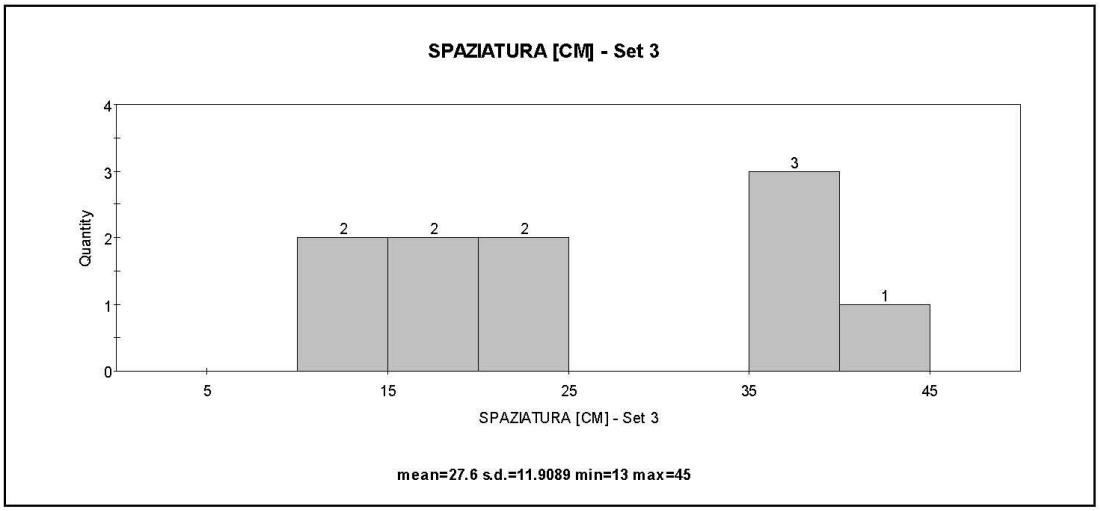

**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

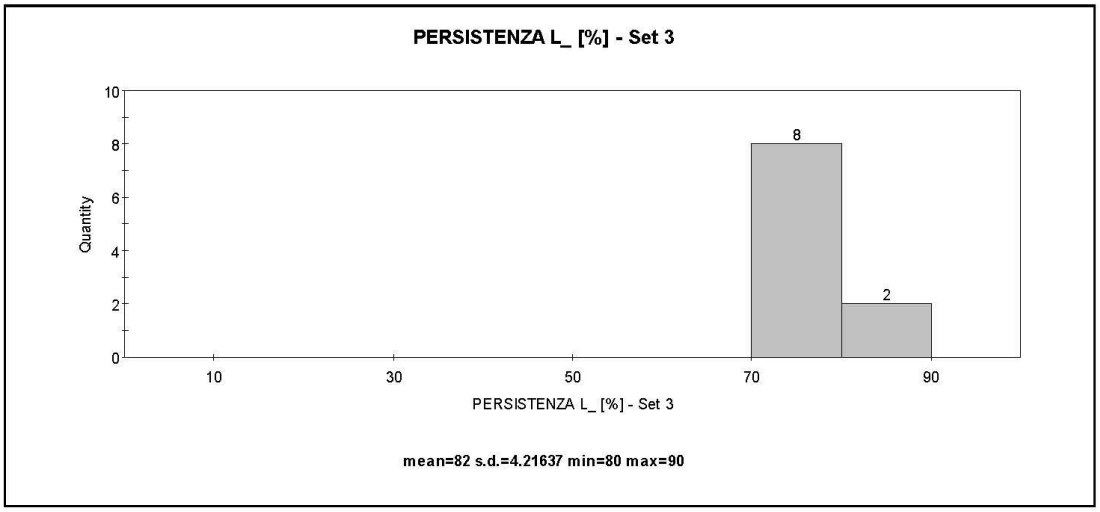
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG5**

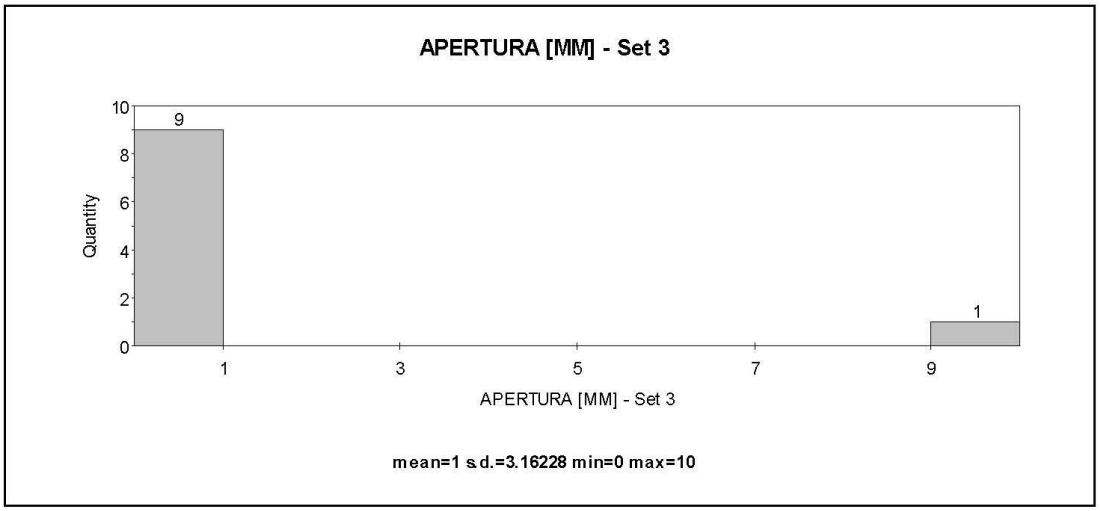


**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG5**

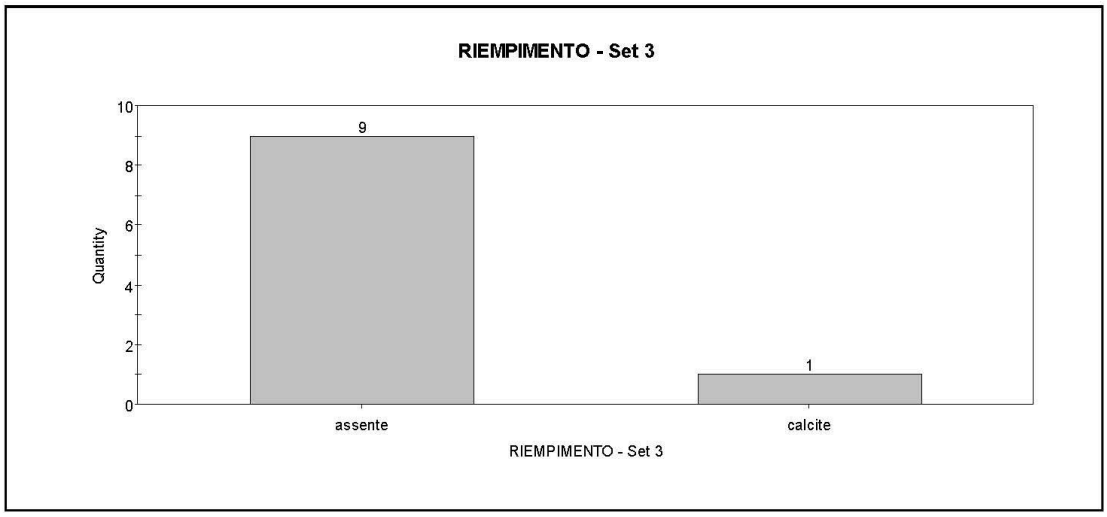


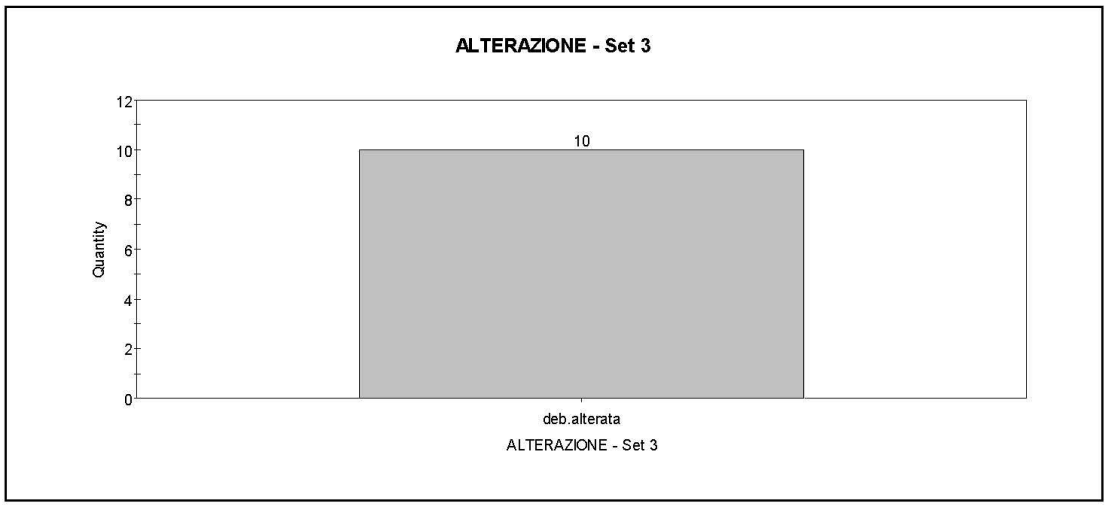



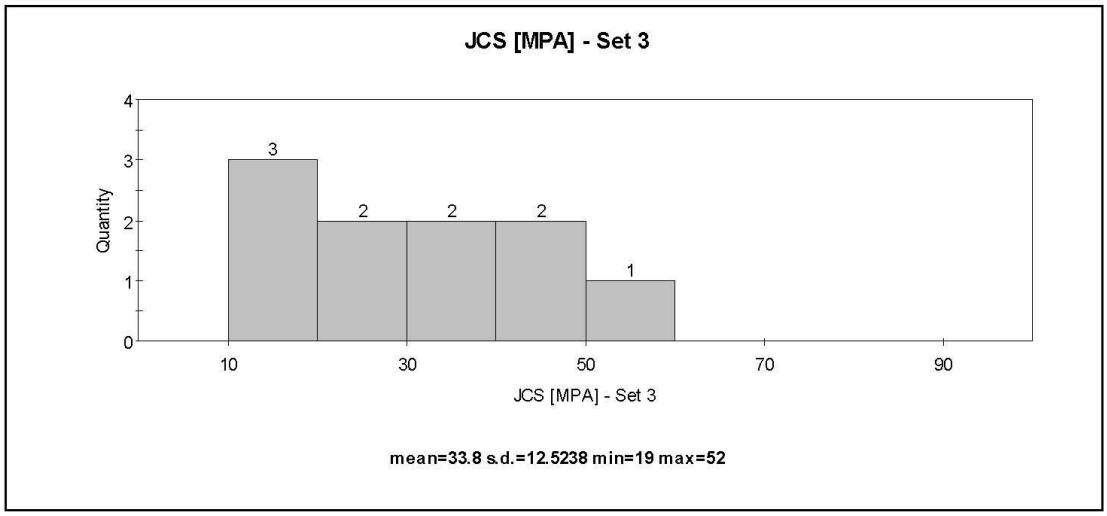




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG5**

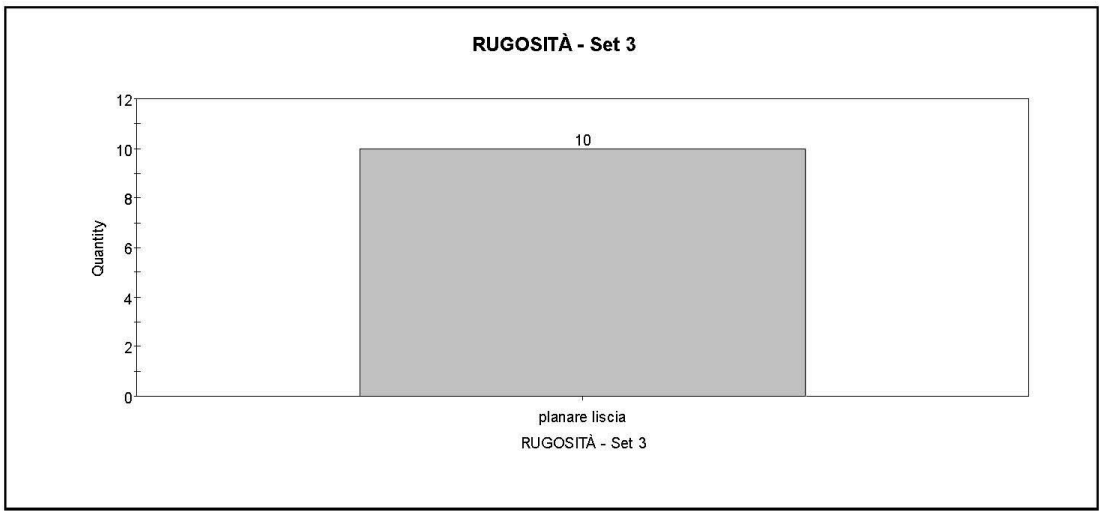


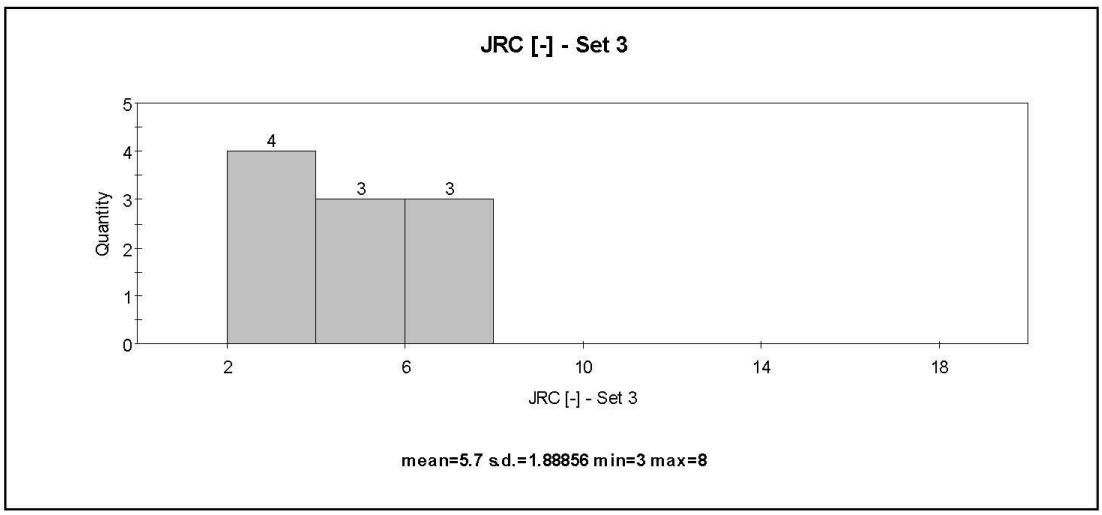




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

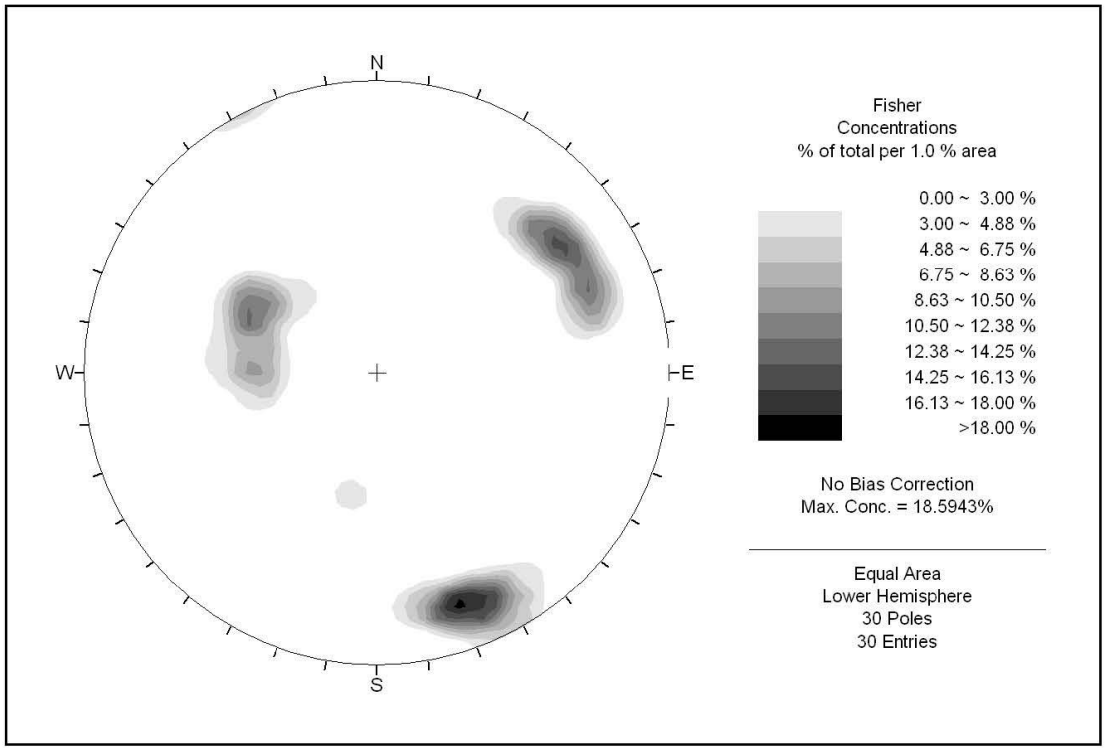
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG5**

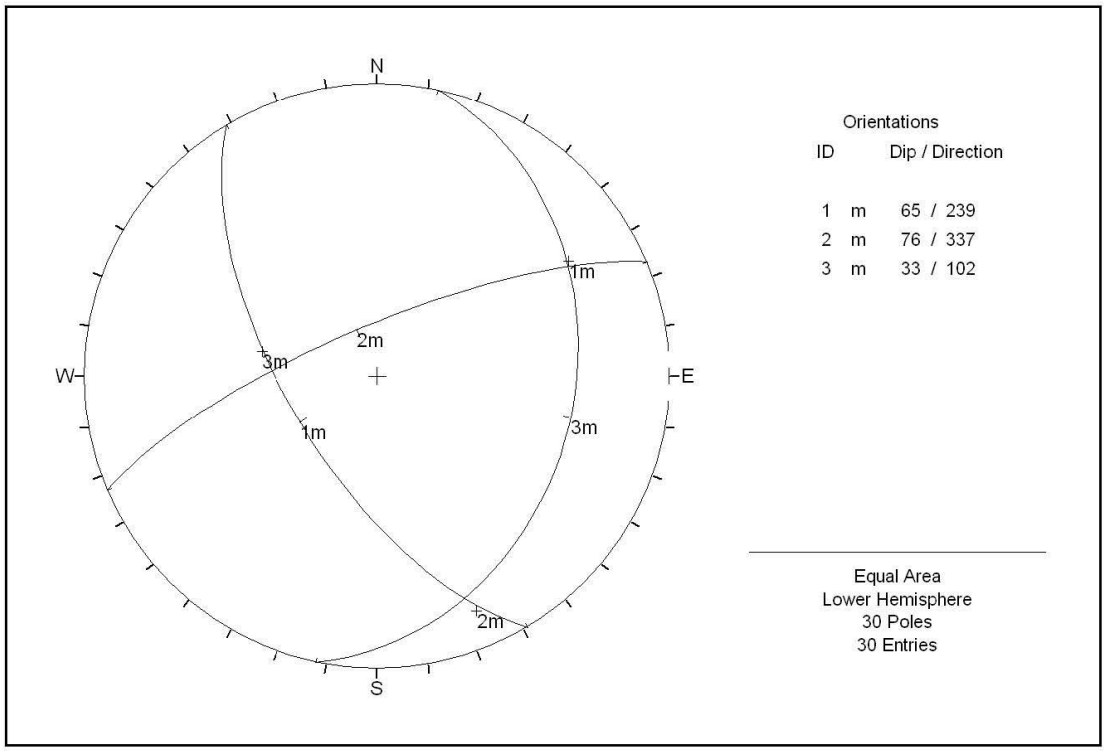



**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

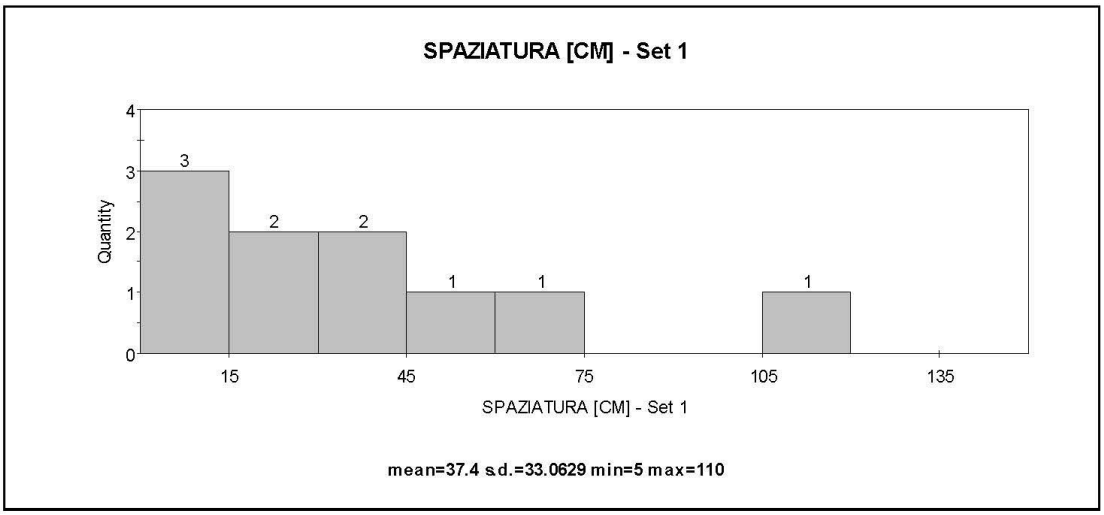
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG6**

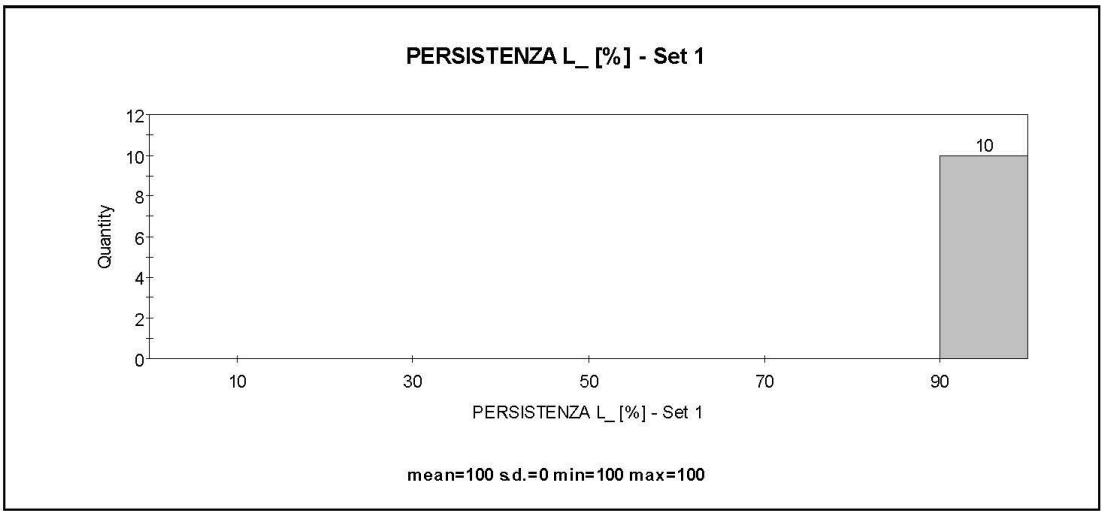


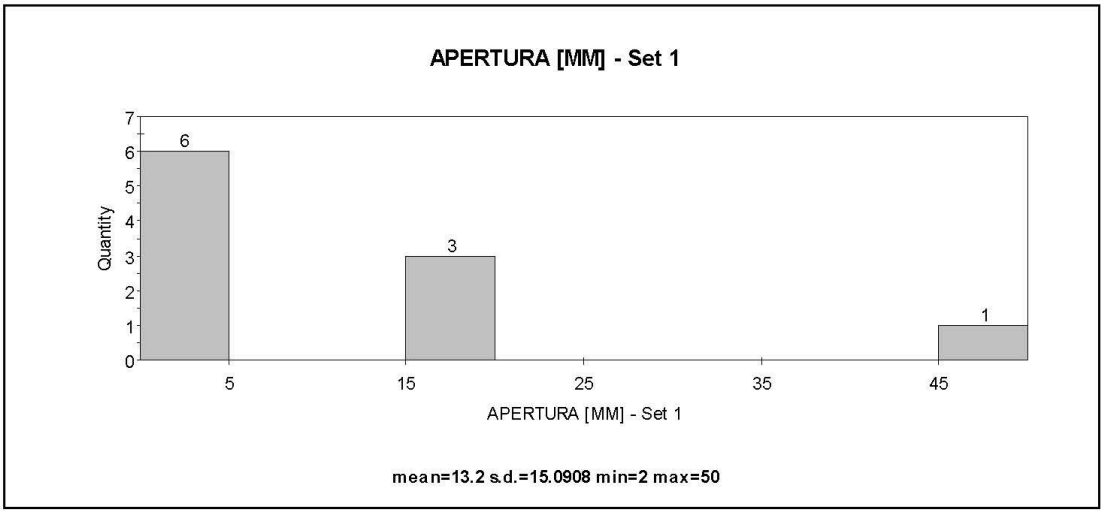




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG6**

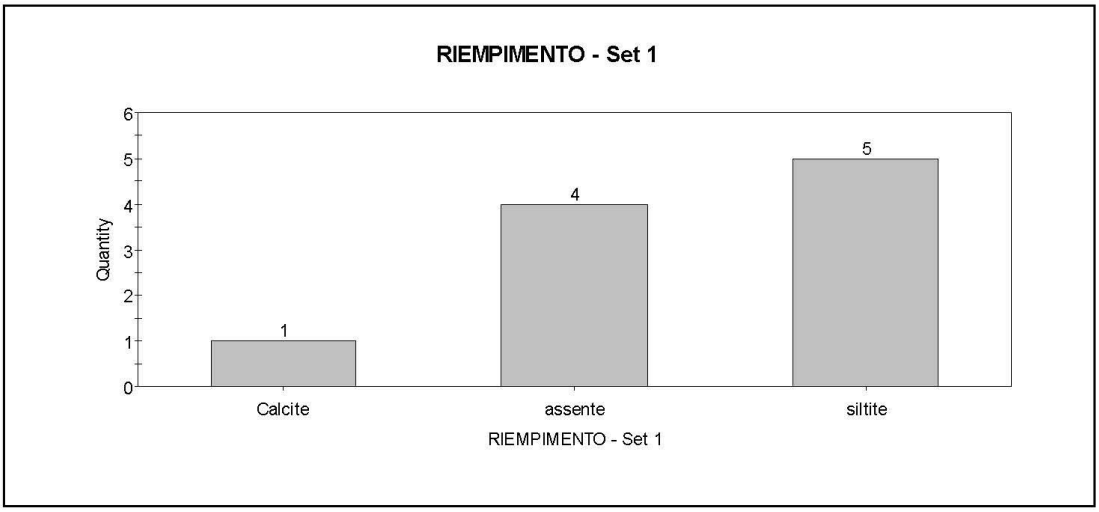


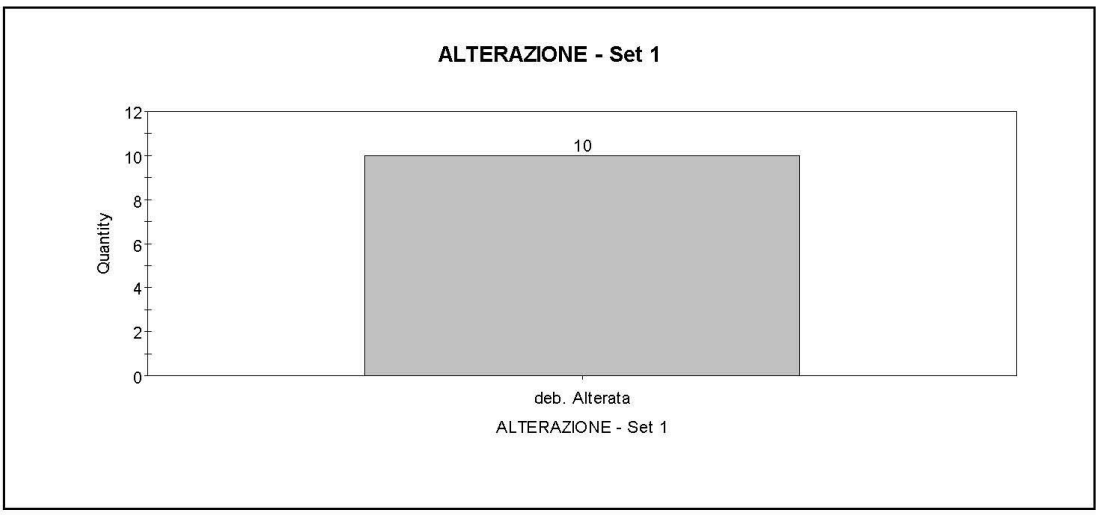



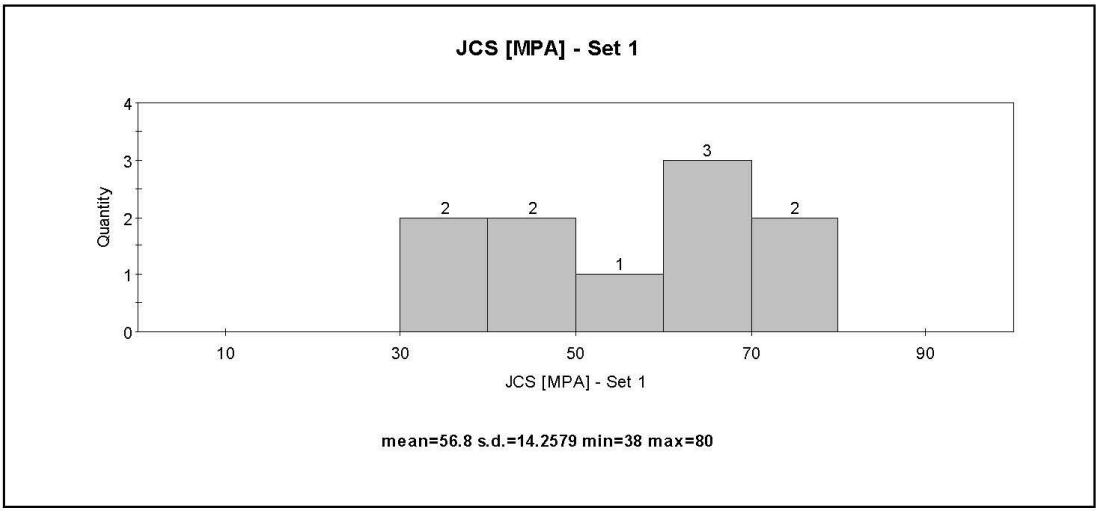




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG6**

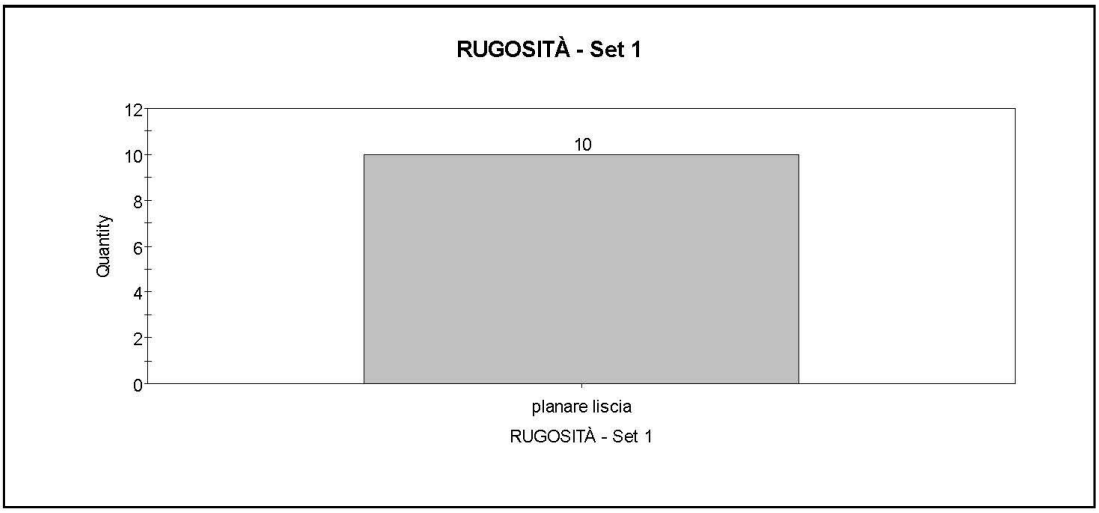


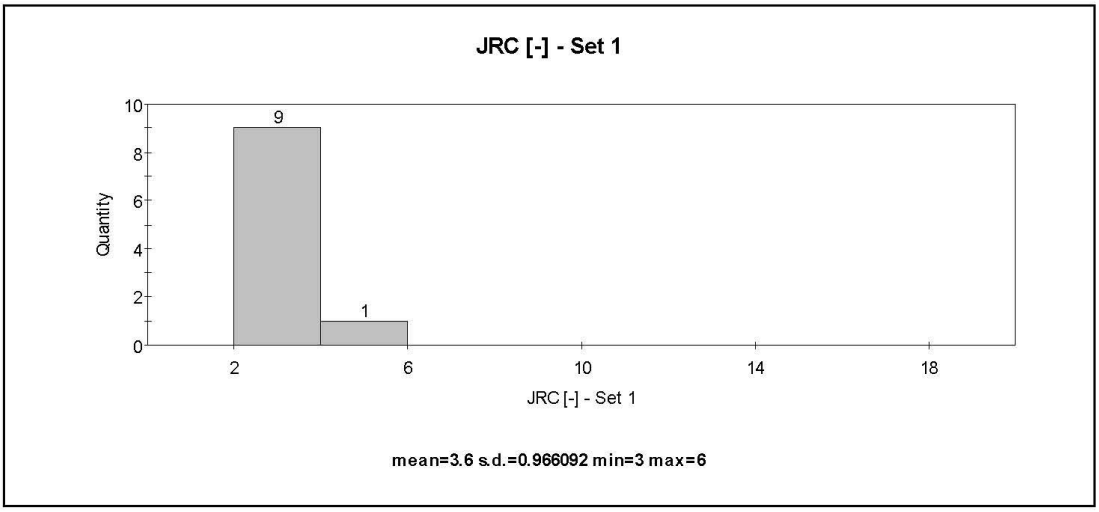




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

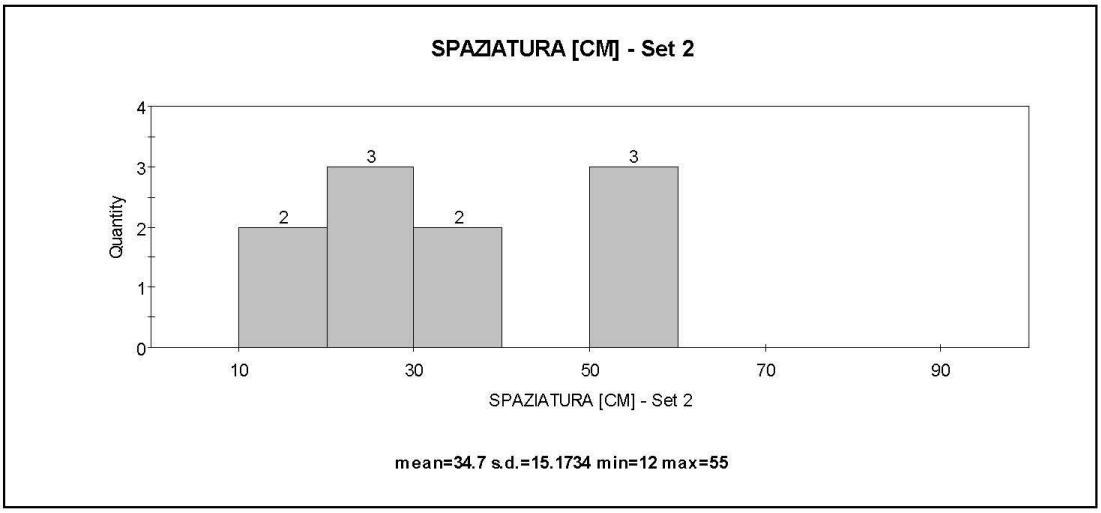
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG6**

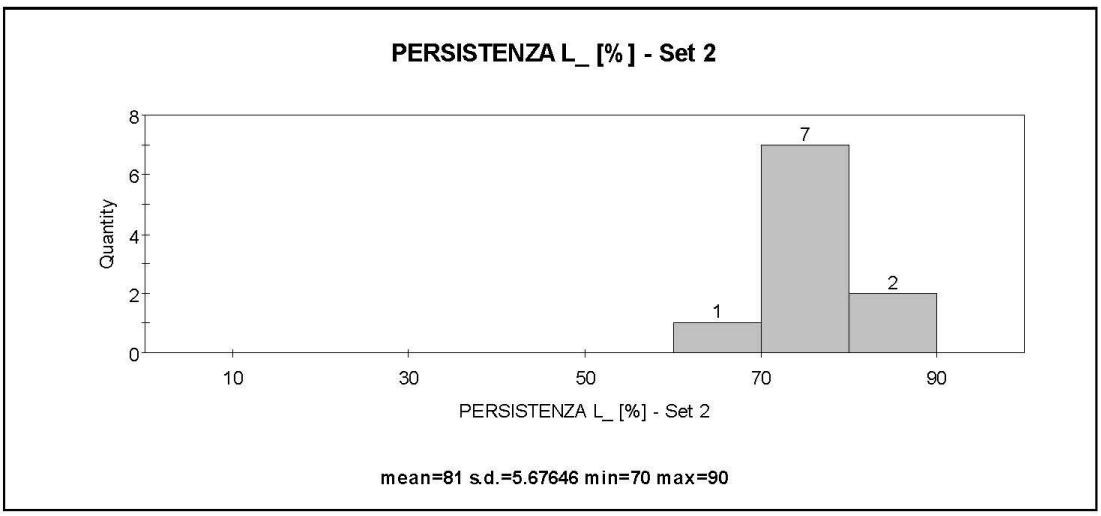


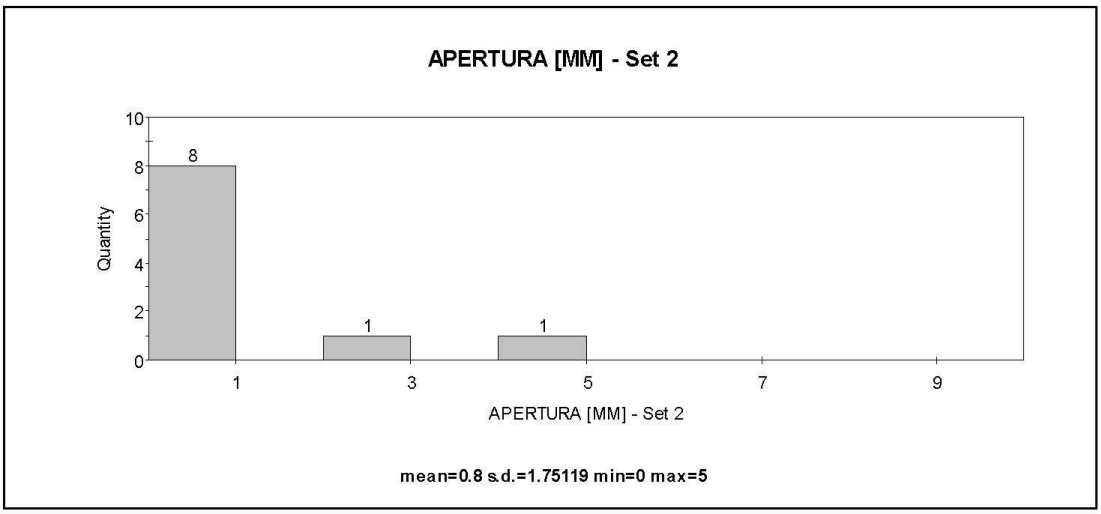




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG6**

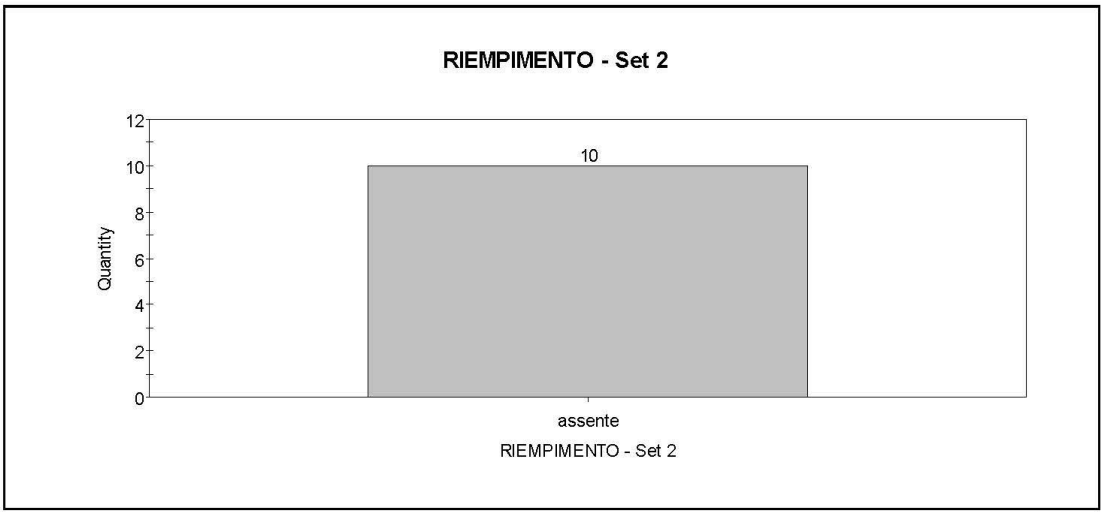


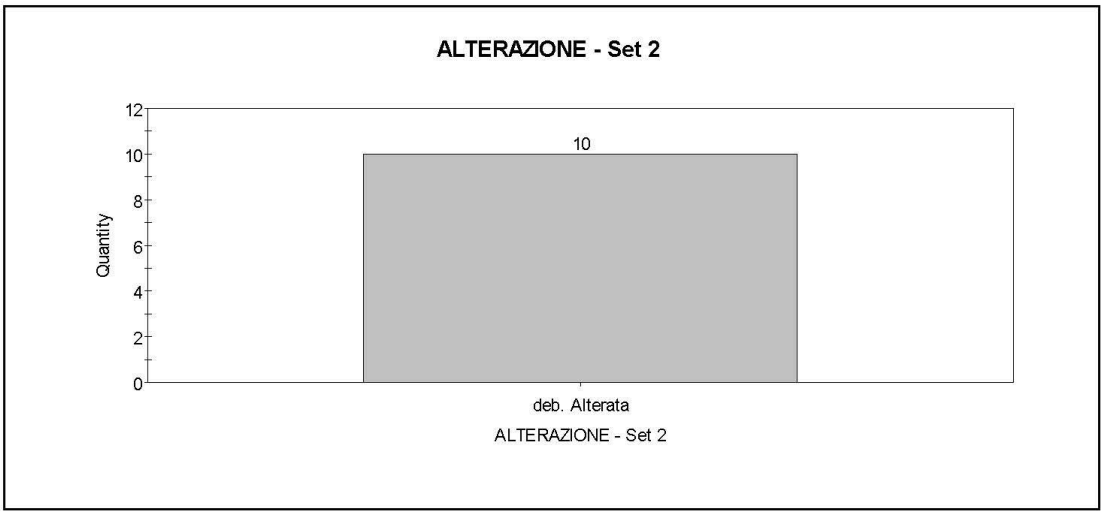



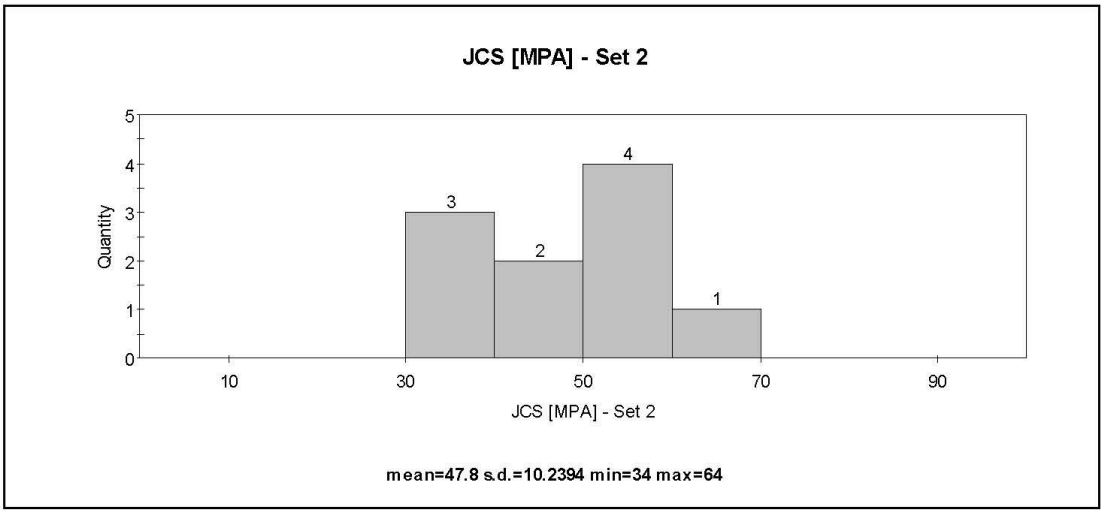




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG6**

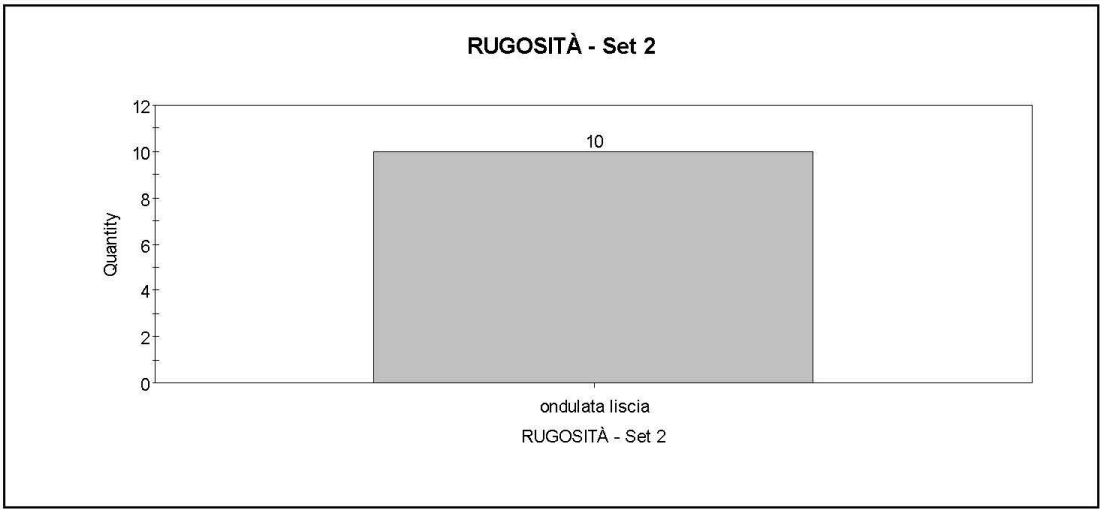


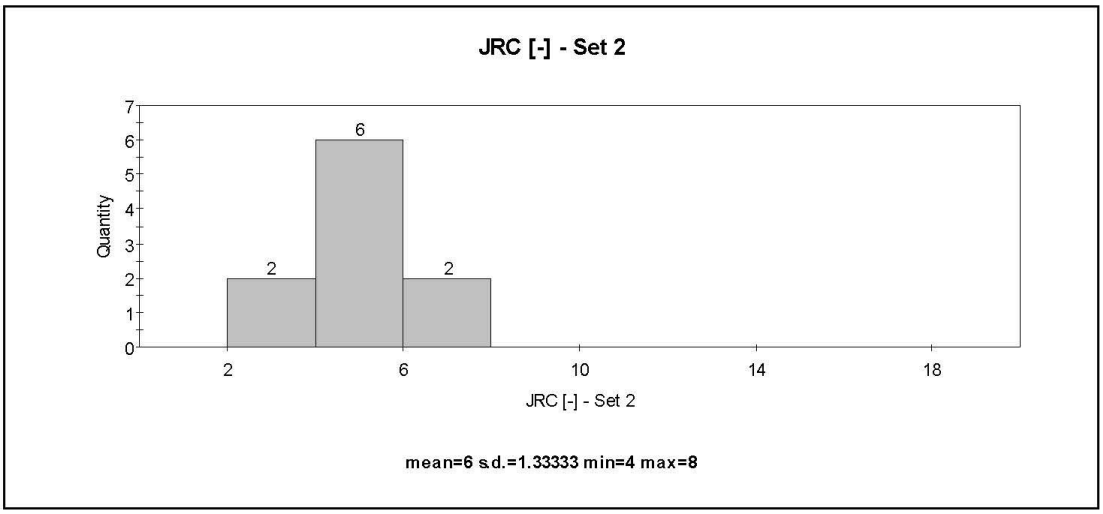



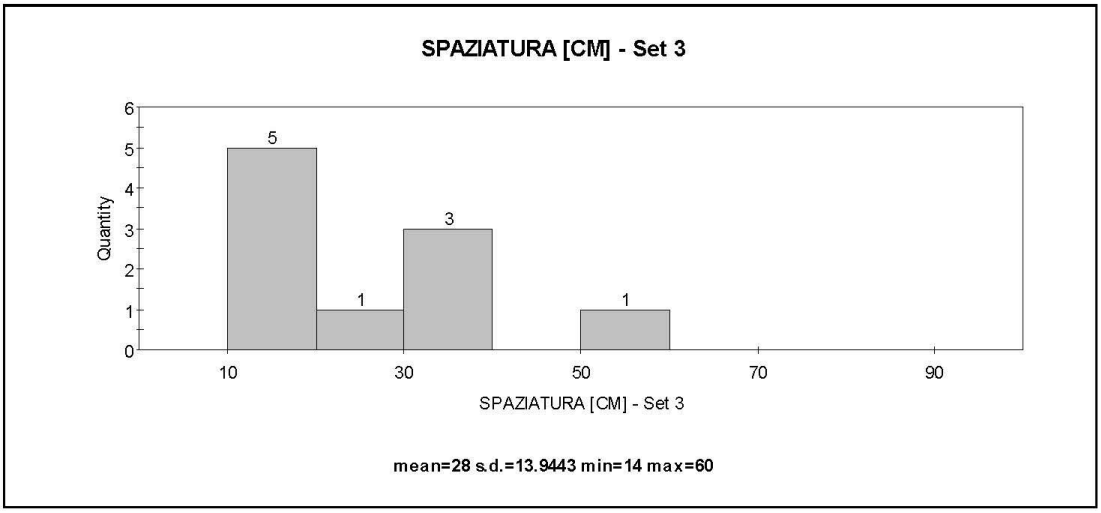



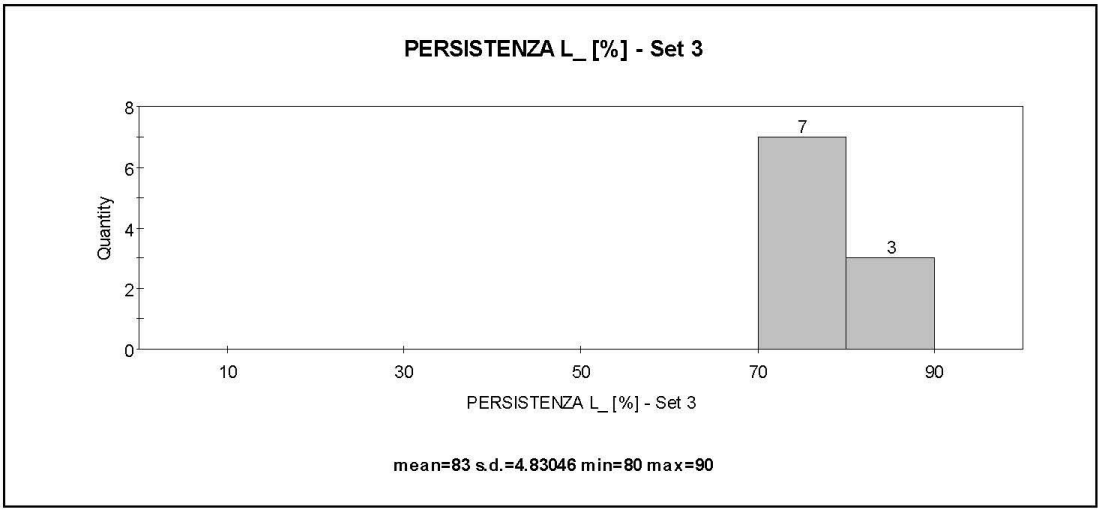

**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

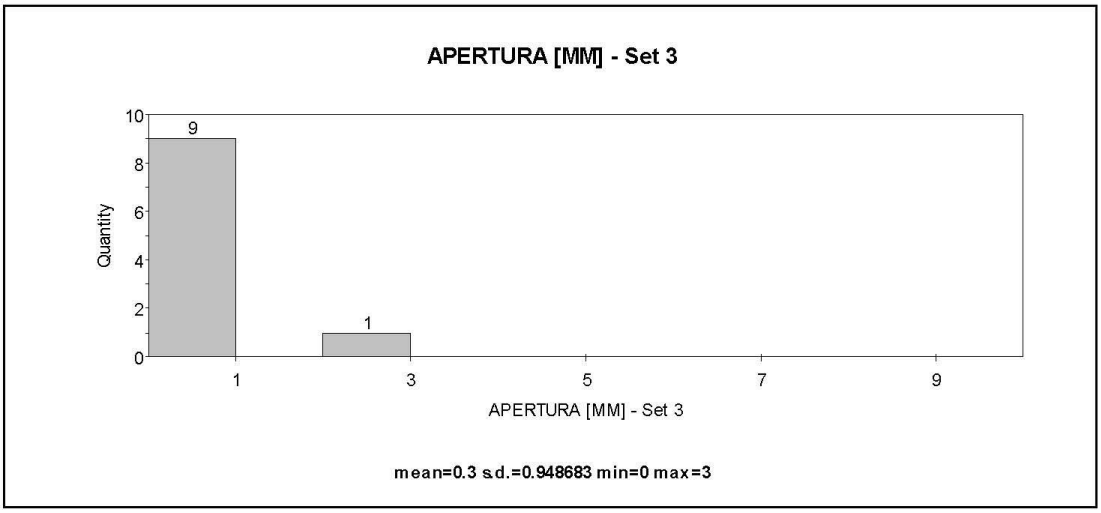
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG6**



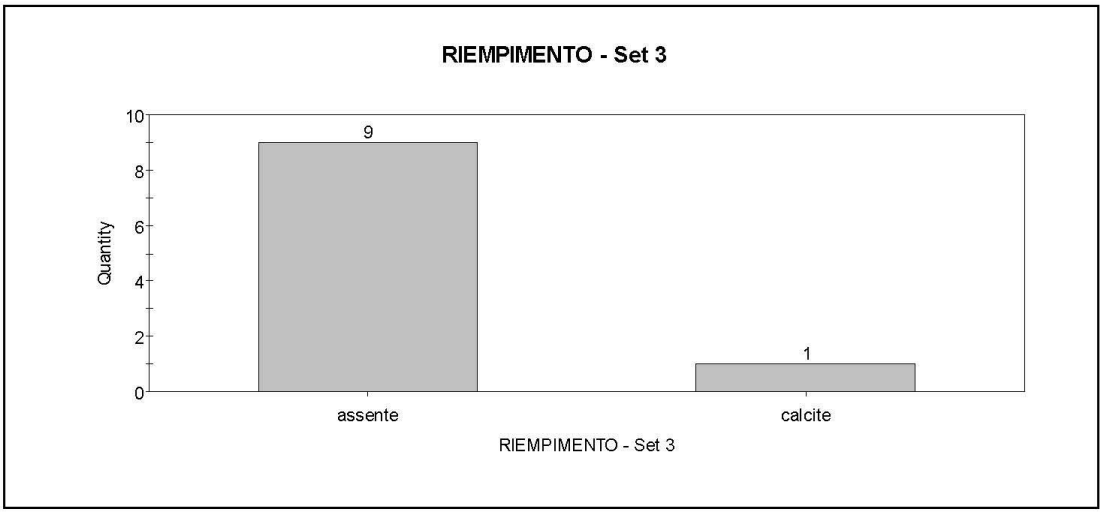



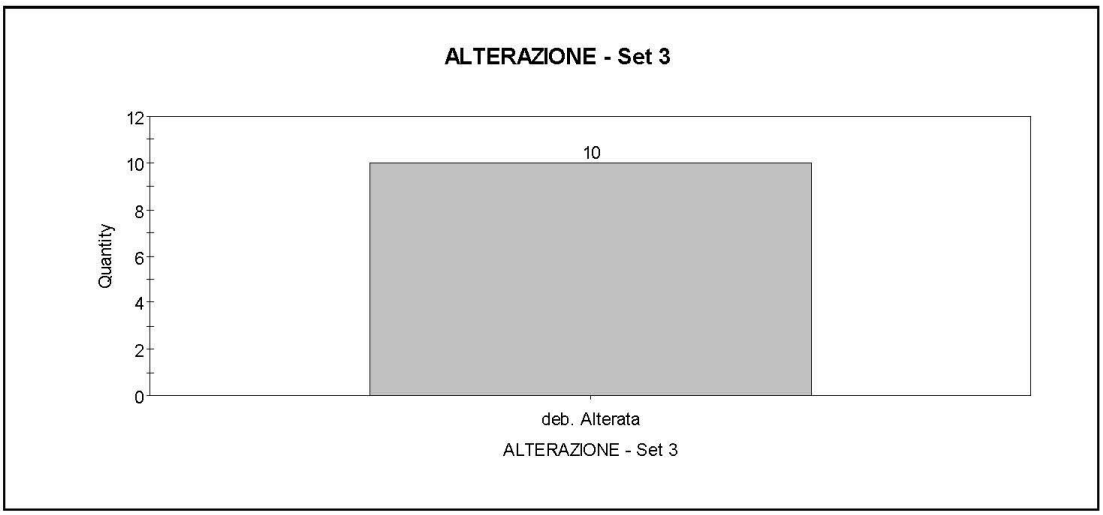

SPAZIATURA [CM] - Set 3
Quantity
0
1
2
3
4
5
6
5
1
3
1
10
30
50
70
90
SPAZIATURA [CM] - Set 3
mean=28 s.d.=13.9443 min=14 max=60

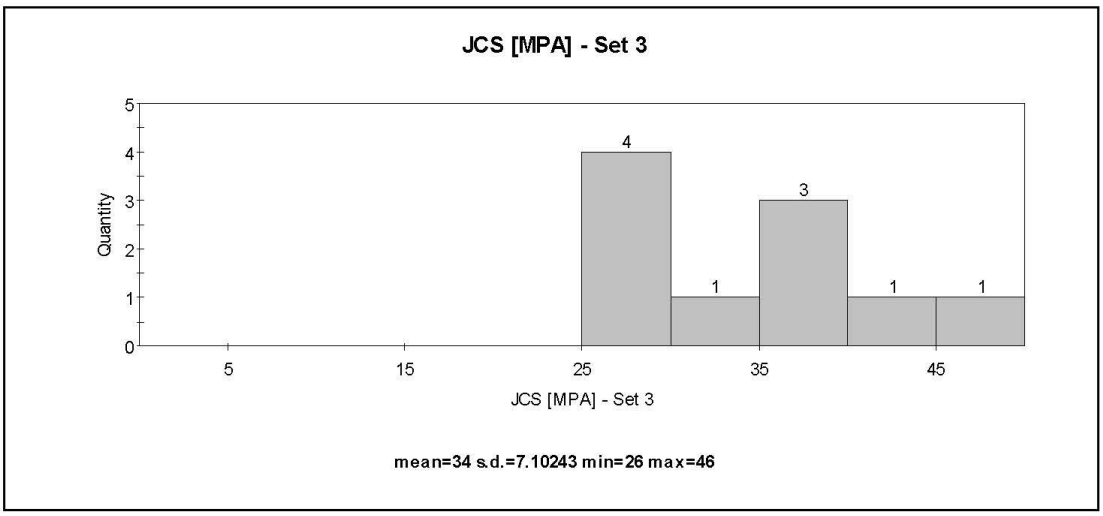

PERSISTENZA L_ [%] - Set 3
Quantity
0
2
4
6
8
7
3
10
30
50
70
90
PERSISTENZA L_ [%] - Set 3
mean=83 s.d.=4.83046 min=80 max=90


APERTURA [MM] - Set 3
Quantity
0
2
4
6
8
10
9
1
1
3
5
7
9
APERTURA [MM] - Set 3
mean=0.3 s.d.=0.948683 min=0 max=3

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG6**

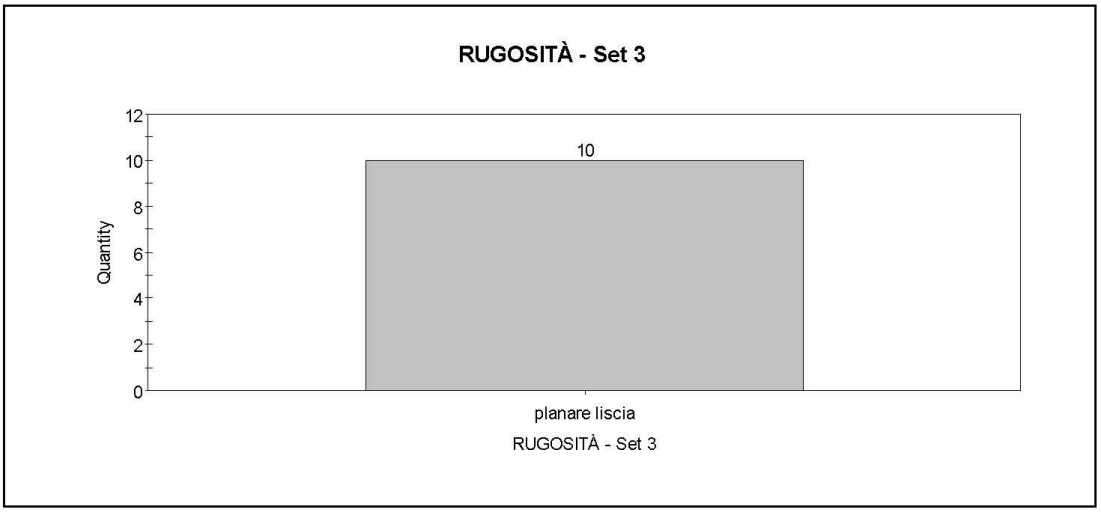


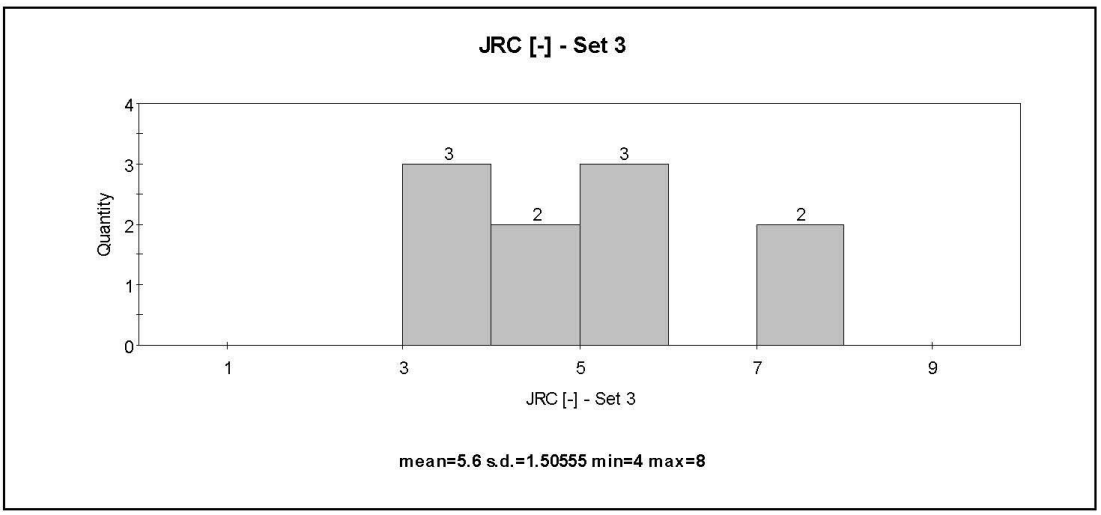



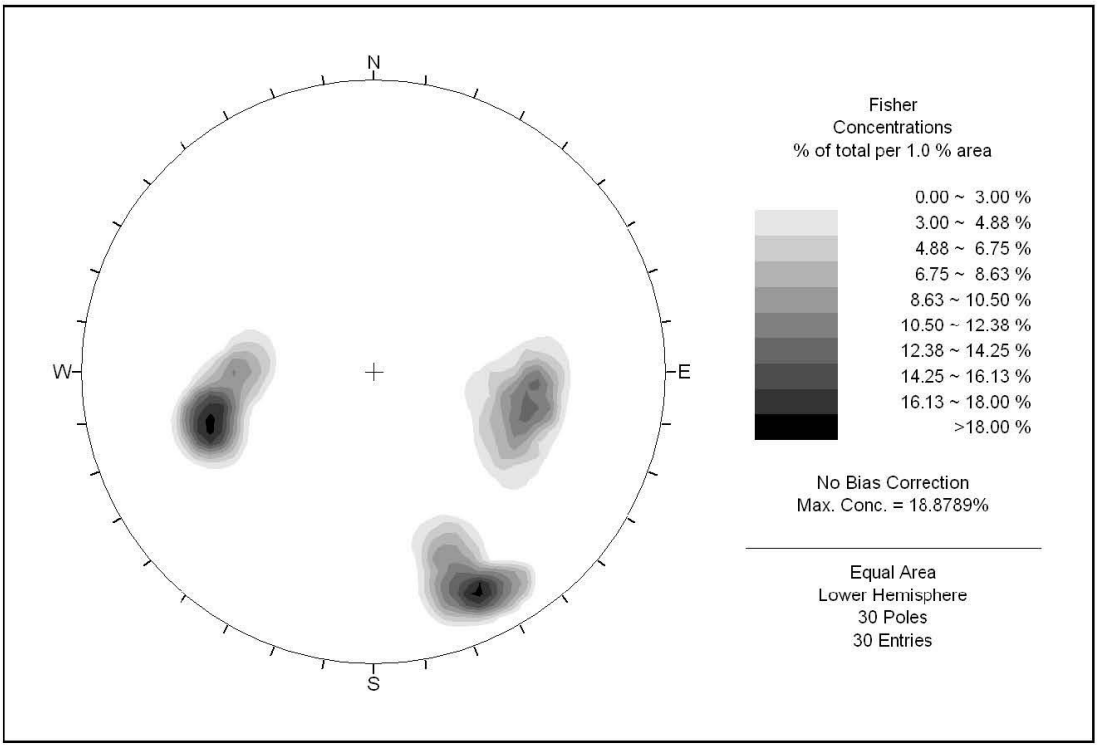

**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

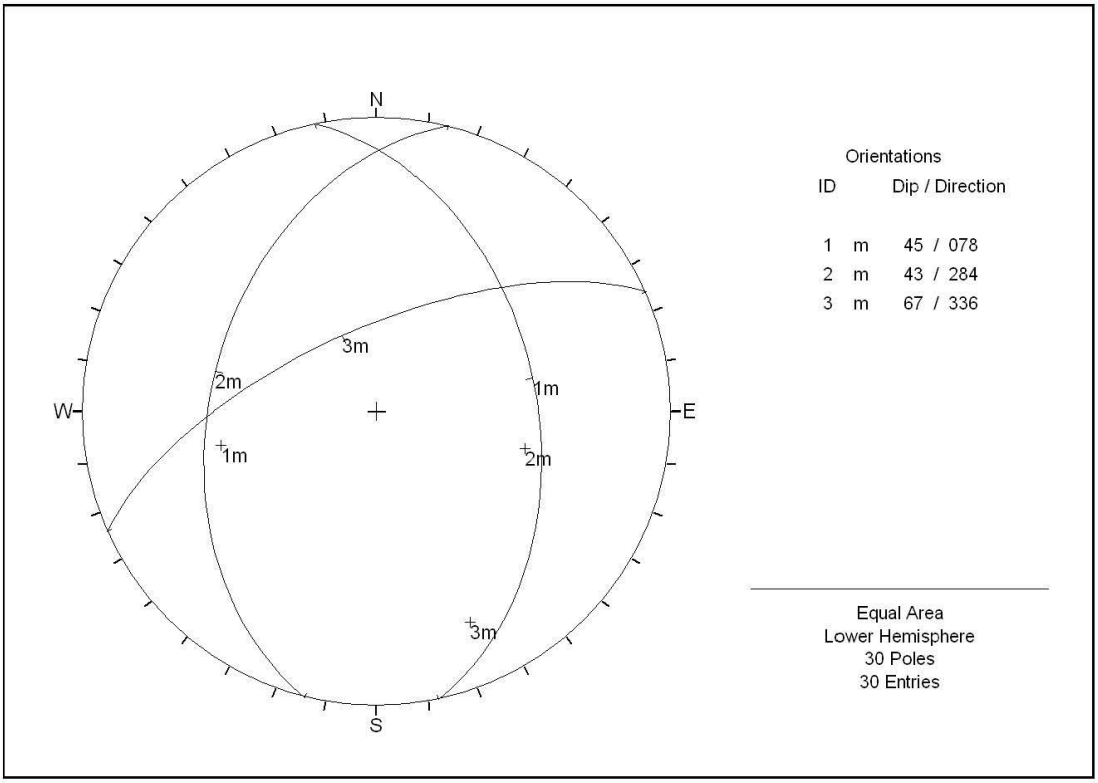
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG6**



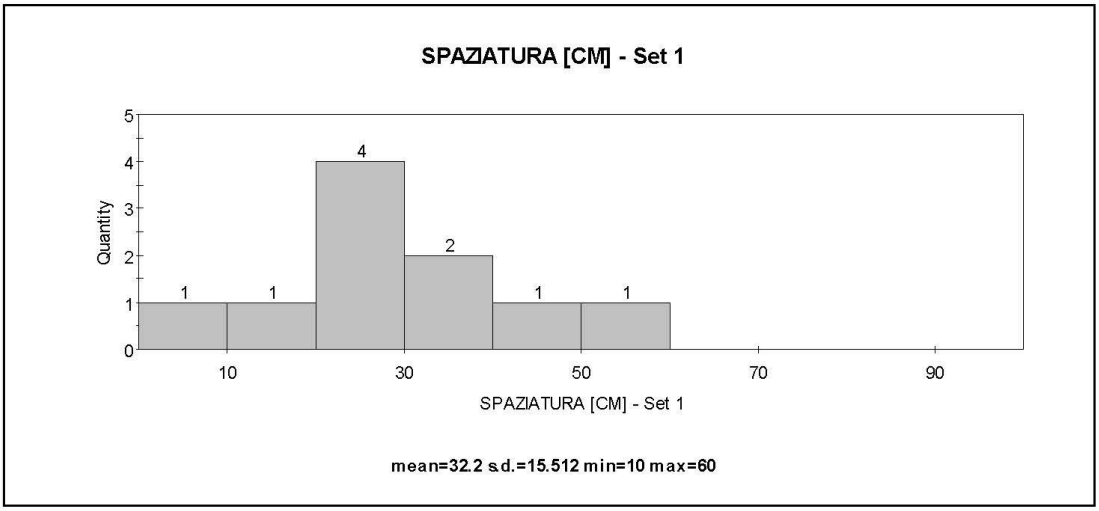
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG7**

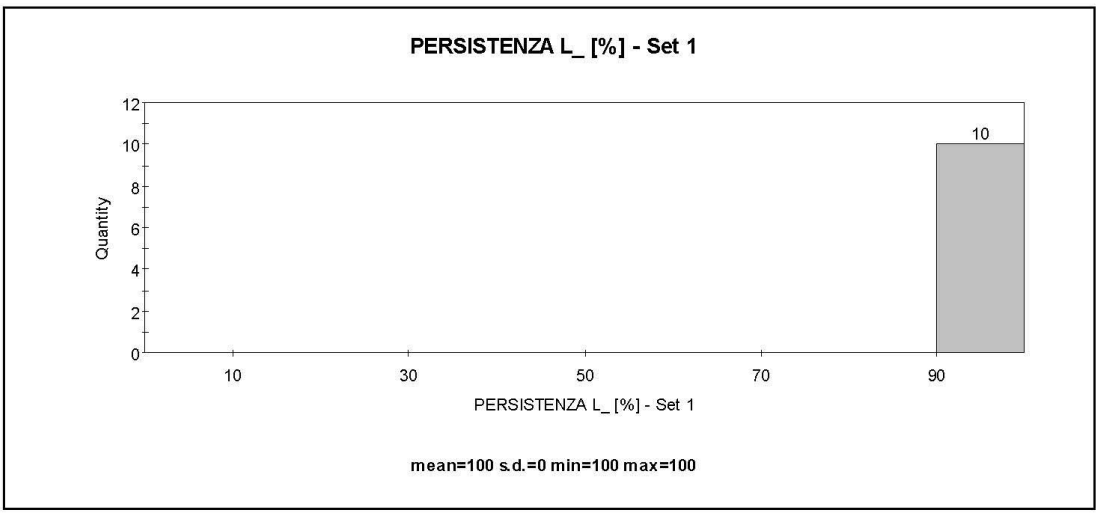


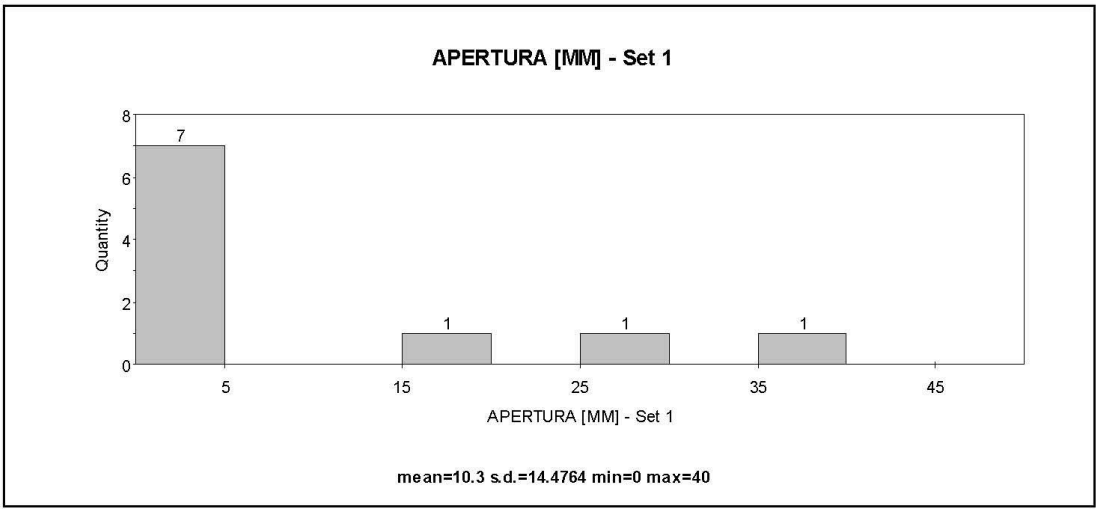




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG7**

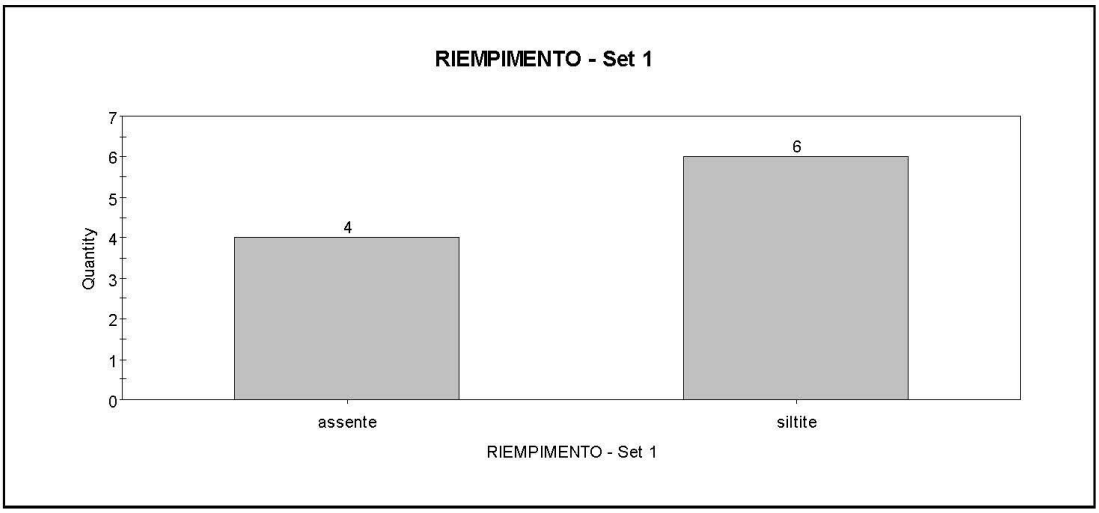


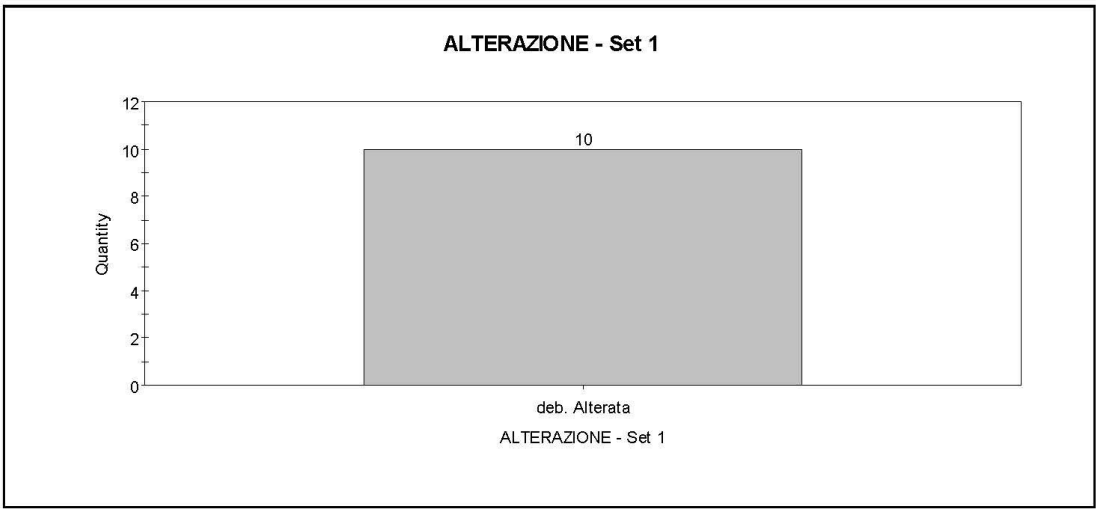



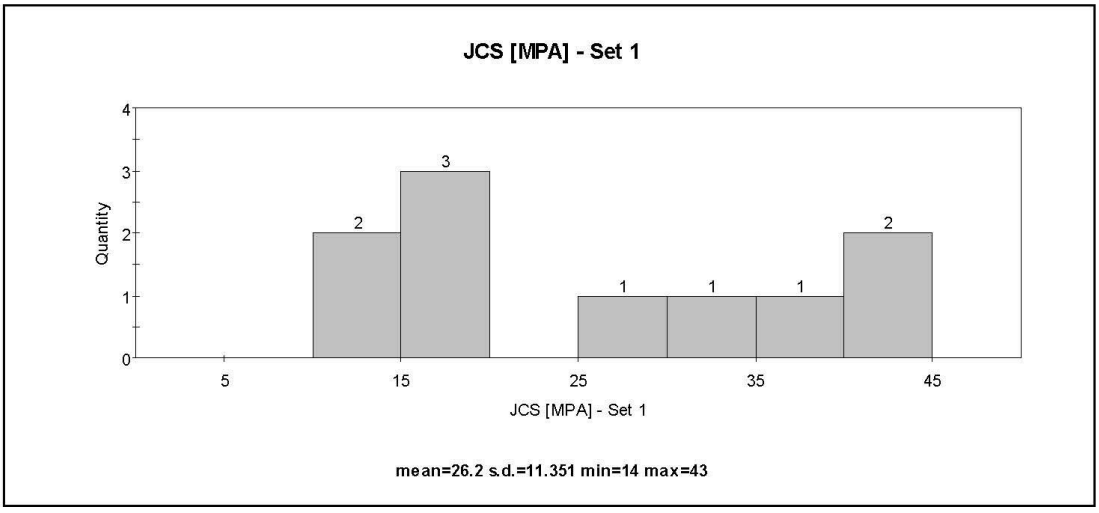




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG7**

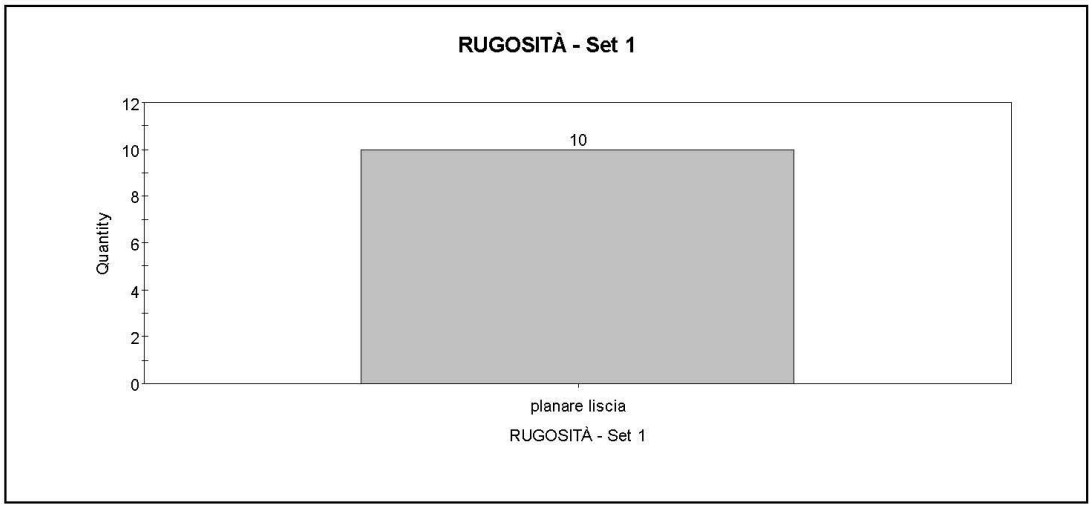


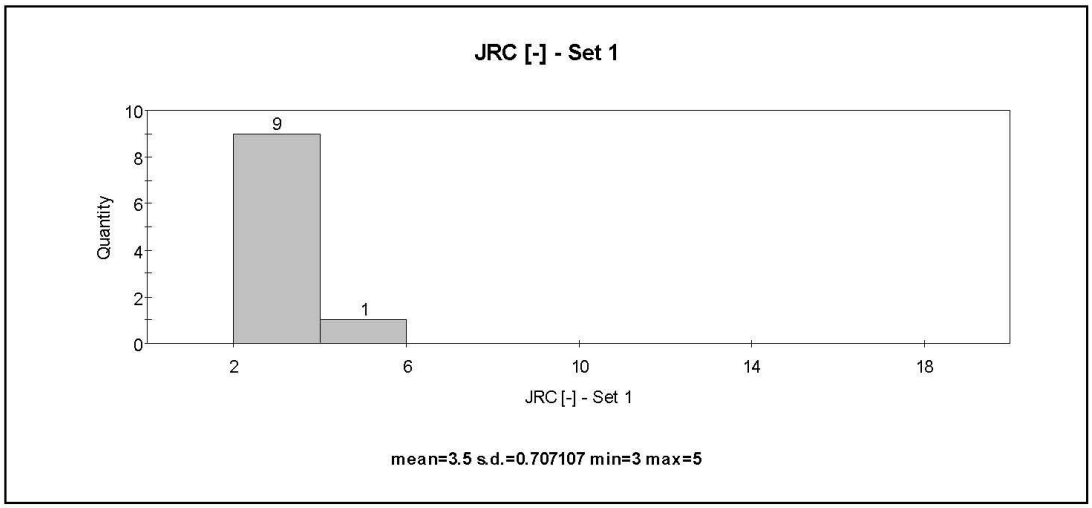




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

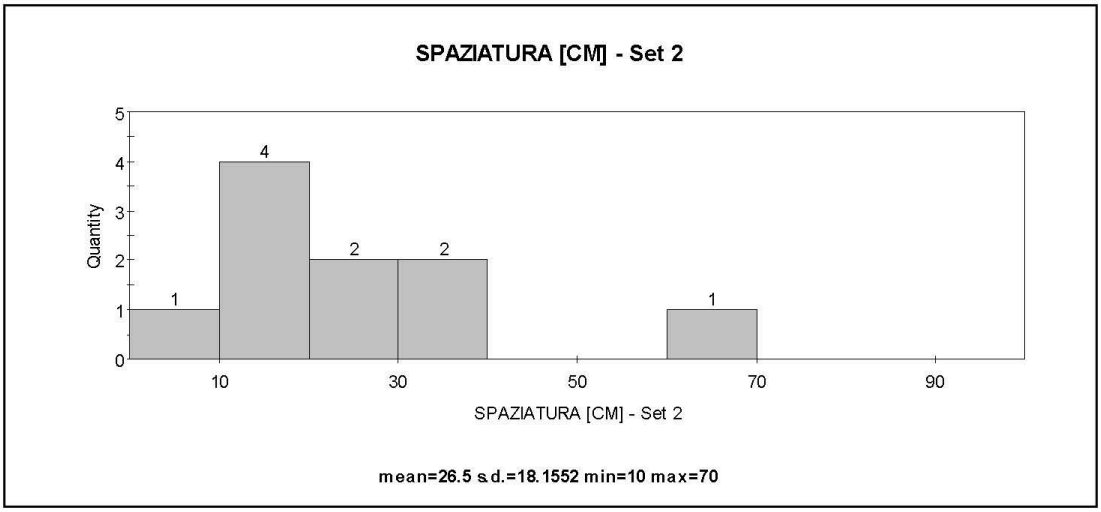
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG7**

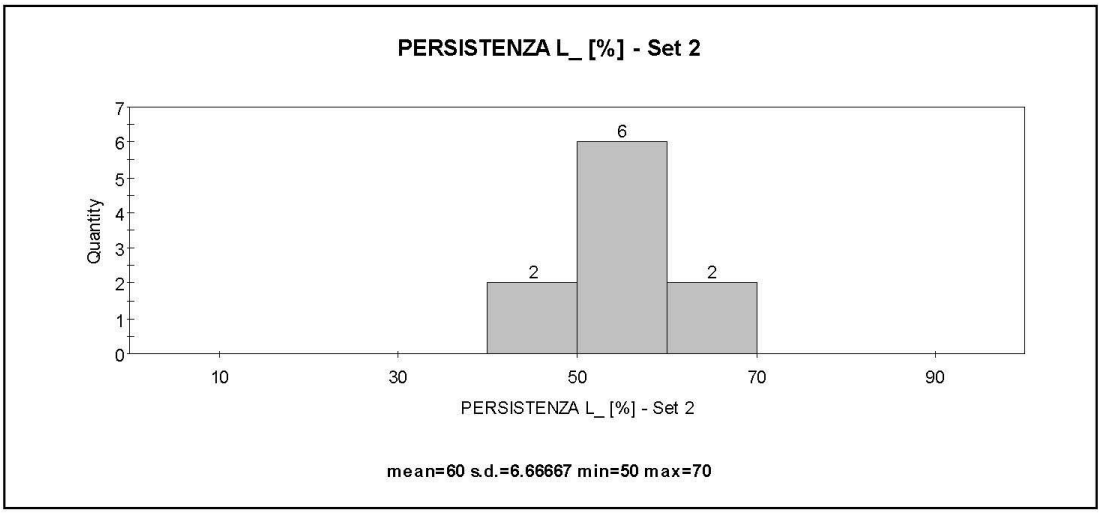


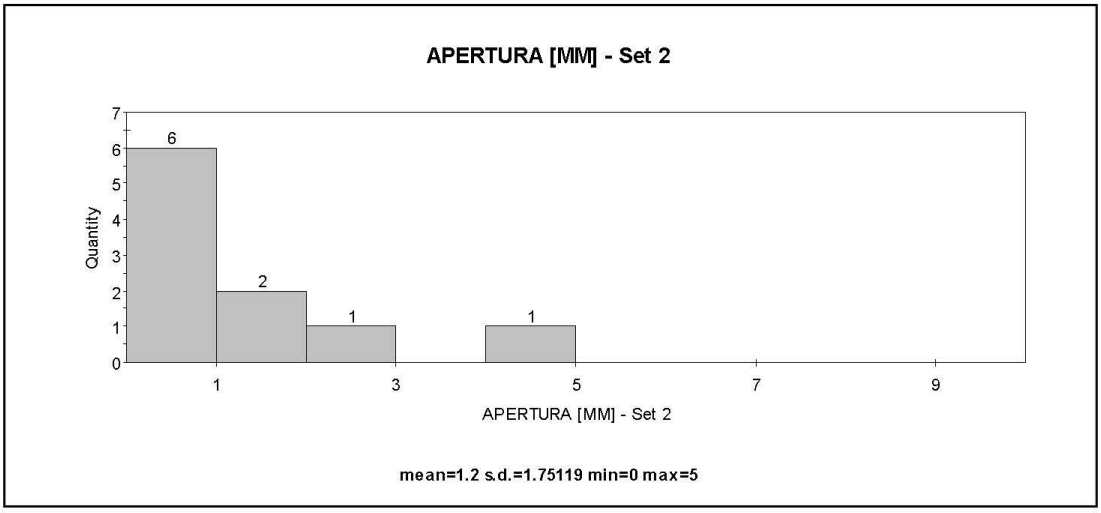




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG7**

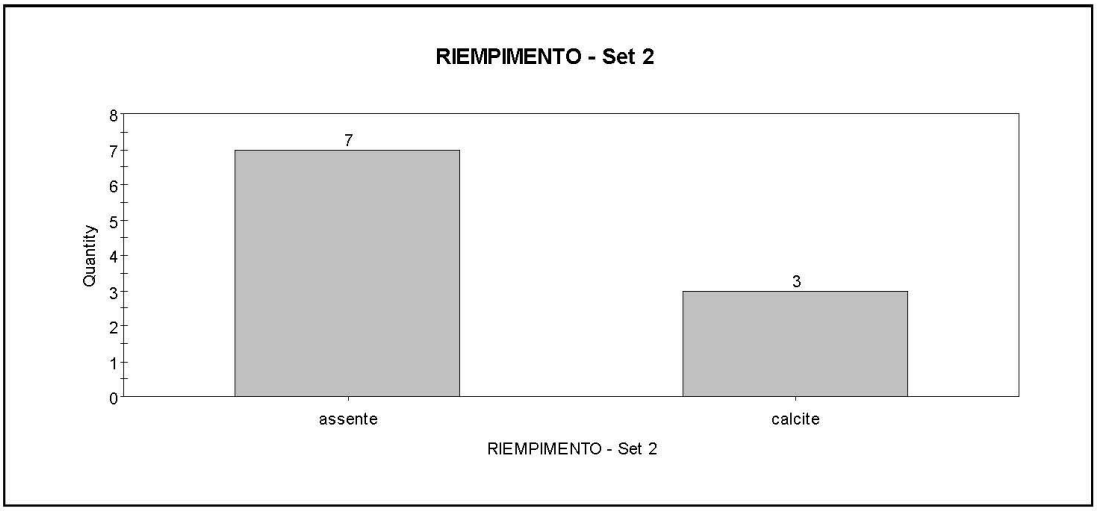


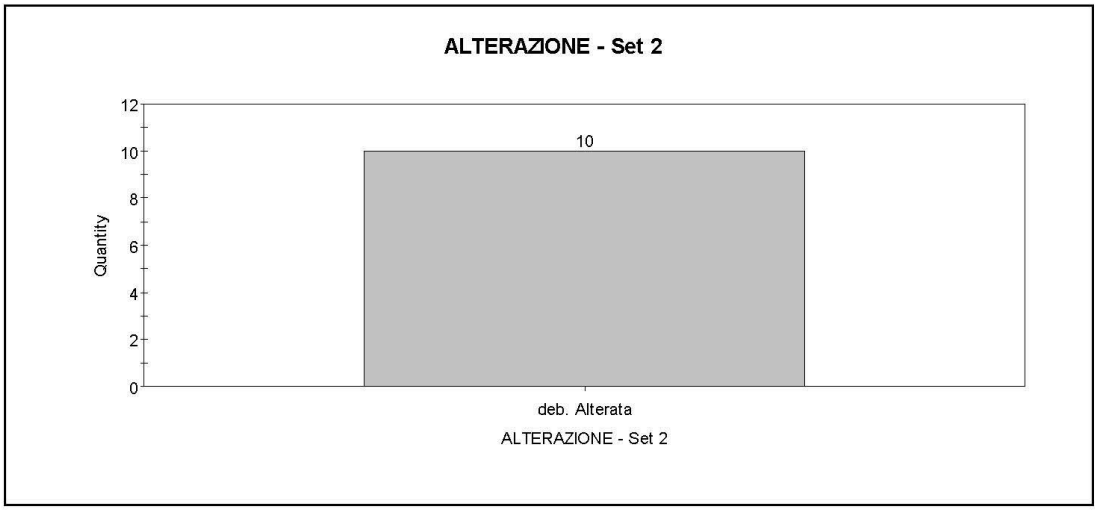



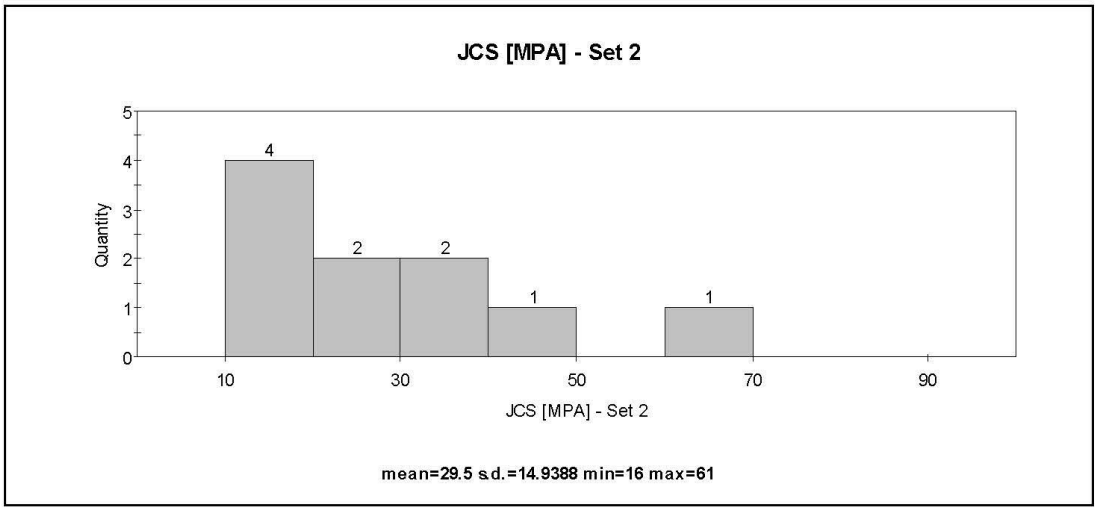




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG7**

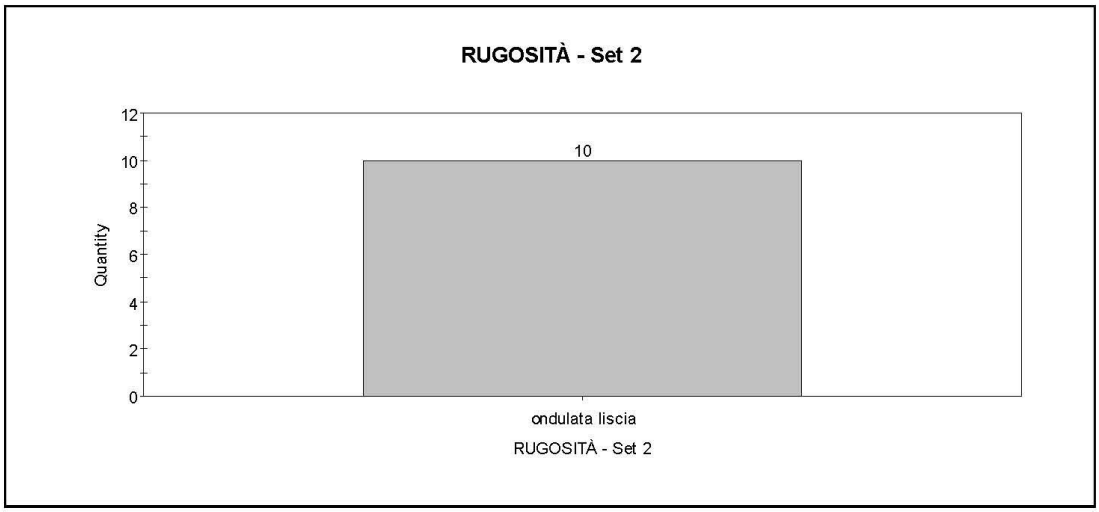


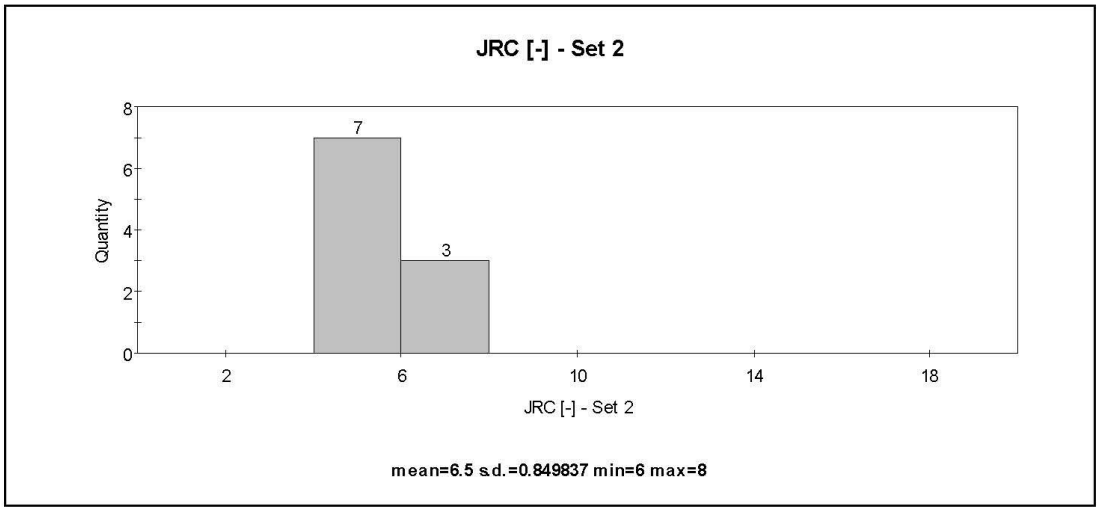



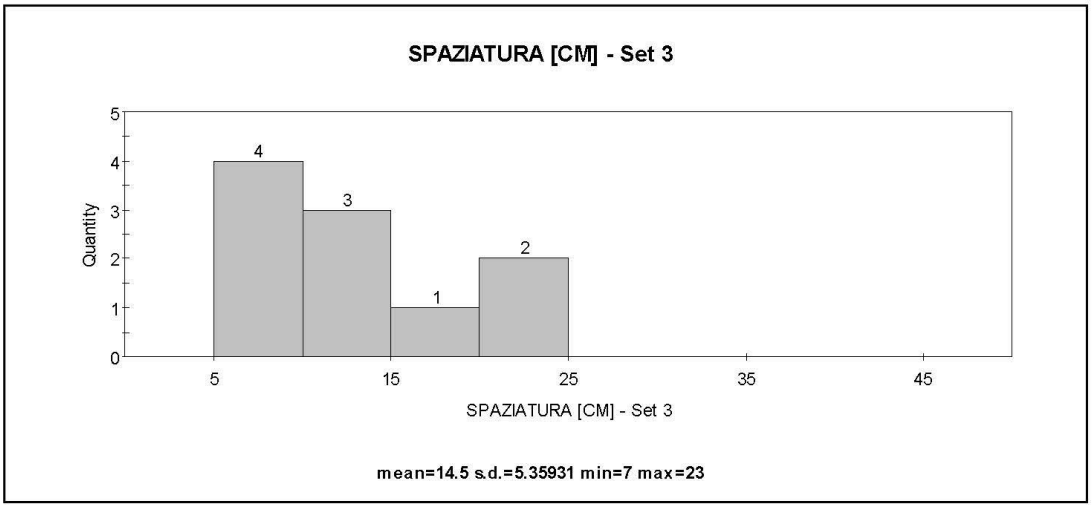

**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

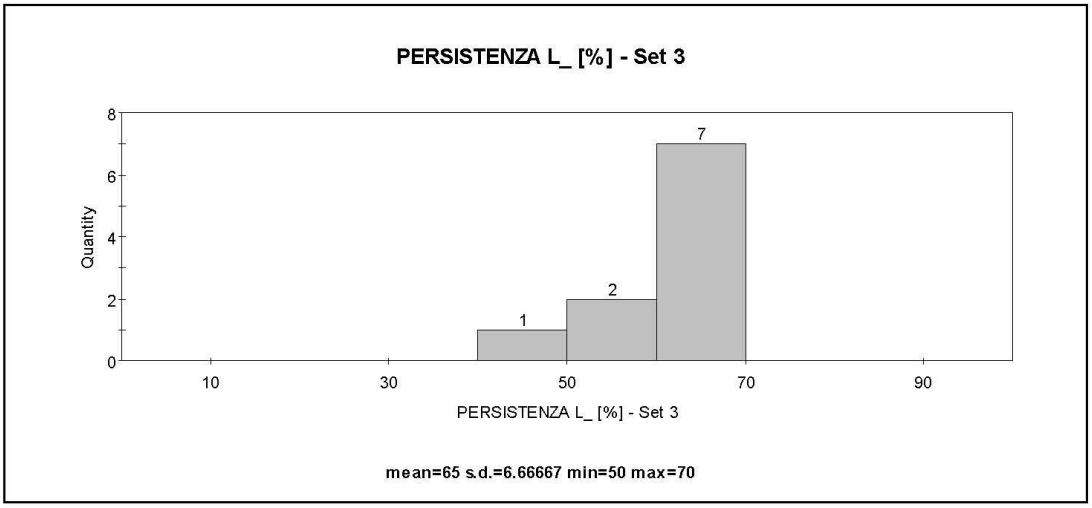
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG7**

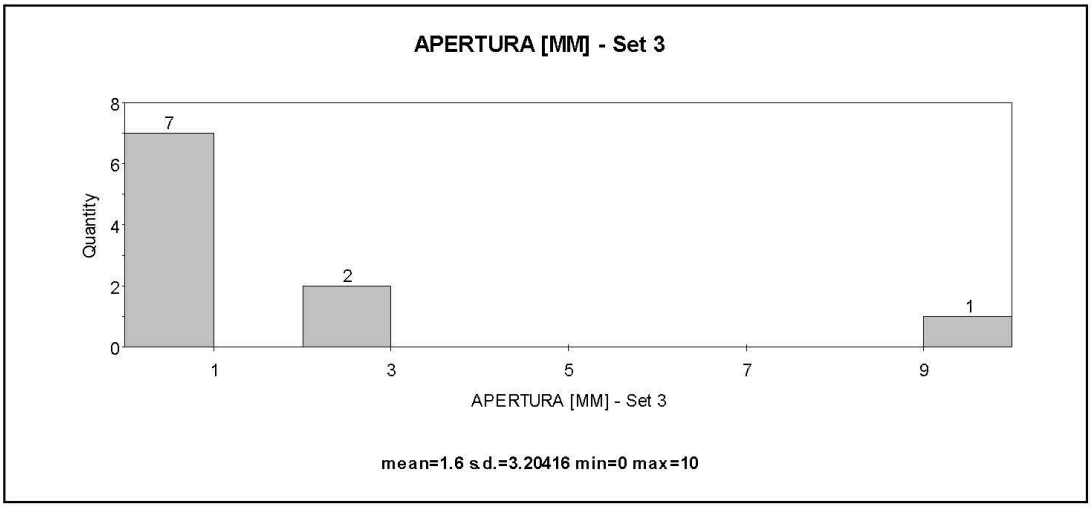


**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG7**

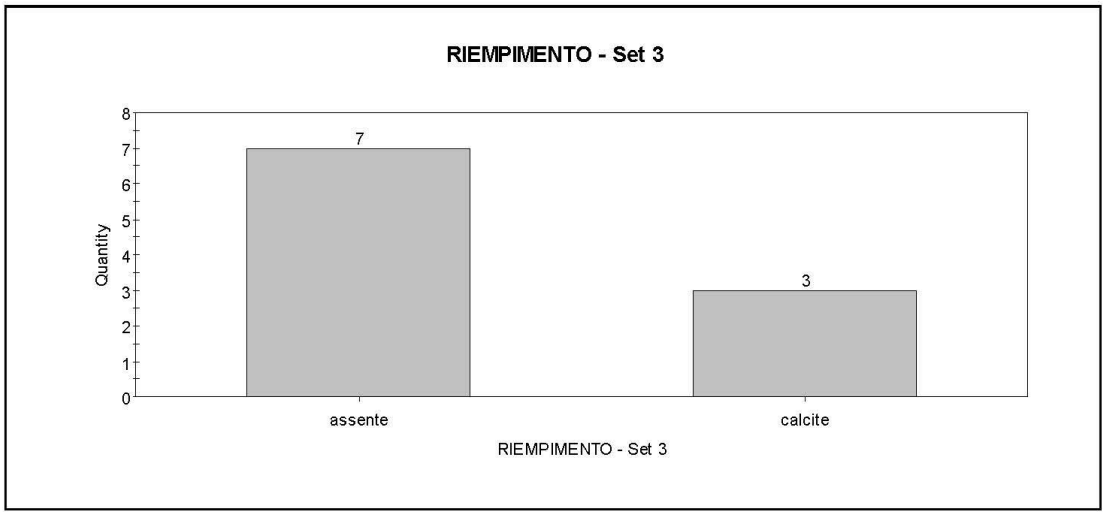


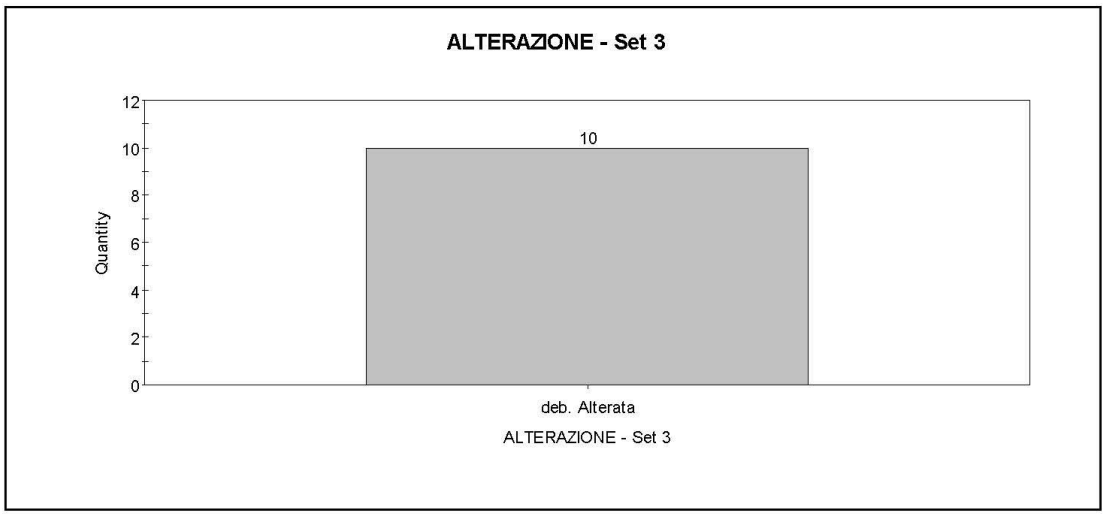



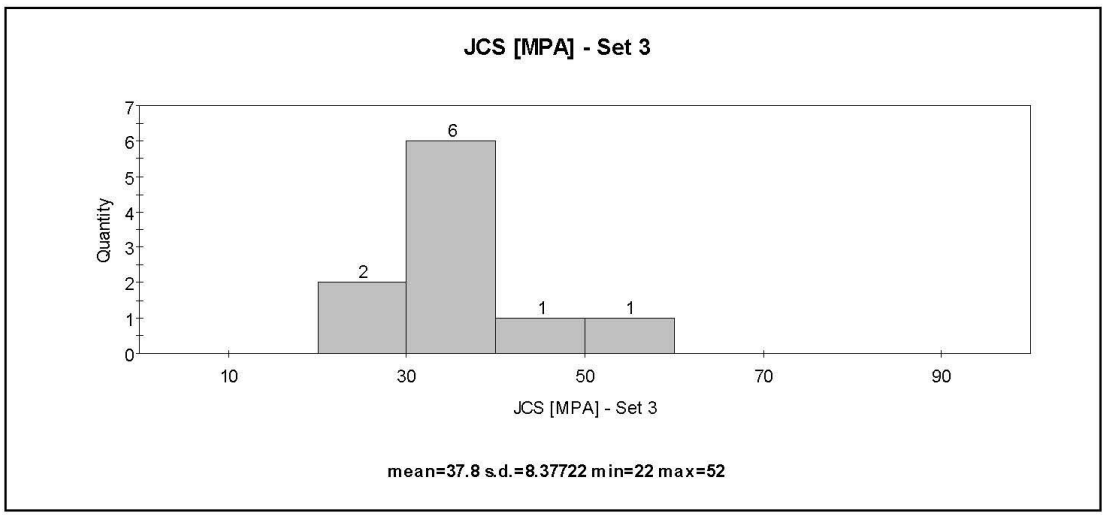




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG7**

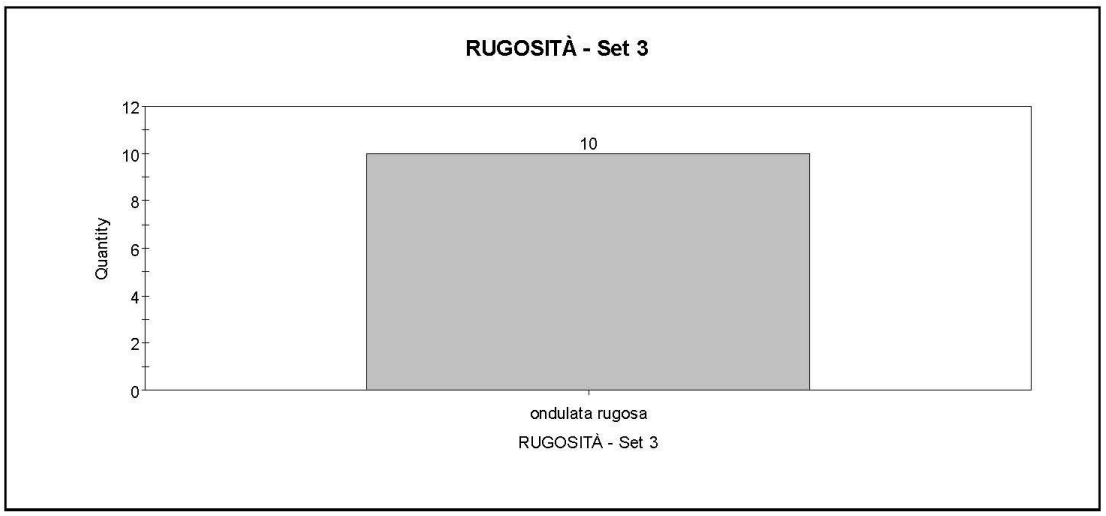


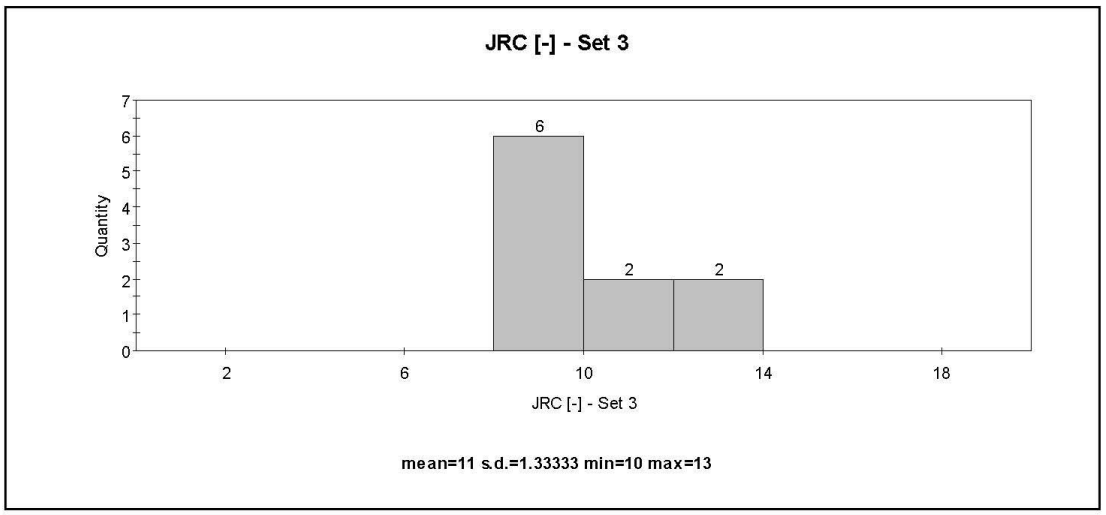




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

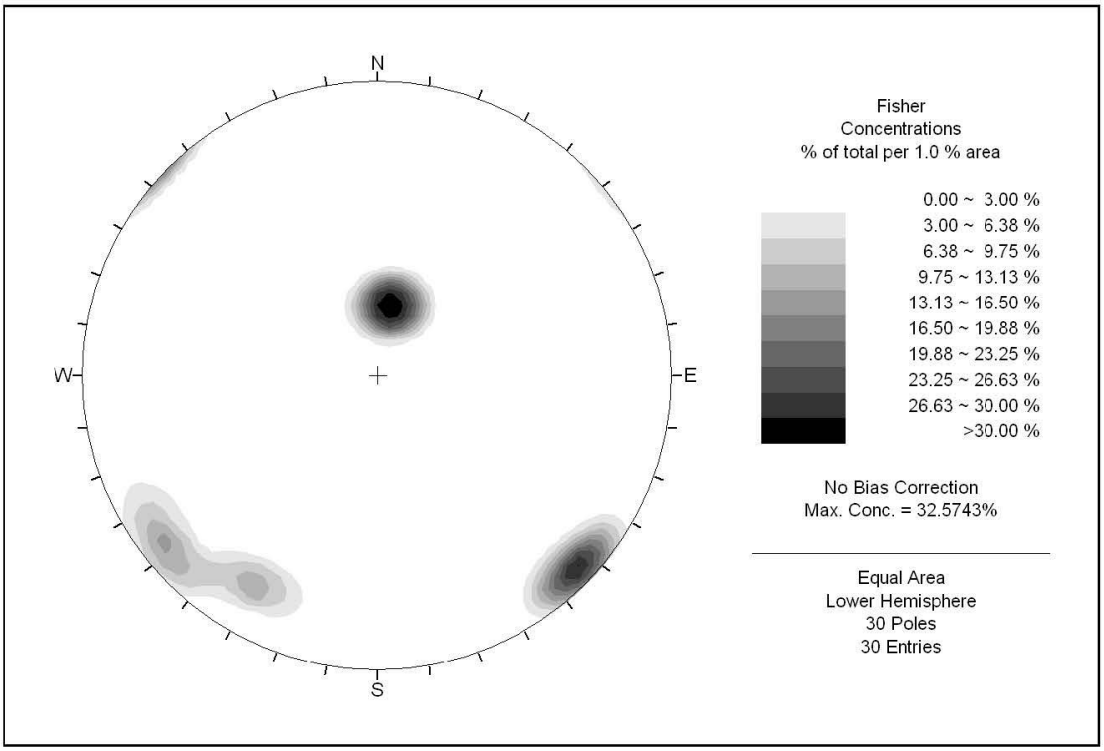
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG7**

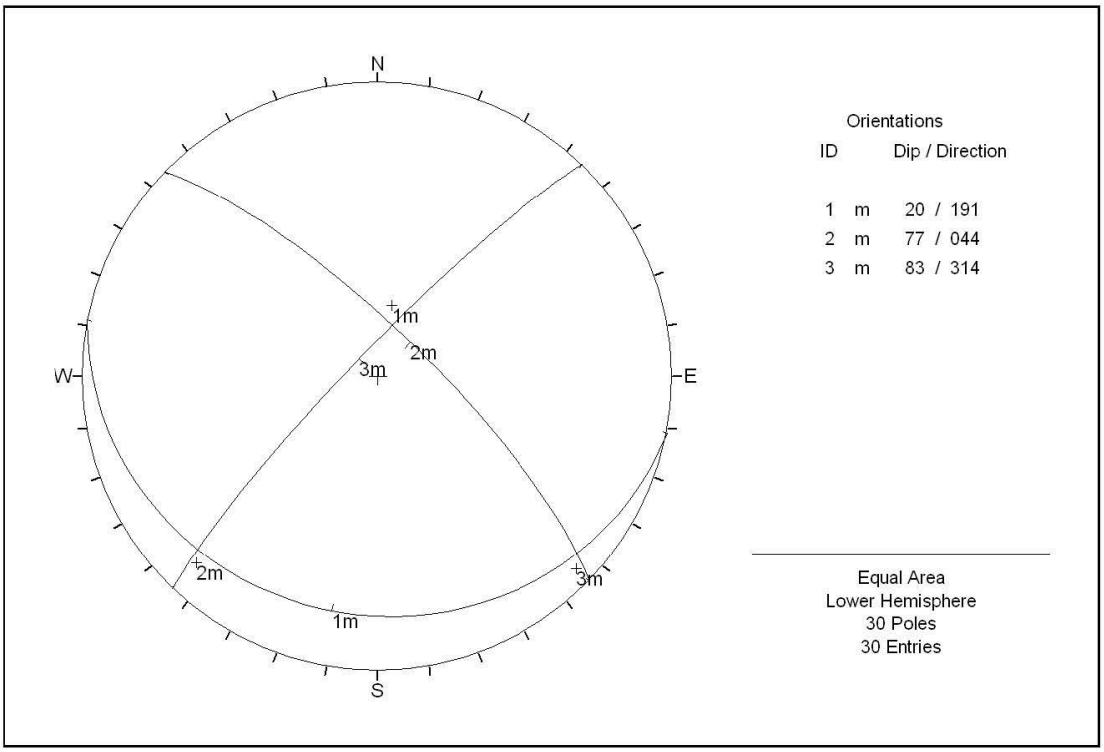



**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

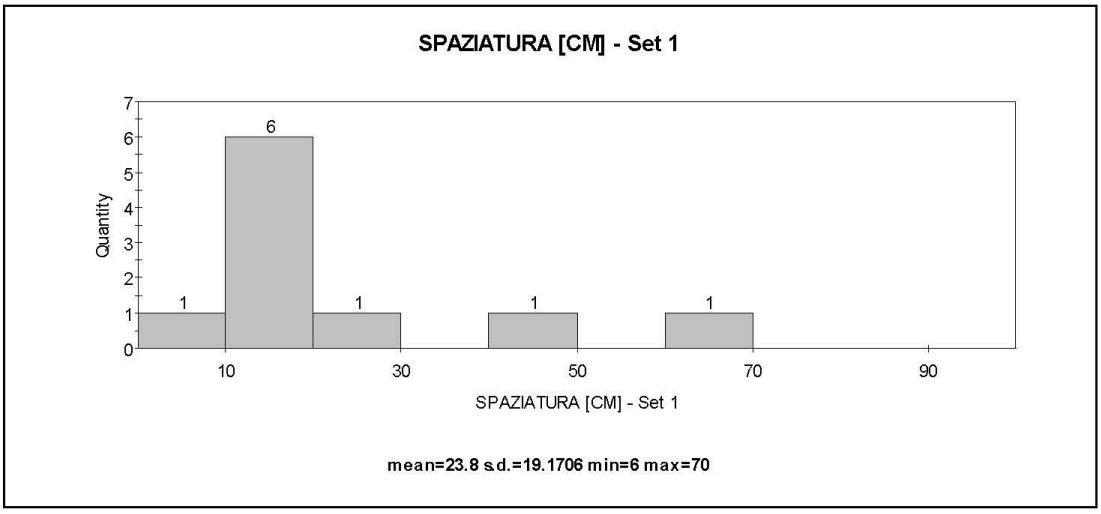
Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG8

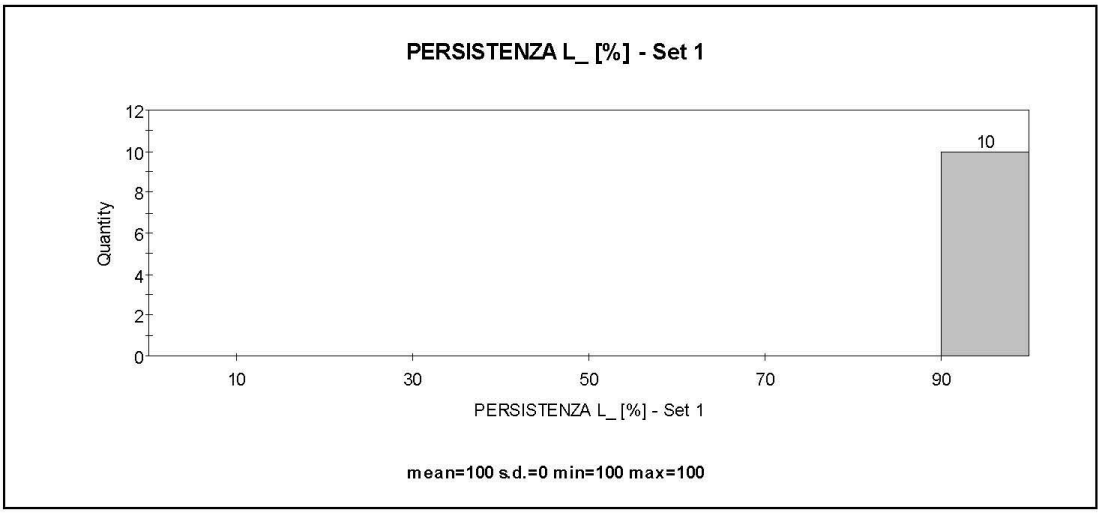


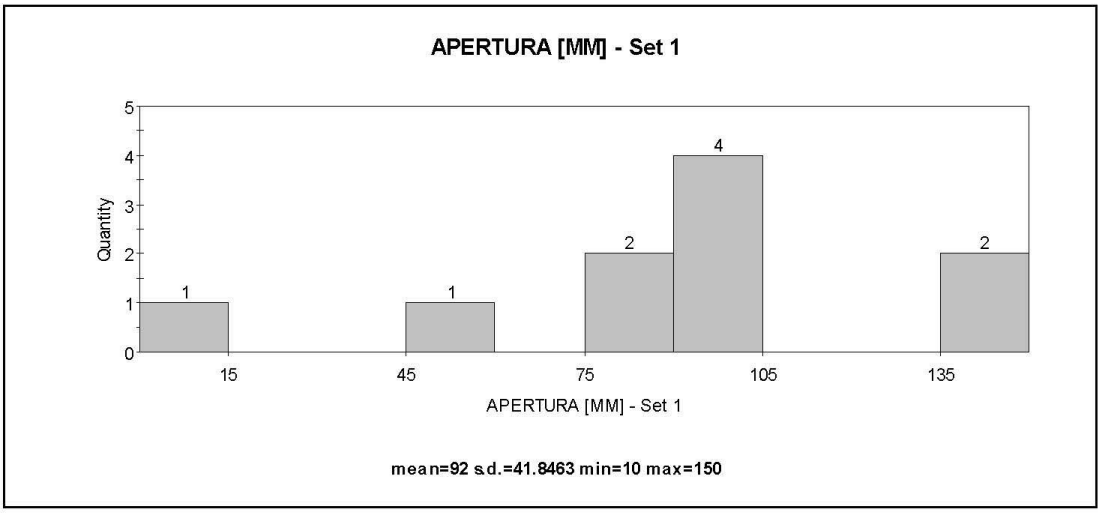




SoilData Studio Associato Aprile 2010

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG8**

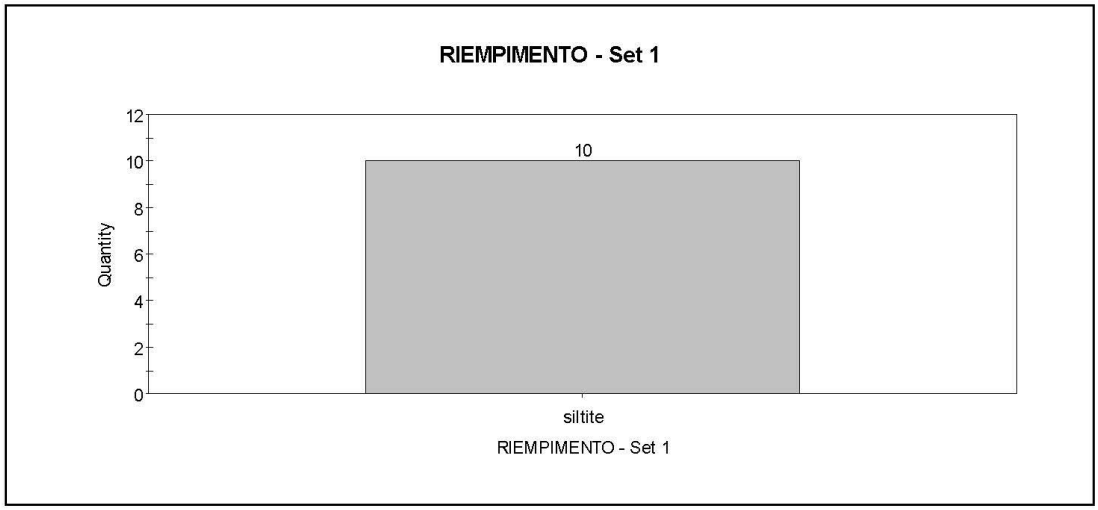


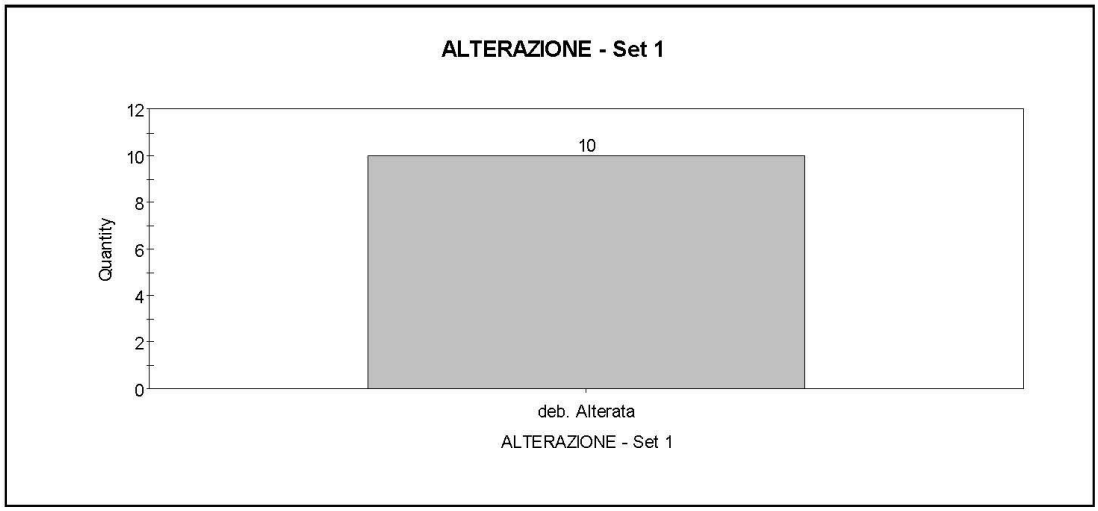



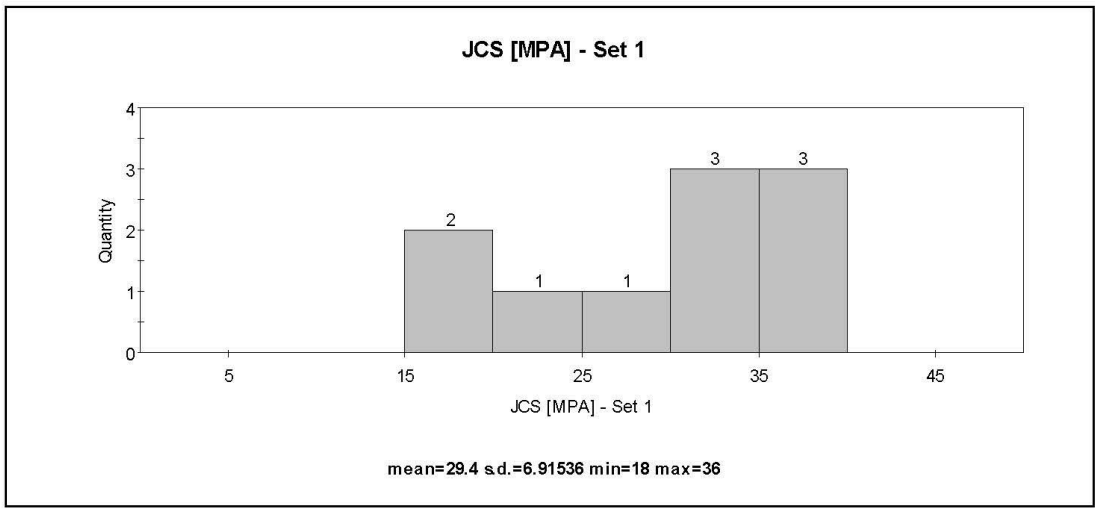




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

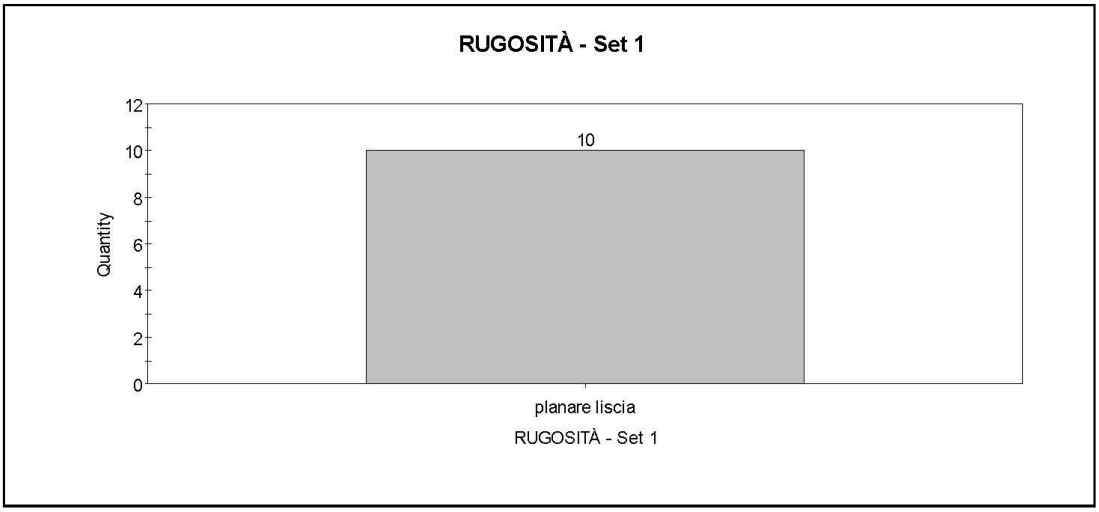
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG8**

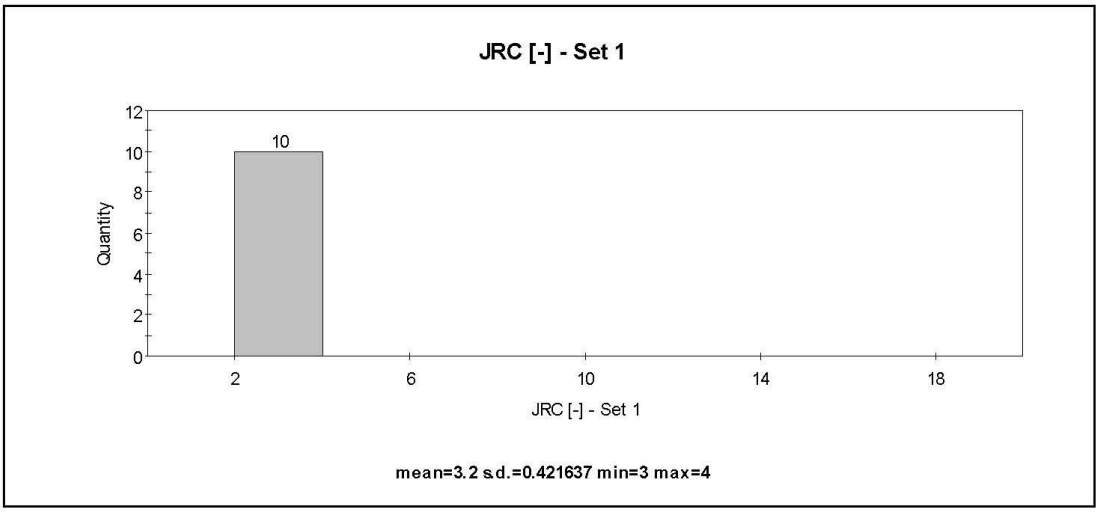


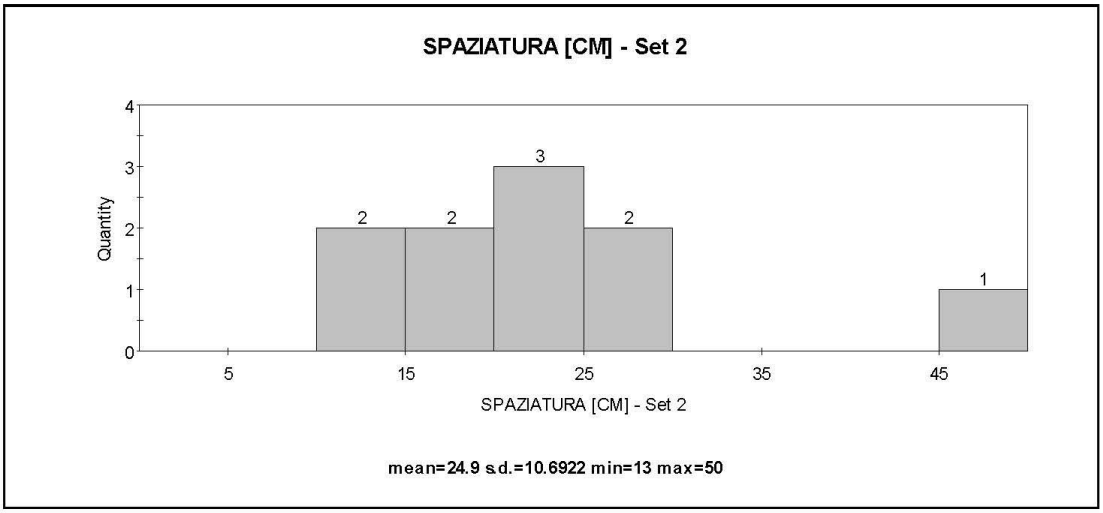



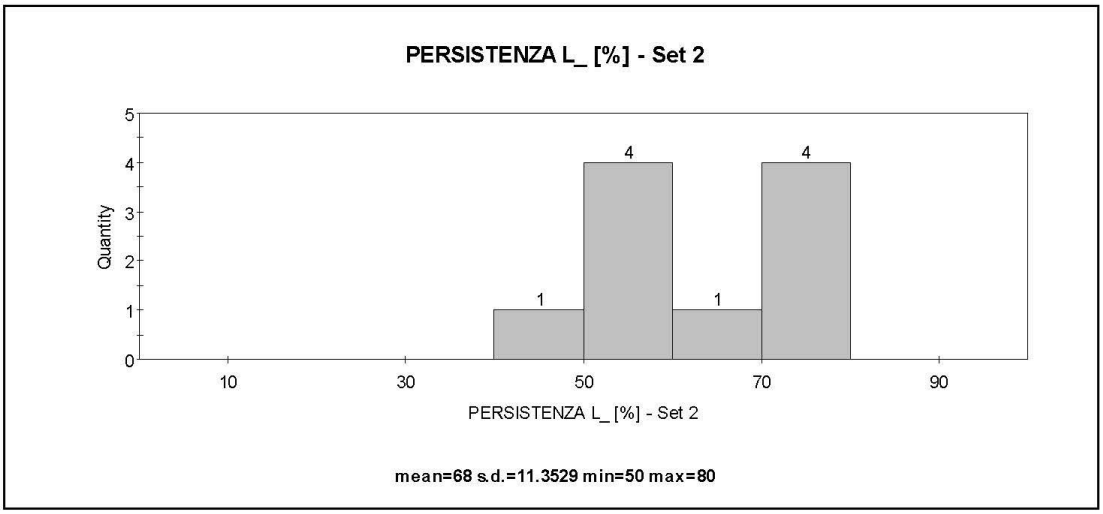

**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

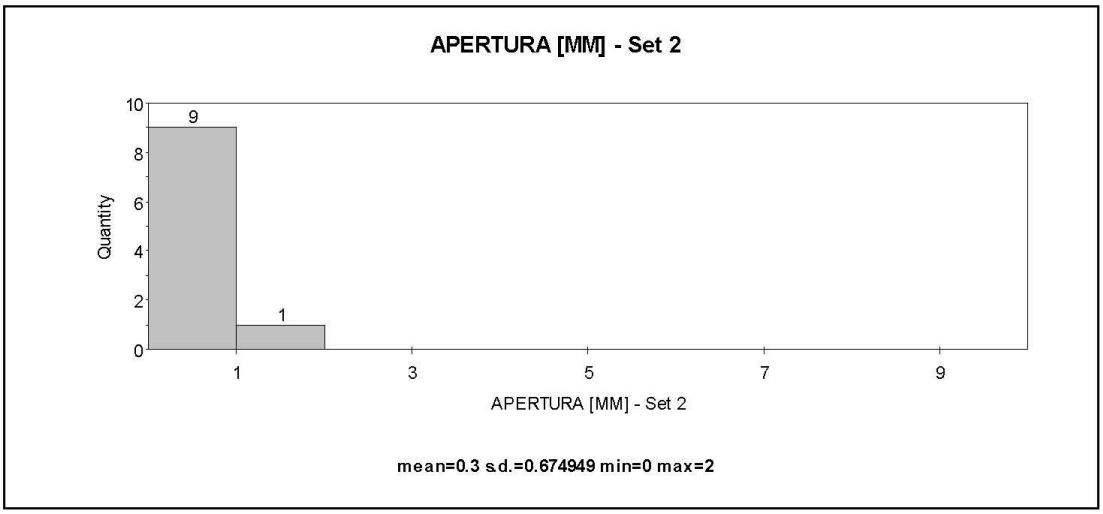

RUGOSITÀ - Set 1
12
10
8
6
4
2
0
Quantity
10
planare liscia
RUGOSITÀ - Set 1


JRC [-] - Set 1
12
10
8
6
4
2
0
Quantity
10
2
6
10
14
18
JRC [-] - Set 1
mean=3.2 s.d.=0.421637 min=3 max=4

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG8**

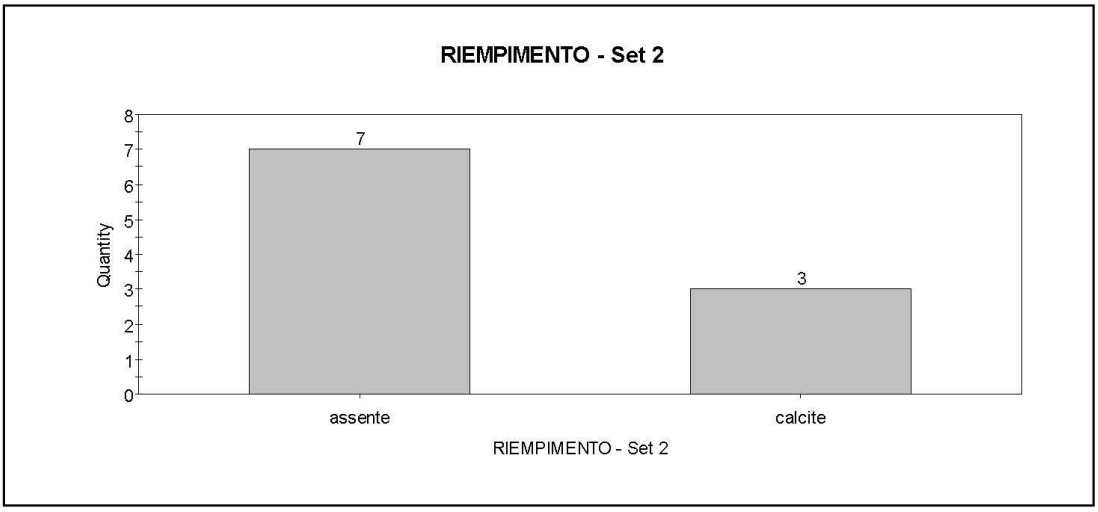


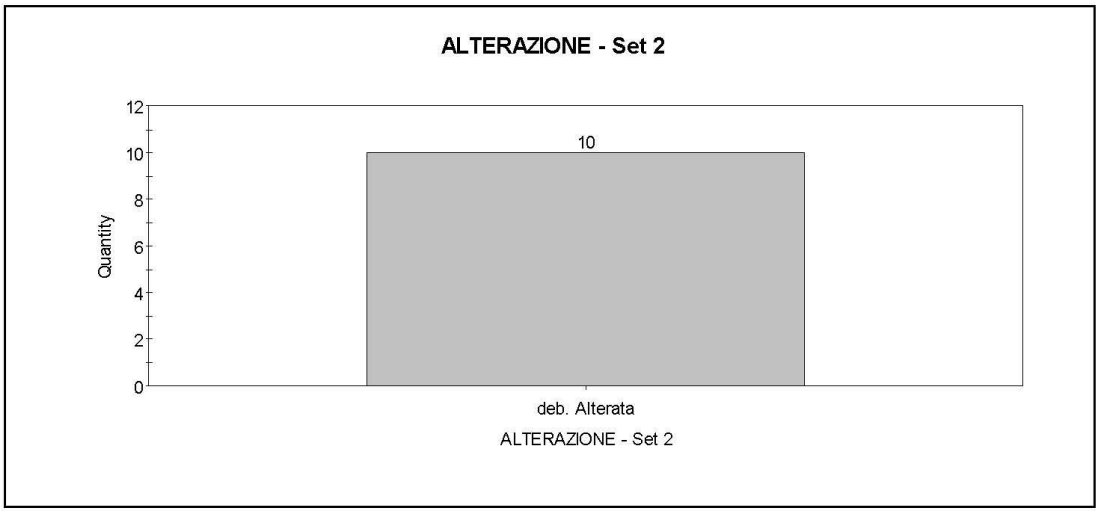



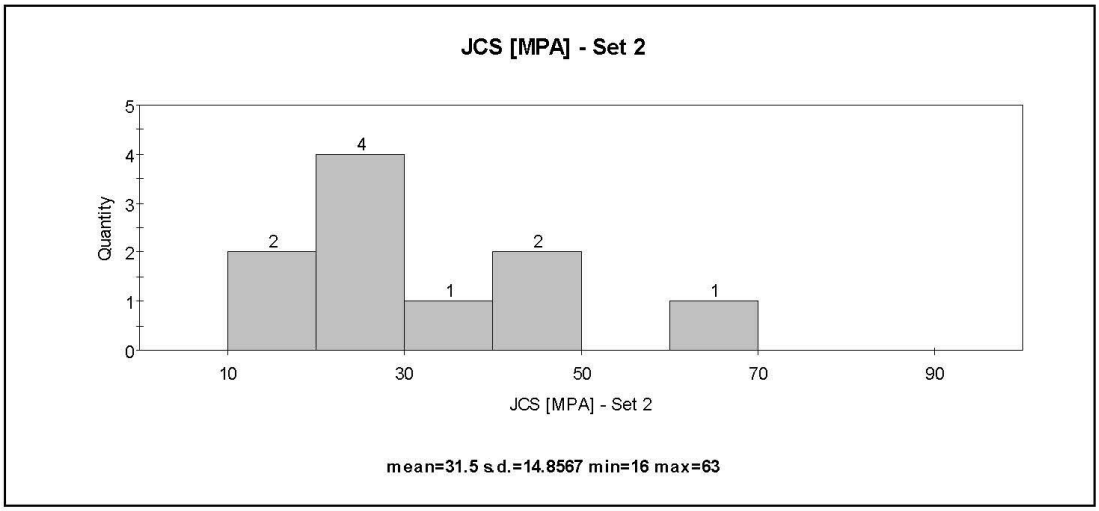




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG8**

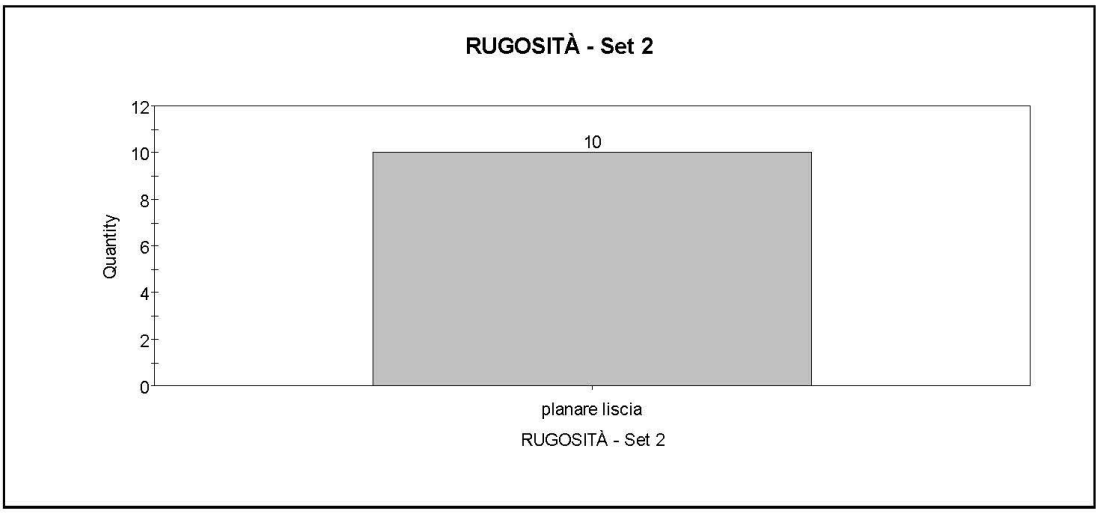


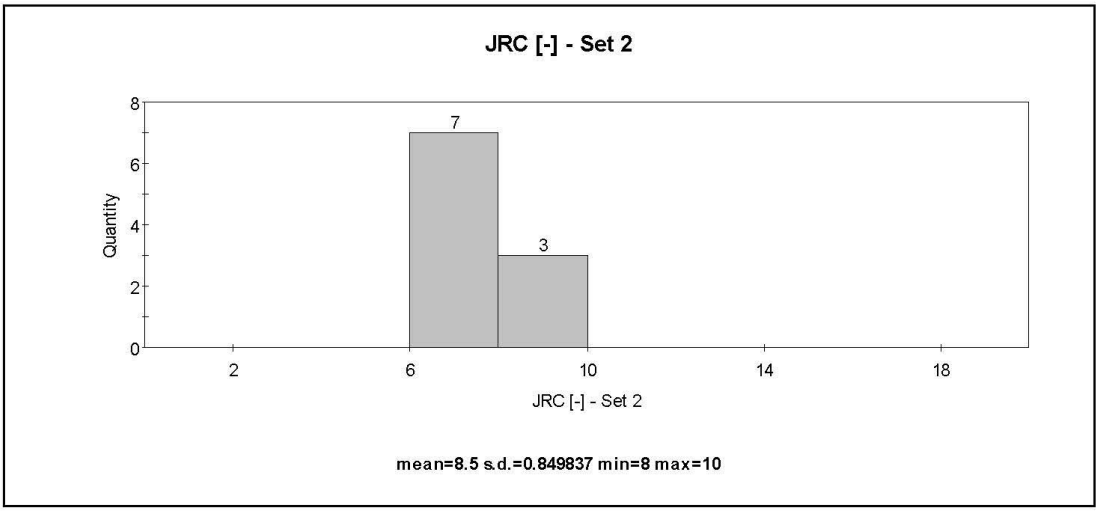




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

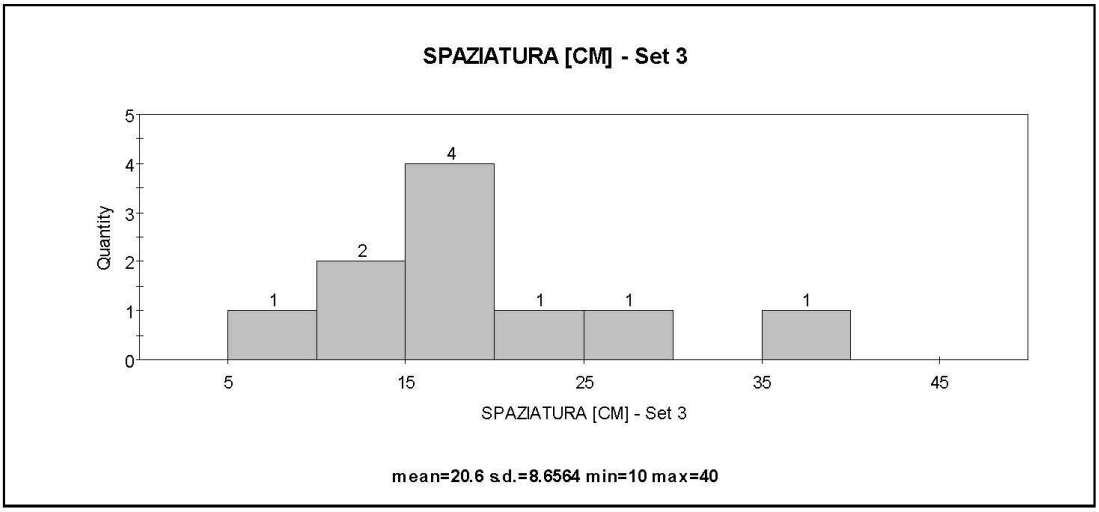
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG8**



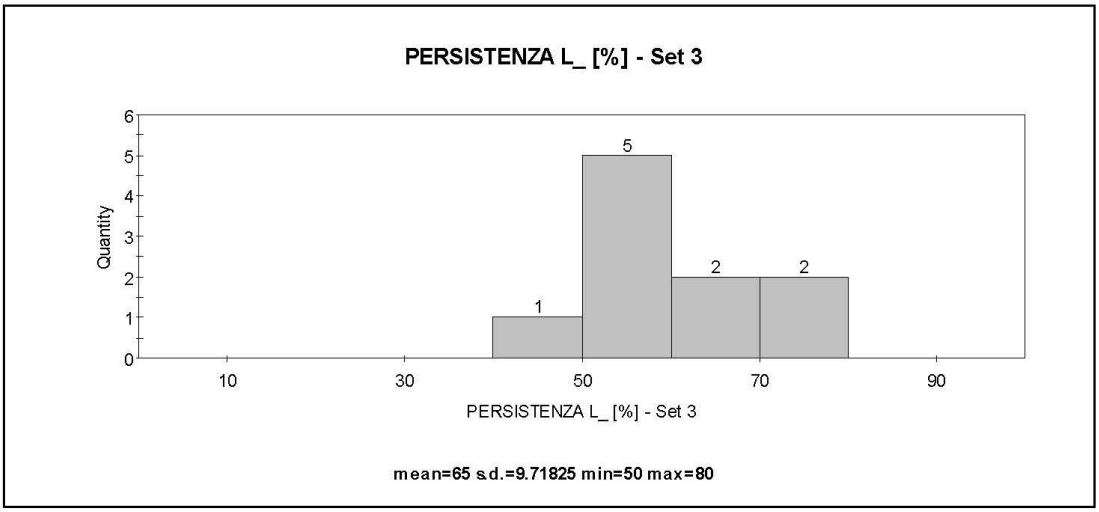




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

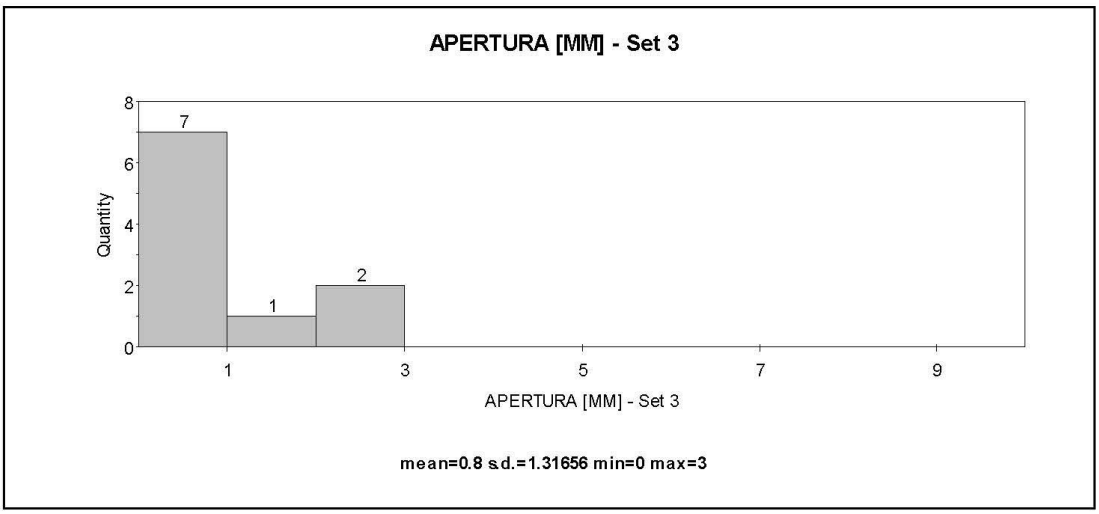
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG8**




**mean=20.6 s.d.=8.6564 min=10 max=40**



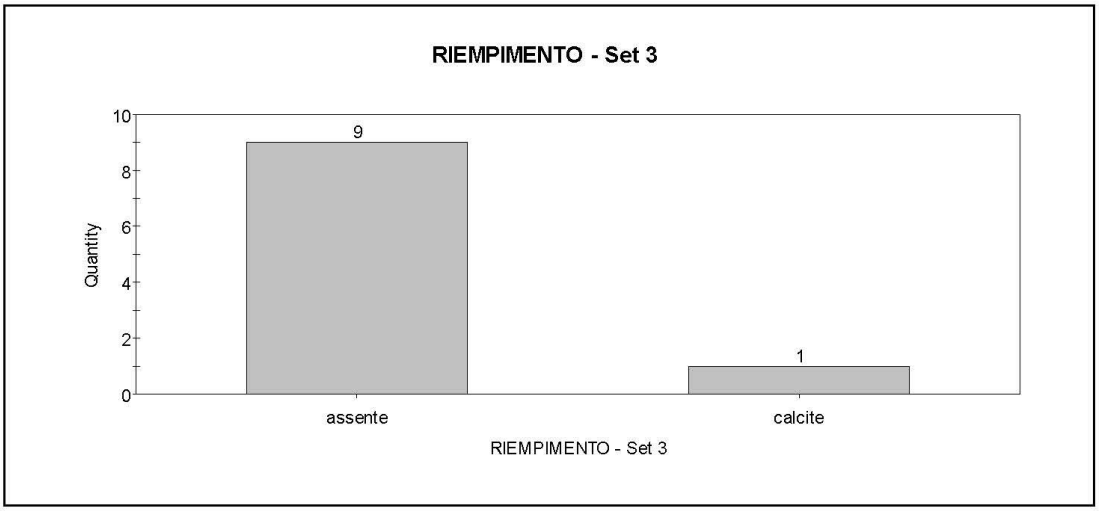

**mean=65 s.d.=9.71825 min=50 max=80**

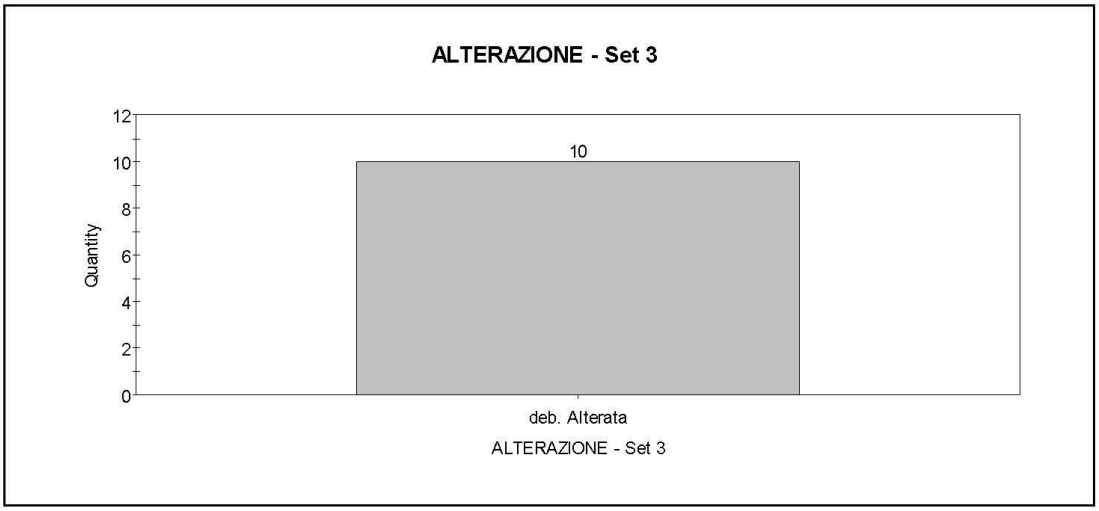


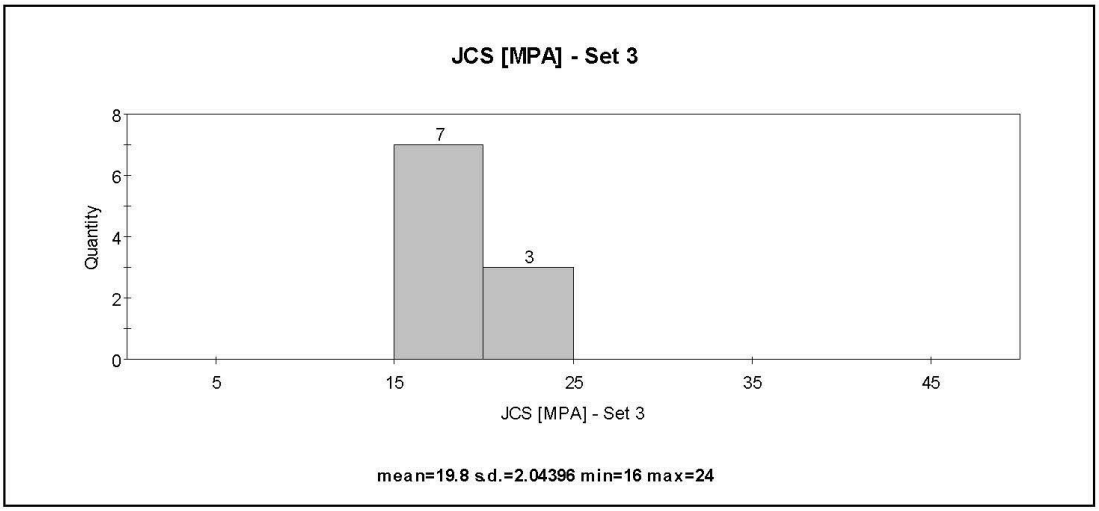

**mean=0.8 s.d.=1.31656 min=0 max=3**

**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG8**

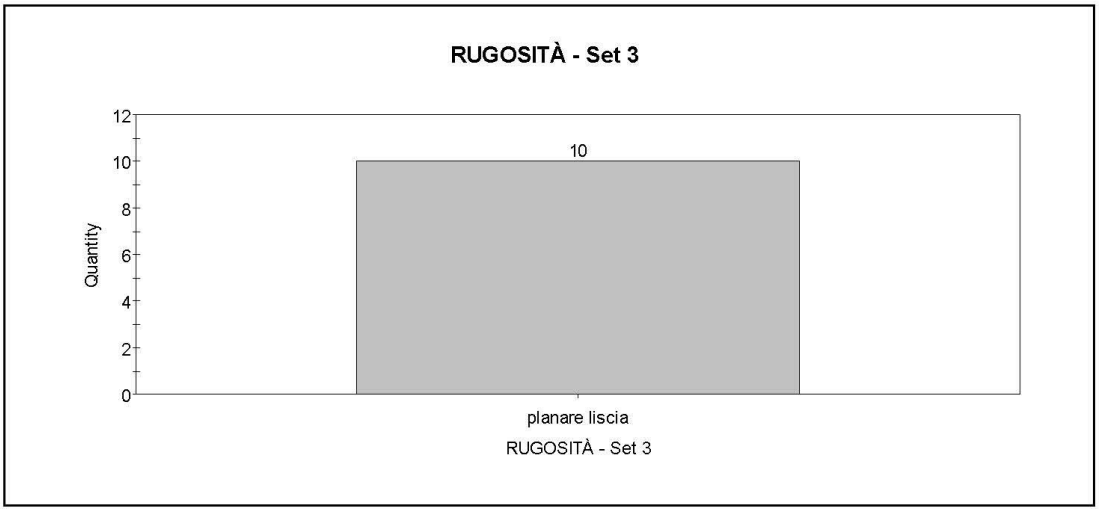


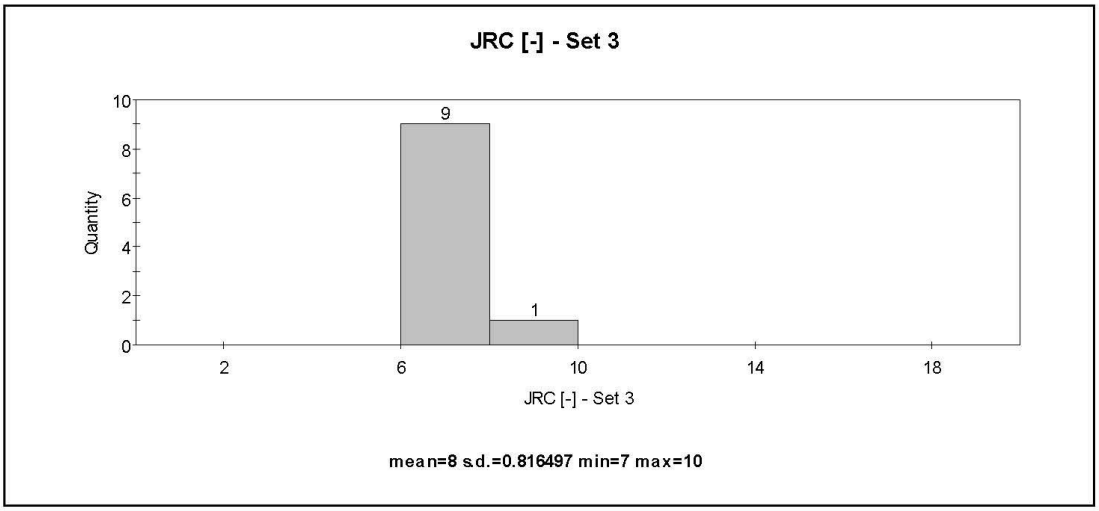



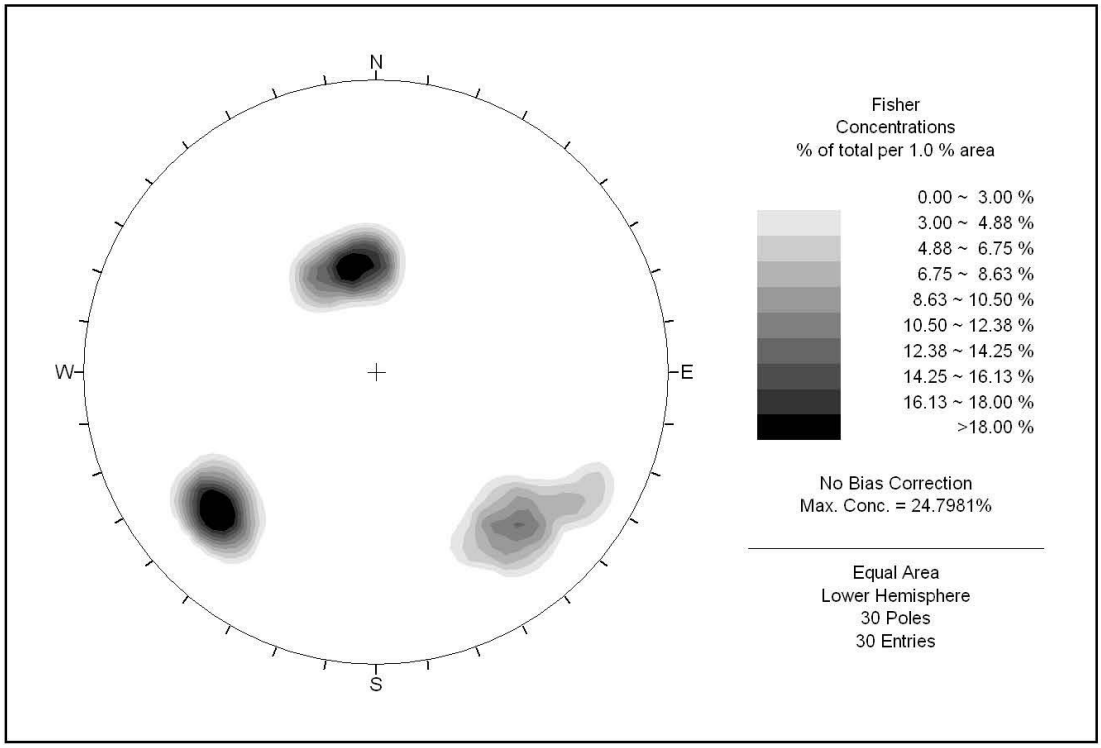

**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

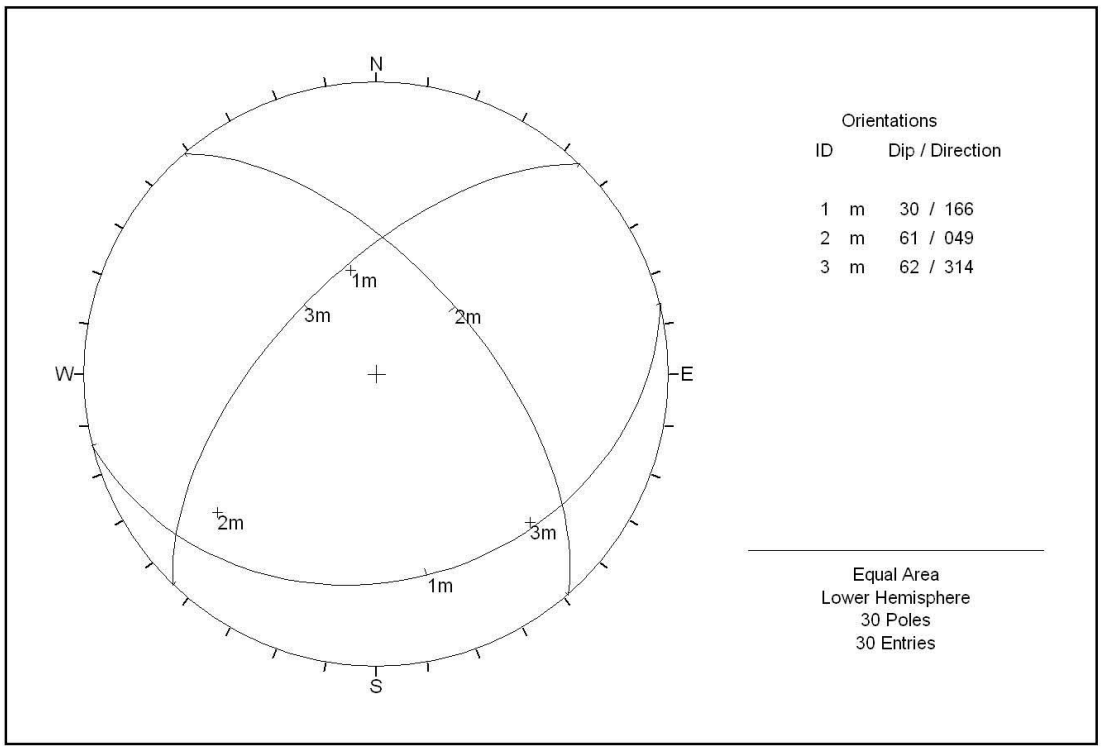
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG8**



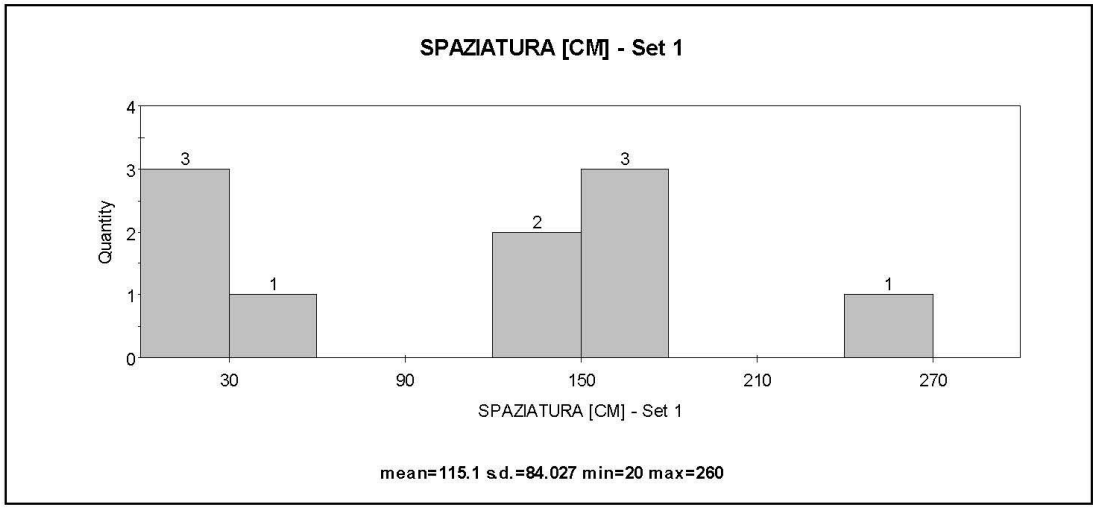
Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG9

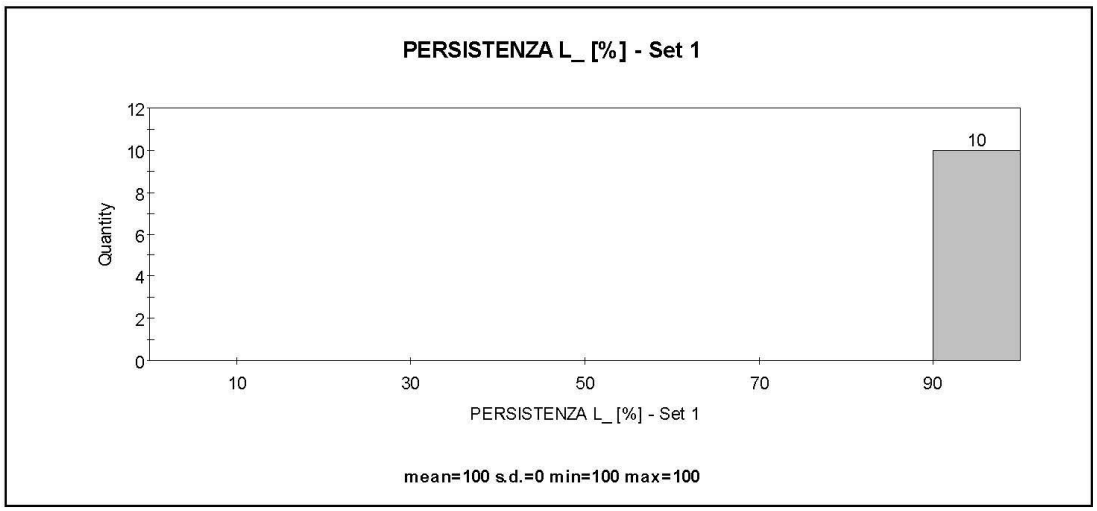


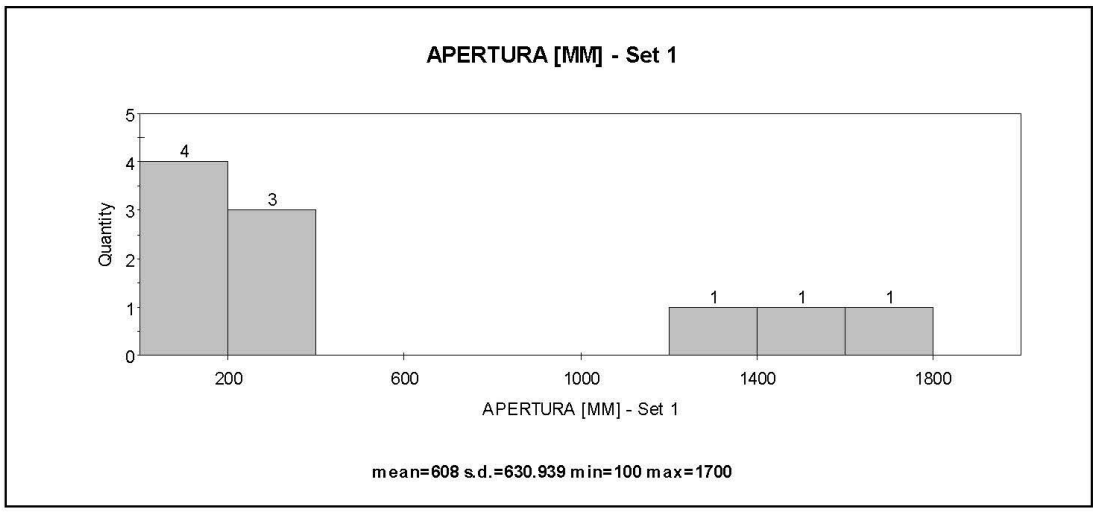




SoilData Studio Associato Aprile 2010

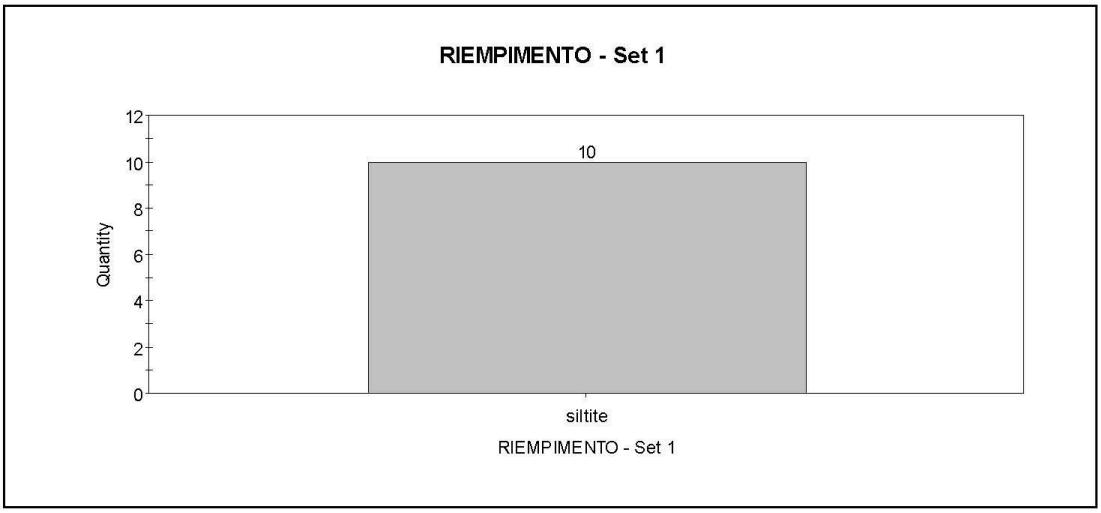
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG9**

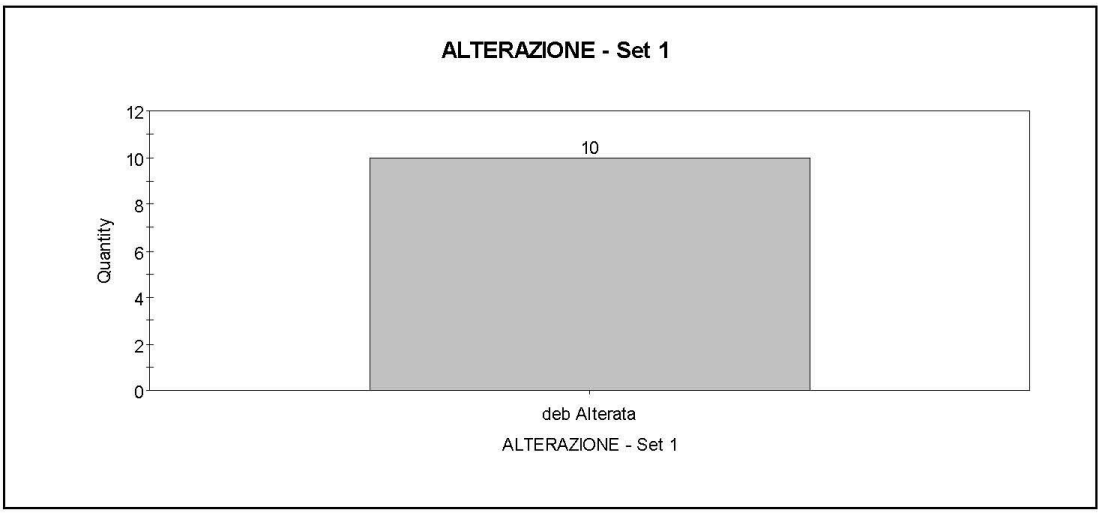


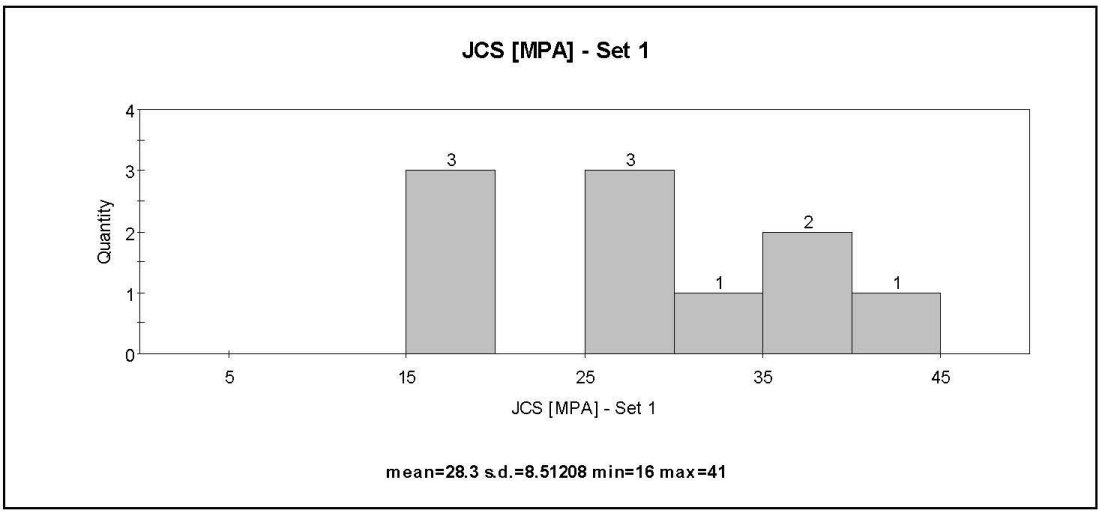




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

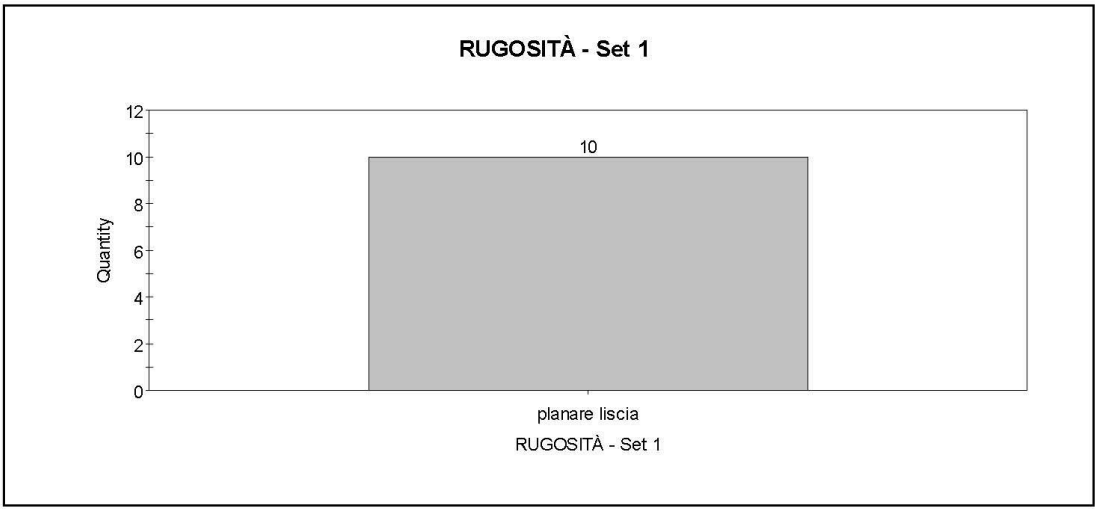


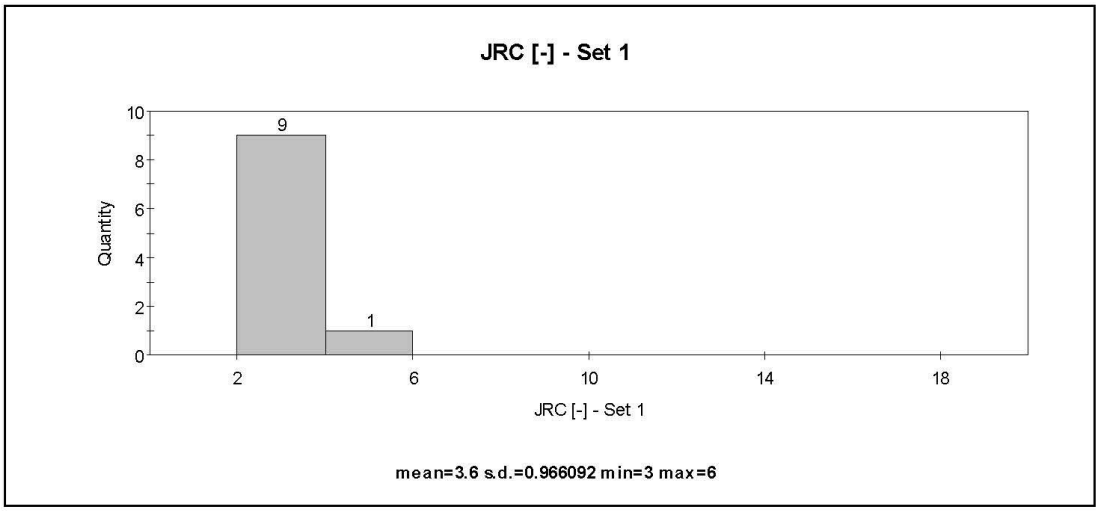




SoilData Studio Associato Aprile 2010

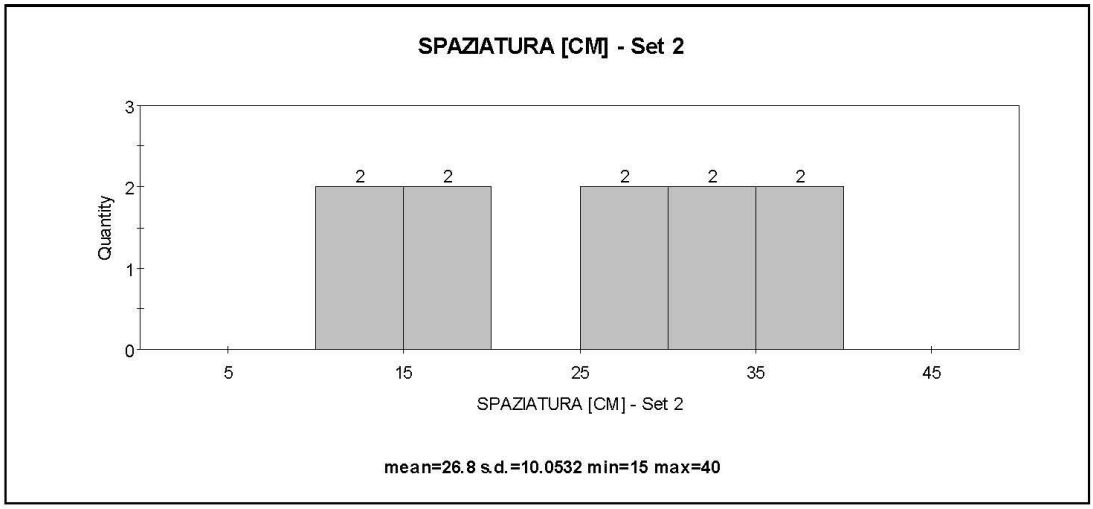
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG9**

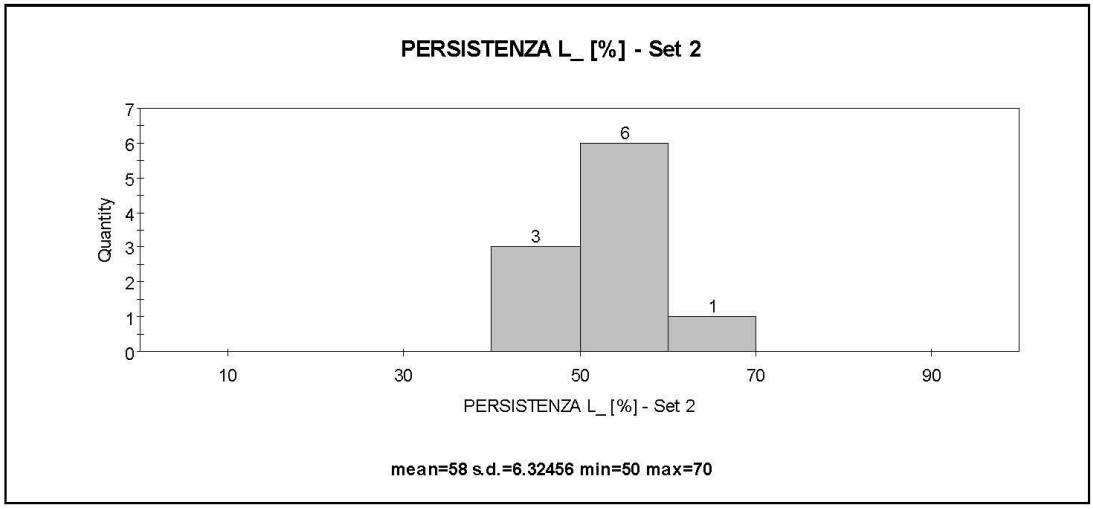


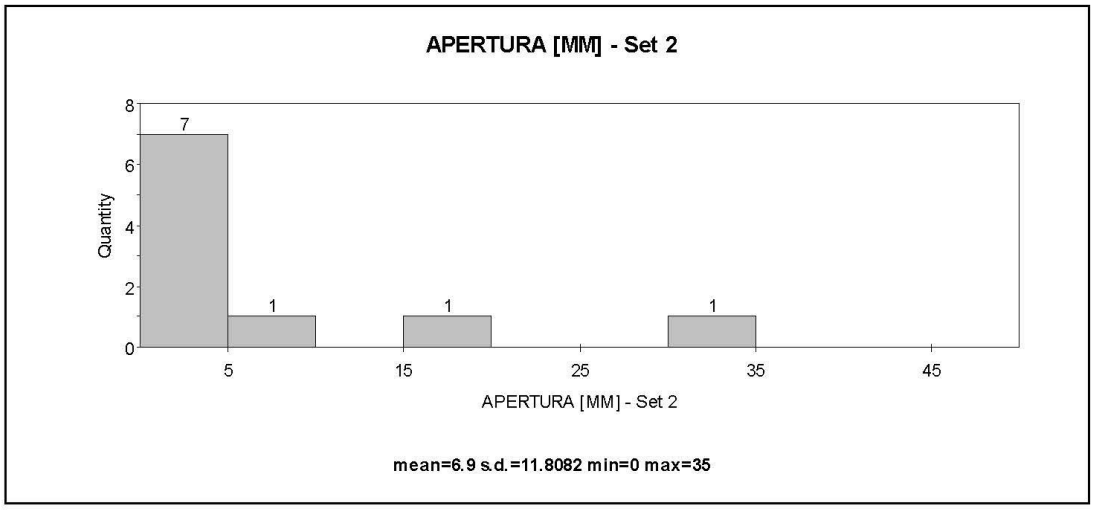




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG9**

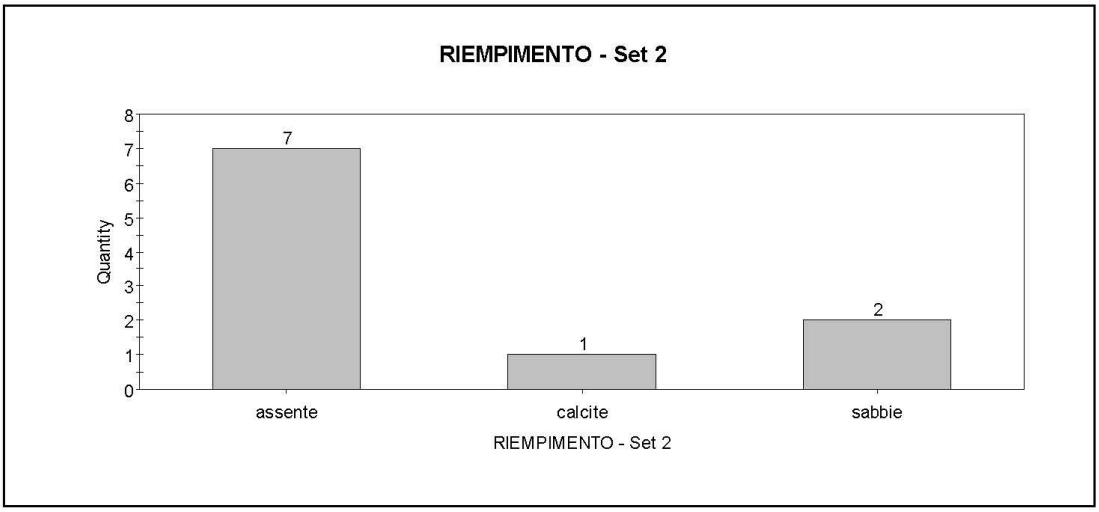


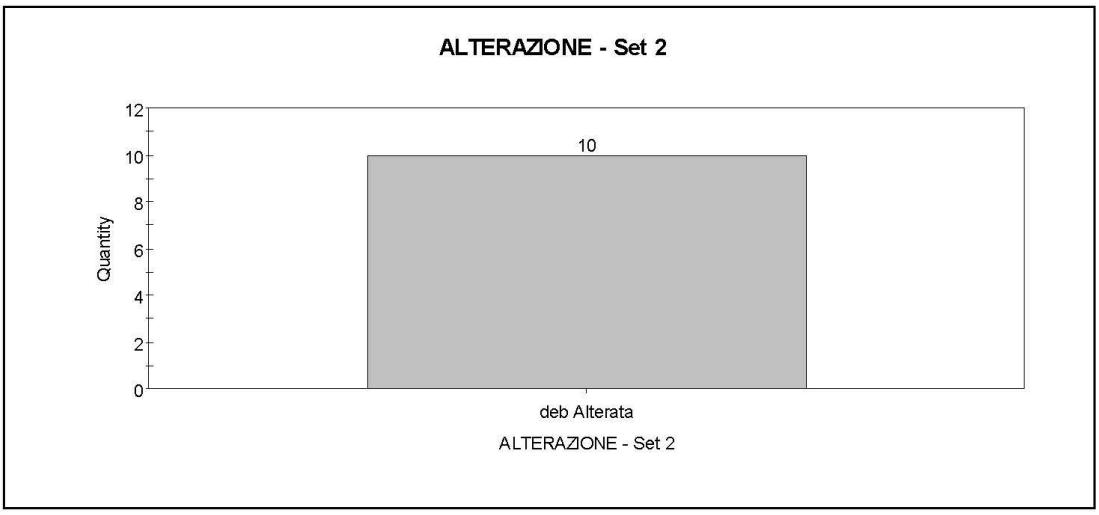



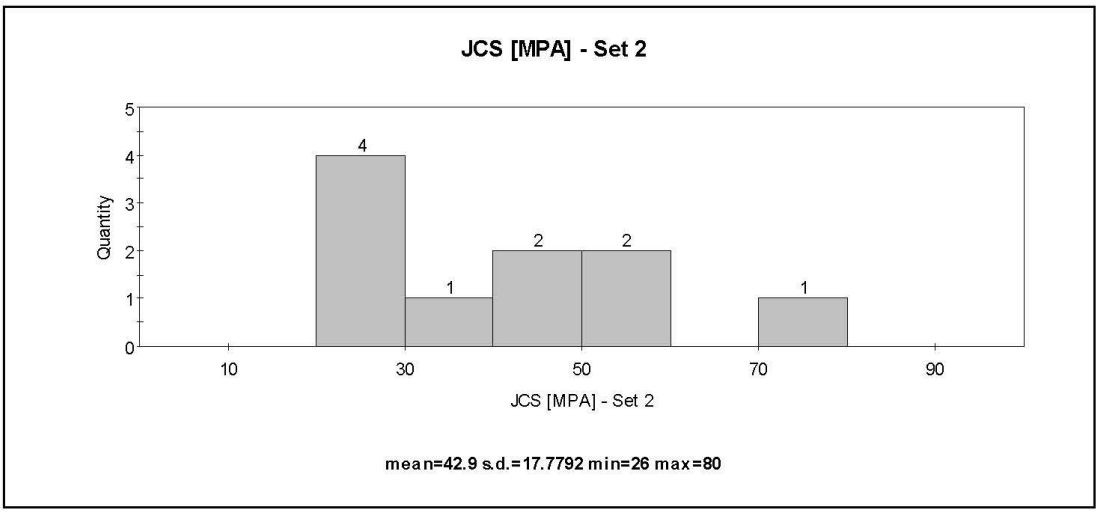




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG9**

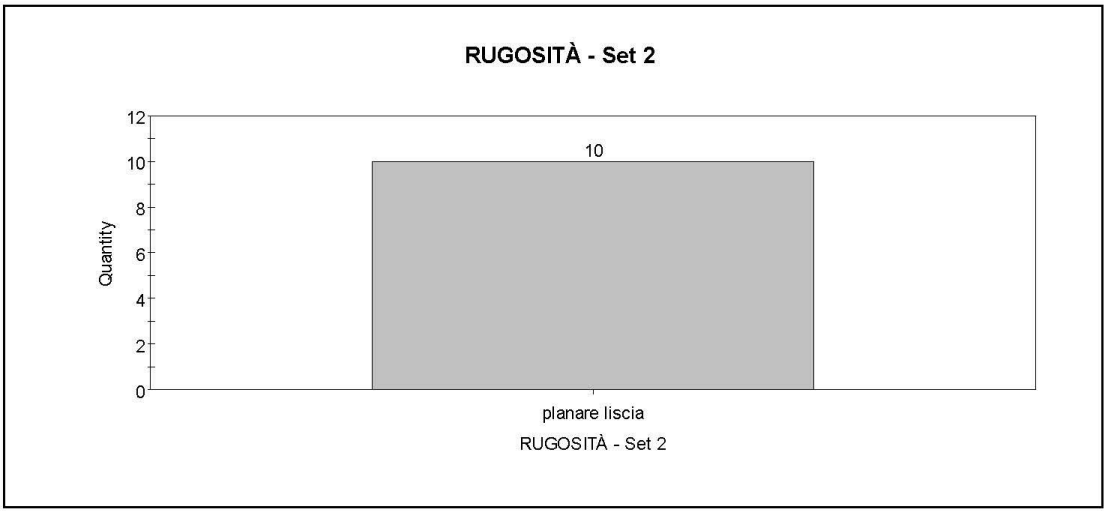


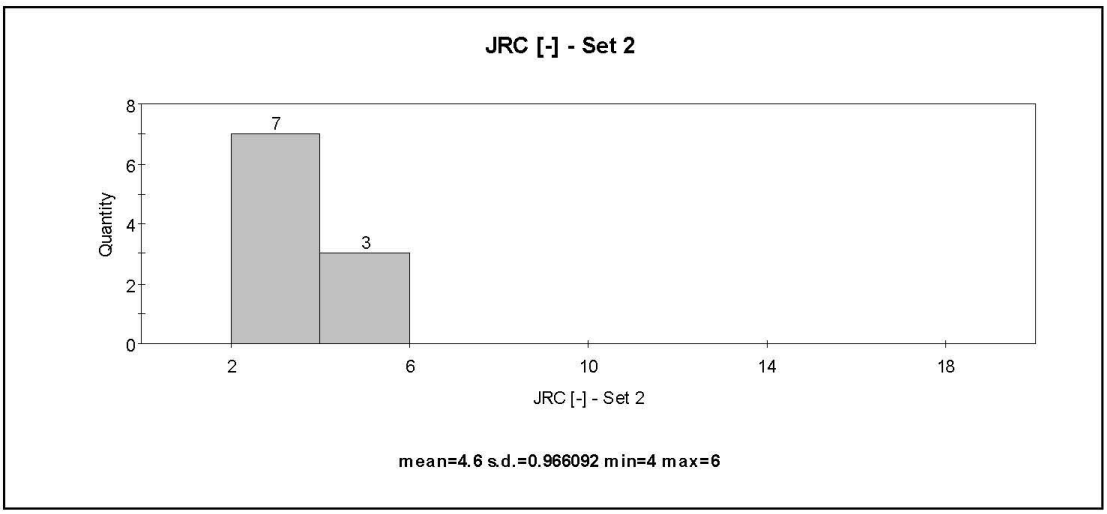



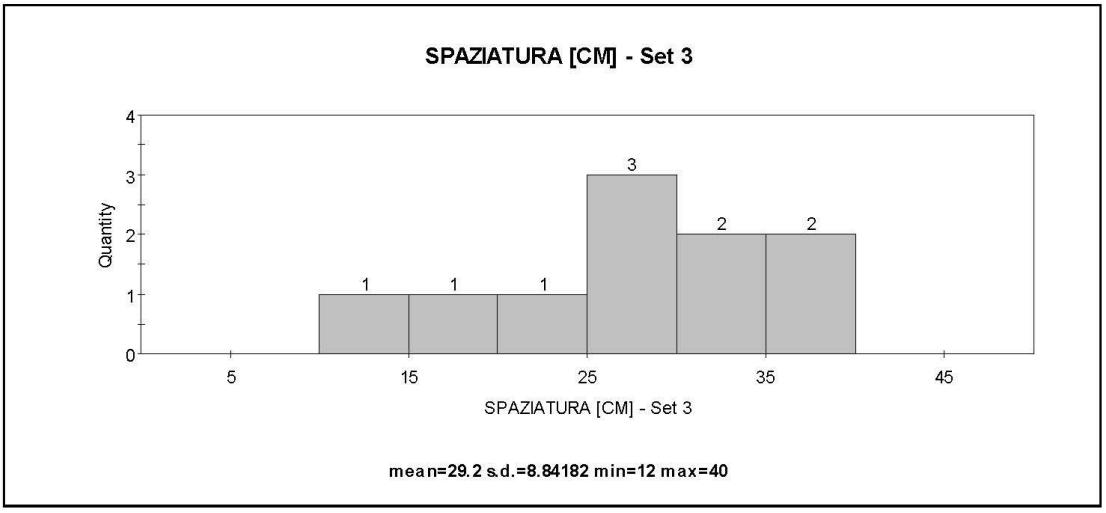

**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG9**

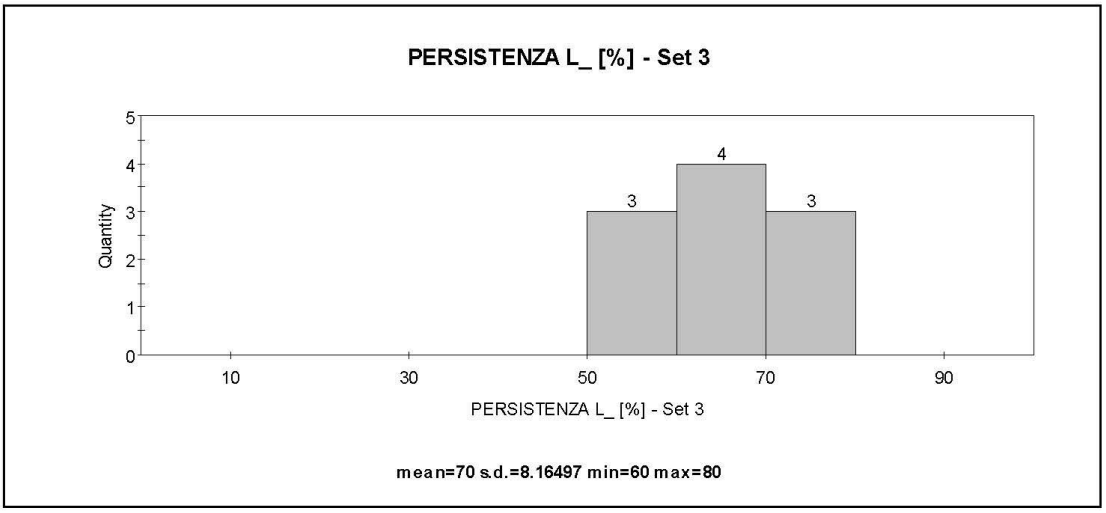


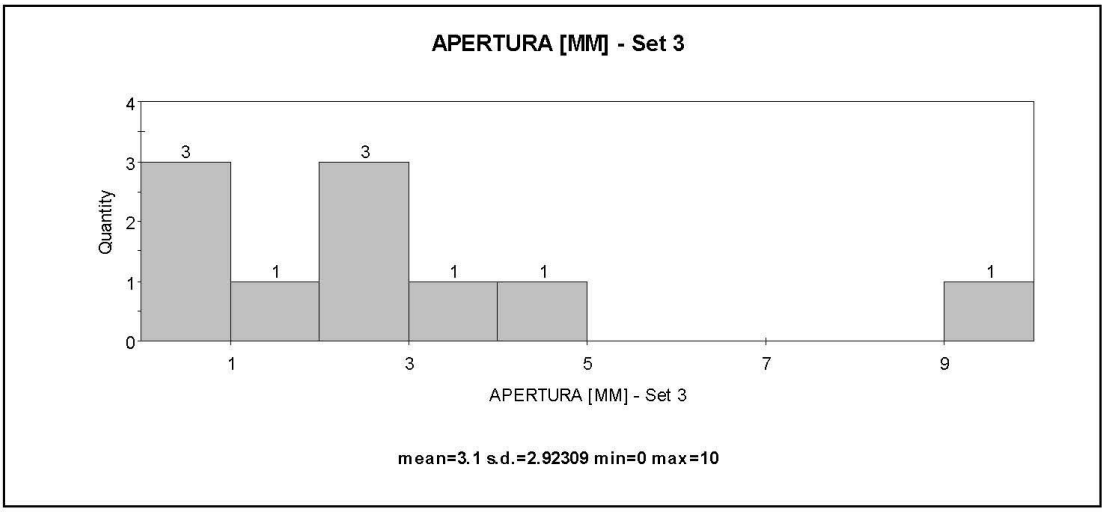
**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG9**




**mean=29.2 s.d.=8.84182 min=12 max=40**



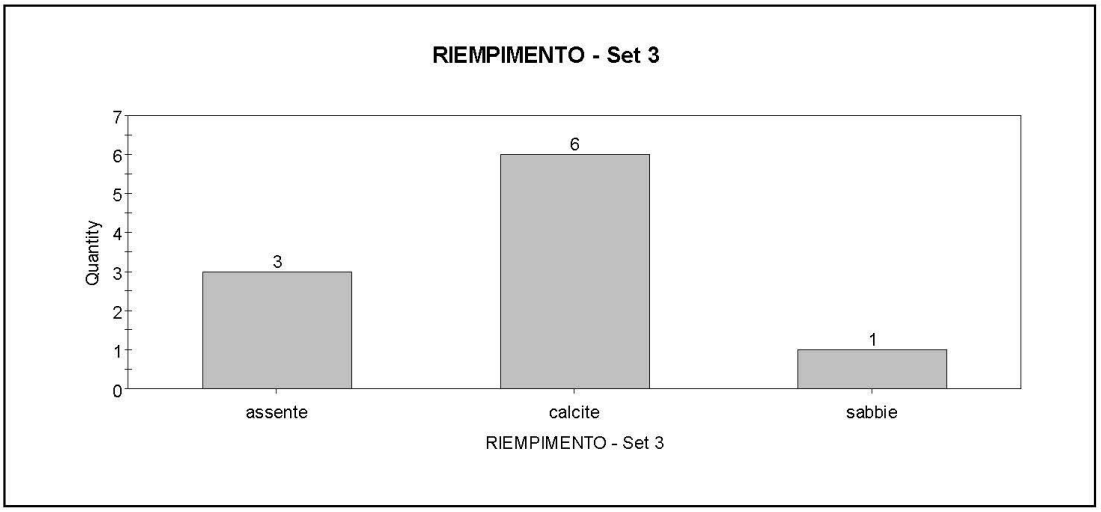

**mean=70 s.d.=8.16497 min=60 max=80**

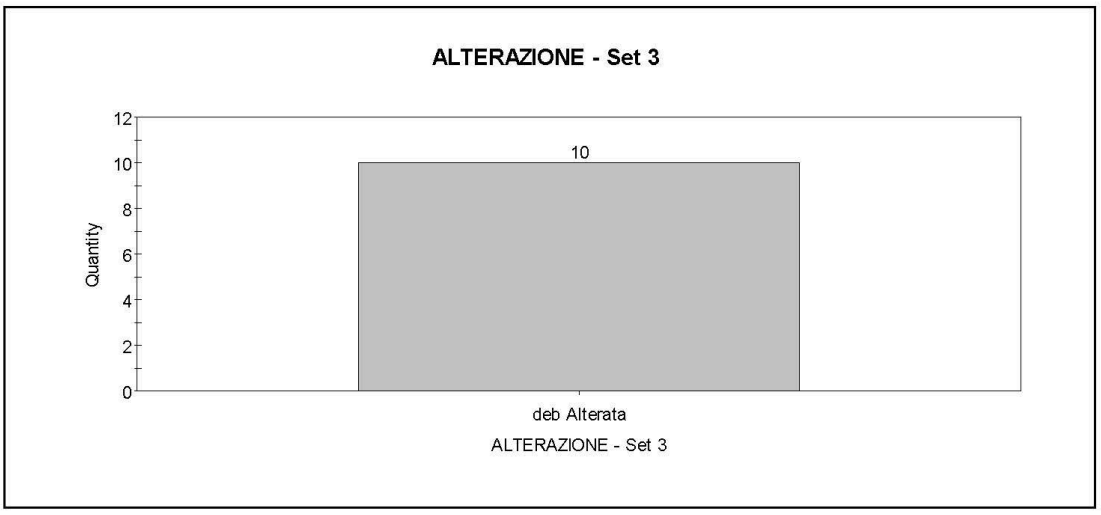


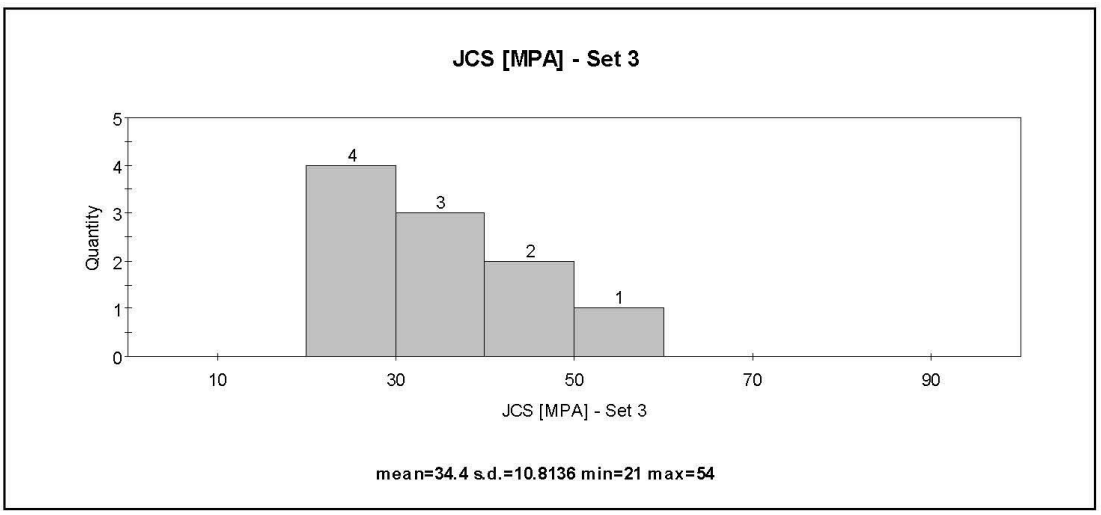

**mean=3.1 s.d.=2.92309 min=0 max=10**

**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG9**

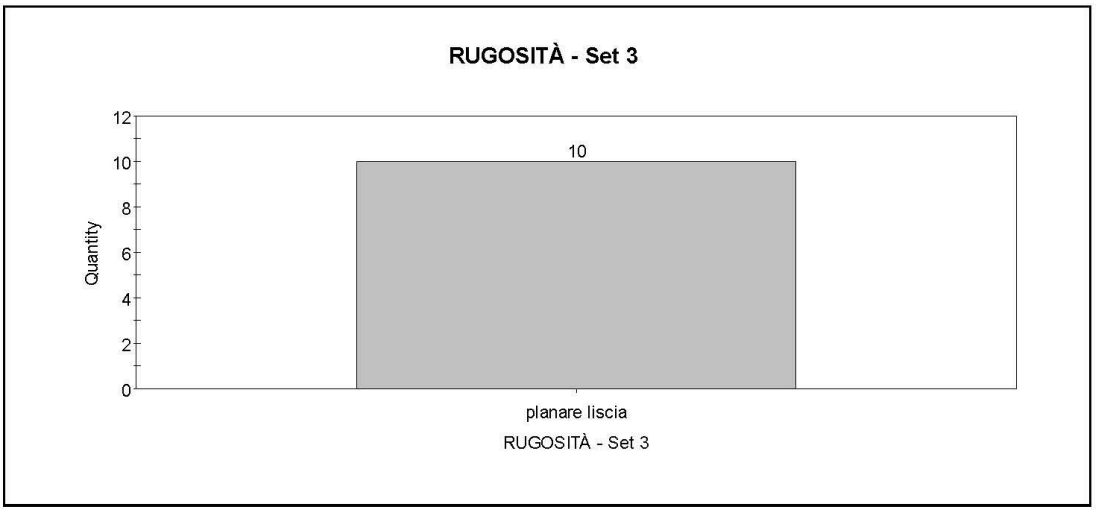


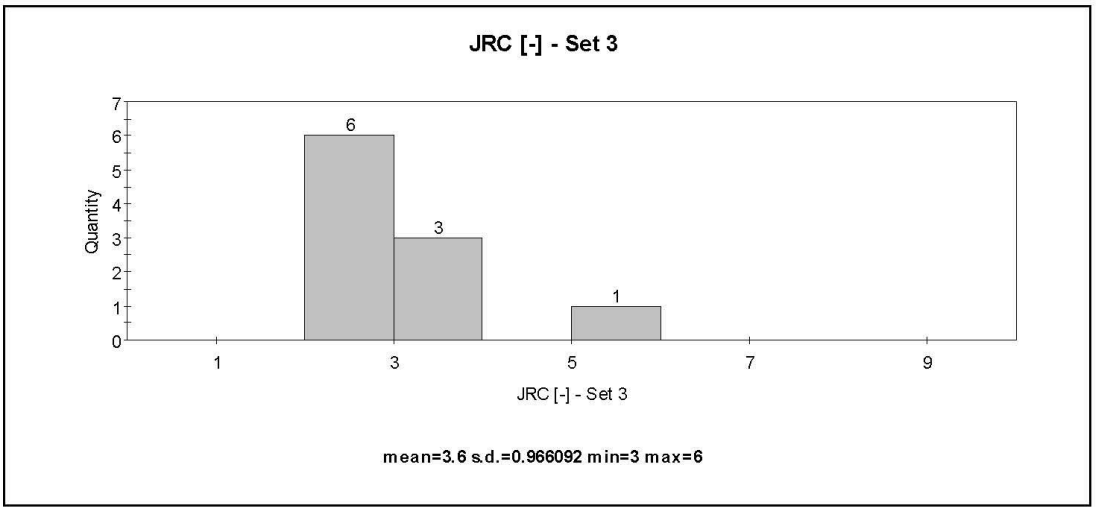




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

**Anas s.p.a - S.S. n° 1 "Aurelia" – Variante di Imperia - RG9**




**SoilData Studio Associato** **Aprile 2010**

## 9.3 Allegato 3 – Rilievi geomeccanici - Point load strength test – Risultati

***PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE A CARICO PUNTIFORME***
***POINT-LOAD STRENGTH TEST***

***(ISRM, 1985)***

| | |
|---|---|
| **Committente** | *Anas S.p.A.* |
| **Commessa** | *SS 1 "Aurelia" - Variante di Imperia* |
| **Località** | *C. Bastia* |
| **Data** | *20/04/2010* |
| **Area di prelievo** | *RG1* |
| **Campione** | *C1* |
| **Litologia** | *marne siltose* |

***Test perpendicolari***

| Tipo di test | | D | W | P | $I_{s(50)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| diametrale | assiale o irregolare | [mm] | [mm] | [kN] | [MPa] |
| | x | 55 | 90 | 7,27 | 1,42 |
| | x | 41 | 105 | 5,78 | 1,26 |
| | x | 40 | 76 | 6,50 | 1,85 |
| | x | 45 | 95 | 5,67 | 1,24 |
| | x | 42 | 104 | 5,21 | 1,12 |
| | x | 64 | 96 | 6,19 | 1,02 |
| | x | 40 | 70 | 3,79 | 1,15 |
| | x | 58 | 64 | 6,20 | 1,51 |
| | x | 47 | 83 | 6,32 | 1,48 |
| | x | 51 | 89 | 3,60 | 0,75 |
| | x | 48 | 74 | 5,74 | 1,45 |

***Test paralleli***

| Tipo di test | | D | W | P | $I_{s(50)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| diametrale | assiale o irregolare | [mm] | [mm] | [kN] | [MPa] |
| | | | | | |

***Risultati della prova - Valori medi***

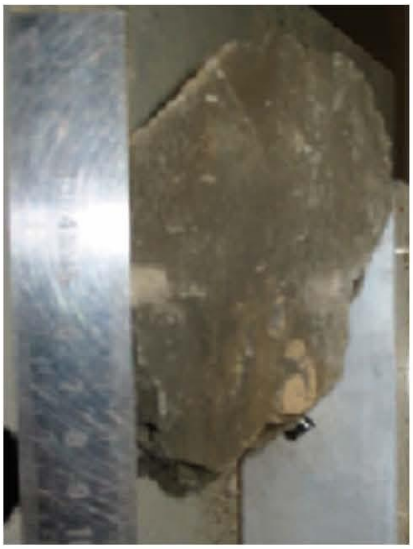
| Test perpendicolari | | | Test paralleli | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $I_{s(50)}$ | [MPa] | 1,30 | $I_{s(50)}$ | [MPa] | - |
| $C_o$ | [MPa] | 31,13 | $C_o$ | [MPa] | - |

| | | |
|---|---|---|
| ***Indice di anisotropia*** | ***Ia*** [-] | - |

***Valutazione statistica sui valori di $I_{s(50)}$***

| Test perpendicolari | | |
|---|---|---|
| Deviazione standard | [MPa] | **0,29** |
| Coefficiente di variazione | [%] | **23** |

| Test paralleli | | |
|---|---|---|
| Deviazione standard | [MPa] | - |
| Coefficiente di variazione | [%] | - |



***PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE A CARICO PUNTIFORME***
***POINT-LOAD STRENGTH TEST***

***(ISRM, 1985)***

| | |
|---|---|
| ***Committente*** | *Anas S.p.A.* |
| ***Commessa*** | *ss 1 "Aurelia variante di Imperia"* |
| ***Località*** | *C. Bastia* |
| ***Data*** | *"20/04/2010* |
| ***Area di prelievo*** | *RG1* |
| ***Campione*** | *C2* |
| ***Litologia*** | *Arenaria* |

***Test perpendicolari***

| ***Tipo di test*** | | ***D*** | ***W*** | ***P*** | ***$I_{s(50)}$*** |
|---|---|---|---|---|---|
| *diametrale* | *assiale o irregolare* | *[mm]* | *[mm]* | *[kN]* | *[MPa]* |
| | *x* | *72* | *106* | *47,05* | *6,57* |
| | *x* | *78* | *86* | *26,46* | *4,08* |
| | *x* | *83* | *84* | *16,68* | *2,50* |

***Test paralleli***

| ***Tipo di test*** | | ***D*** | ***W*** | ***P*** | ***$I_{s(50)}$*** |
|---|---|---|---|---|---|
| *diametrale* | *assiale o irregolare* | *[mm]* | *[mm]* | *[kN]* | *[MPa]* |
| | | | | | |

***Risultati della prova - Valori medi***

| ***Test perpendicolari*** | | | ***Test paralleli*** | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ***$I_{s(50)}$*** | *[MPa]* | ***4,39*** | ***$I_{s(50)}$*** | *[MPa]* | ***-*** |
| ***$C_o$*** | *[MPa]* | ***105,24*** | ***$C_o$*** | *[MPa]* | ***-*** |

| | | |
|---|---|---|
| ***Indice di anisotropia*** | ***Ia [-]*** | ***-*** |

***Valutazione statistica sui valori di $I_{s(50)}$***

| ***Test perpendicolari*** | | |
|---|---|---|
| *Deviazione standard* | *[MPa]* | ***2,05*** |
| *Coefficiente di variazione* | *[%]* | ***47*** |

| ***Test paralleli*** | | |
|---|---|---|
| *Deviazione standard* | *[MPa]* | *-* |
| *Coefficiente di variazione* | *[%]* | *-* |



***PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE A CARICO PUNTIFORME***
***POINT-LOAD STRENGTH TEST***

***(ISRM, 1985)***

| | |
|---|---|
| ***Committente*** | *Anas S.p.A.* |
| ***Commessa*** | *SS 1 "Aurelia" - Variante di Imperia* |
| ***Località*** | *Costa Murata* |
| ***Data*** | *20/04/2010* |
| ***Area di prelievo*** | *RG2* |
| ***Campione*** | *C1* |
| ***Litologia*** | *Arenarie* |

***Test perpendicolari***

| ***Tipo di test*** | | ***D*** | ***W*** | ***P*** | ***$I_{s(50)}$*** |
|---|---|---|---|---|---|
| *diametrale* | *assiale o irregolare* | *[mm]* | *[mm]* | *[kN]* | *[MPa]* |
| | x | 68 | 117 | 24,03 | 3,25 |
| | x | 66 | 66 | 19,08 | 4,12 |
| | x | 55 | 62 | 22,65 | 5,91 |
| | x | 48 | 110 | 20,35 | 3,78 |
| | x | 73 | 152 | 16,02 | 1,67 |
| | x | 63 | 97 | 19,91 | 3,30 |
| | x | 64 | 95 | 18,69 | 3,11 |
| | x | 57 | 62 | 17,30 | 4,39 |
| | x | 54 | 79 | 19,61 | 4,30 |
| | x | 61 | 115 | 18,48 | 2,76 |
| | x | 67 | 108 | 18,98 | 2,76 |
| | x | 53 | 75 | 12,03 | 2,79 |
| | x | 52 | 67 | 15,23 | 3,91 |
| | x | 55 | 98 | 20,3 | 3,71 |
| | x | 37 | 52 | 12,4 | 5,03 |

***Test paralleli***

| ***Tipo di test*** | | ***D*** | ***W*** | ***P*** | ***$I_{s(50)}$*** |
|---|---|---|---|---|---|
| *diametrale* | *assiale o irregolare* | *[mm]* | *[mm]* | *[kN]* | *[MPa]* |
| | | | | | |

***Risultati della prova - Valori medi***

| ***Test perpendicolari*** | | | ***Test paralleli*** | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ***$I_{s(50)}$*** | *[MPa]* | ***3,65*** | ***$I_{s(50)}$*** | *[MPa]* | ***-*** |
| ***$C_o$*** | *[MPa]* | ***87,65*** | ***$C_o$*** | *[MPa]* | ***-*** |

| | | |
|---|---|---|
| ***Indice di anisotropia*** | ***Ia*** *[-]* | ***-*** |

***Valutazione statistica sui valori di $I_{s(50)}$***

| ***Test perpendicolari*** | | |
|---|---|---|
| *Deviazione standard* | *[MPa]* | ***1,04*** |
| *Coefficiente di variazione* | *[%]* | ***28*** |

| ***Test paralleli*** | | |
|---|---|---|
| *Deviazione standard* | *[MPa]* | ***-*** |
| *Coefficiente di variazione* | *[%]* | ***-*** |



***PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE A CARICO PUNTIFORME***
***POINT-LOAD STRENGTH TEST***

***(ISRM, 1985)***

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 "Aurelia" - Variante di Imperia |
| **Località** | Artallo |
| **Data** | 20/04/2010 |
| **Area di prelievo** | RG3 |
| **Campione** | C1 |
| **Litologia** | Arenarie |

***Test perpendicolari***

| Tipo di test | | D | W | P | $I_{s\,(50)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| diametrale | assiale o irregolare | [mm] | [mm] | [kN] | [MPa] |
| | x | 39 | 72 | 8,55 | 2,59 |
| | x | 57 | 104 | 12,78 | 2,17 |
| | x | 51 | 55 | 13,74 | 4,17 |
| | x | 58 | 92 | 12,88 | 2,37 |
| | x | 59 | 86 | 8,09 | 1,55 |
| | x | 48 | 89 | 14,81 | 3,24 |
| | x | 50 | 63 | 10,44 | 2,90 |
| | x | 49 | 71 | 11,49 | 2,95 |
| | x | 52 | 77 | 14,94 | 3,44 |
| | x | 52 | 92 | 10,90 | 2,19 |
| | x | 63 | 105 | 14,14 | 2,21 |
| | x | 55 | 129 | 15,79 | 2,33 |
| | x | 61 | 69 | 11,94 | 2,64 |
| | x | 69 | 102 | 16,46 | 2,45 |

***Test paralleli***

| Tipo di test | | D | W | P | $I_{s\,(50)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| diametrale | assiale o irregolare | [mm] | [mm] | [kN] | [MPa] |
| | | | | | |

***Risultati della prova - Valori medi***

| Test perpendicolari | | | Test paralleli | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $I_{s\,(50)}$ | [MPa] | **2,66** | $I_{s\,(50)}$ | [MPa] | - |
| $C_o$ | [MPa] | **63,78** | $C_o$ | [MPa] | - |

| | | |
|---|---|---|
| ***Indice di anisotropia*** | ***Ia*** [-] | - |

***Valutazione statistica sui valori di $I_{s\,(50)}$***

| Test perpendicolari | | |
|---|---|---|
| Deviazione standard | [MPa] | **0,65** |
| Coefficiente di variazione | [%] | **24** |

| Test paralleli | | |
|---|---|---|
| Deviazione standard | [MPa] | - |
| Coefficiente di variazione | [%] | - |



*PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE A CARICO PUNTIFORME*
*POINT-LOAD STRENGTH TEST*

*(ISRM, 1985)*

| | |
|---|---|
| Committente | Anas Sp.A. |
| Commessa | SS 1 "Aurelia"- Variante di Imperia |
| Località | Bardellini |
| Data | 20/04/2010 |
| Area di prelievo | RG4 |
| Campione | C1 |
| Litologia | Arenarie |

*Test perpendicolari*

| Tipo di test | | D | W | P | $I_{s(50)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| diametrale | assiale o irregolare | [mm] | [mm] | [kN] | [MPa] |
| | x | 71 | 73 | 30,28 | 5,71 |
| | x | 68 | 72 | 18,95 | 3,73 |
| | x | 73 | 78 | 16,21 | 2,84 |
| | x | 46 | 62 | 15,04 | 4,50 |
| | x | 44 | 45 | 10,36 | 4,12 |
| | x | 48 | 78 | 16,37 | 3,97 |
| | x | 57 | 77 | 12,46 | 2,67 |
| | x | 53 | 54 | 9,13 | 2,73 |
| | x | 60 | 66 | 3,94 | 0,92 |
| | x | 46 | 76 | 8,18 | 2,09 |
| | x | 53 | 102 | 8,26 | 1,51 |

*Test paralleli*

| Tipo di test | | D | W | P | $I_{s(50)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| diametrale | assiale o irregolare | [mm] | [mm] | [kN] | [MPa] |

*Risultati della prova - Valori medi*

| Test perpendicolari | | | Test paralleli | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $I_{s(50)}$ | [MPa] | 3,16 | $I_{s(50)}$ | [MPa] | - |
| $C_o$ | [MPa] | 75,90 | $C_o$ | [MPa] | - |

| | | |
|---|---|---|
| Indice di anisotropia | Ia [-] | - |

*Valutazione statistica sui valori di $I_{s(50)}$*

| Test perpendicolari | | |
|---|---|---|
| Deviazione standard | [MPa] | 1,40 |
| Coefficiente di variazione | [%] | 44 |

| Test paralleli | | |
|---|---|---|
| Deviazione standard | [MPa] | - |
| Coefficiente di variazione | [%] | - |



## PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE A CARICO PUNTIFORME
## POINT-LOAD STRENGTH TEST

**(ISRM, 1985)**

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 "Aurelia" - Variante di Imperia |
| **Località** | ss 28 |
| **Data** | 20/04/2010 |
| **Area di prelievo** | RG5 |
| **Campione** | C1 |
| **Litologia** | Arenarie |

**Test perpendicolari**

| Tipo di test | | D | W | P | $I_{s(50)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| diametrale | assiale o irregolare | [mm] | [mm] | [kN] | [MPa] |
| | x | 64 | 89 | 20,78 | 3,64 |
| | x | 39 | 84 | 18,68 | 5,03 |
| | x | 64 | 68 | 22,43 | 4,84 |
| | x | 60 | 60 | 19,49 | 4,87 |
| | x | 62 | 102 | 20,14 | 3,25 |
| | x | 57 | 60 | 10,82 | 2,82 |
| | x | 61 | 80 | 24,64 | 4,87 |
| | x | 32 | 53 | 2,59 | 1,16 |
| | x | 34 | 94 | 5,39 | 1,48 |
| | x | 34 | 84 | 4,08 | 1,22 |
| | x | 49 | 101 | 12,24 | 2,39 |
| | x | 52 | 72 | 7,80 | 1,89 |

**Test paralleli**

| Tipo di test | | D | W | P | $I_{s(50)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| diametrale | assiale o irregolare | [mm] | [mm] | [kN] | [MPa] |
| | | | | | |

**Risultati della prova - Valori medi**

| Test perpendicolari | | | Test paralleli | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $I_{s(50)}$ | [MPa] | 3,12 | $I_{s(50)}$ | [MPa] | - |
| $C_o$ | [MPa] | 74,92 | $C_o$ | [MPa] | - |

| | | |
|---|---|---|
| **Indice di anisotropia** | **Ia** [-] | - |

**Valutazione statistica sui valori di $I_{s(50)}$**

| Test perpendicolari | | |
|---|---|---|
| Deviazione standard | [MPa] | 1,52 |
| Coefficiente di variazione | [%] | 49 |

| Test paralleli | | |
|---|---|---|
| Deviazione standard | [MPa] | - |
| Coefficiente di variazione | [%] | - |



***PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE A CARICO PUNTIFORME***
***POINT-LOAD STRENGTH TEST***

***(ISRM, 1985)***

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 "Aurelia" - Variante di Imperia |
| **Località** | |
| **Data** | 20/04/2010 |
| **Area di prelievo** | RG5 |
| **Campione** | C2 |
| **Litologia** | Siltite marnosa |

**Test perpendicolari**

| Tipo di test | | D | W | P | $I_{s(50)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| diametrale | assiale o irregolare | [mm] | [mm] | [kN] | [MPa] |
| | x | 46 | 62 | 0,66 | 0,20 |
| | x | 38 | 54 | 0,56 | 0,22 |
| | x | 42 | 67 | 0,43 | 0,13 |
| | x | 43 | 43 | 0,40 | 0,17 |
| | x | 39 | 66 | 0,58 | 0,19 |
| | x | 40 | 42 | 0,46 | 0,21 |
| | x | 43 | 62 | 0,41 | 0,13 |
| | x | 34 | 68 | 0,42 | 0,15 |
| | x | 31 | 54 | 0,41 | 0,19 |
| | x | 37 | 78 | 0,38 | 0,11 |
| | x | 32 | 52 | 0,46 | 0,21 |

**Test paralleli**

| Tipo di test | | D | W | P | $I_{s(50)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| diametrale | assiale o irregolare | [mm] | [mm] | [kN] | [MPa] |
| | | | | | |

**Risultati della prova - Valori medi**

| Test perpendicolari | | | Test paralleli | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $I_{s(50)}$ | [MPa] | **0,17** | $I_{s(50)}$ | [MPa] | - |
| $C_o$ | [MPa] | **4,13** | $C_o$ | [MPa] | - |

| | | |
|---|---|---|
| **Indice di anisotropia** | **Ia** [-] | - |

**Valutazione statistica sui valori di $I_{s(50)}$**

| Test perpendicolari | | |
|---|---|---|
| Deviazione standard | [MPa] | **0,04** |
| Coefficiente di variazione | [%] | **21** |

| Test paralleli | | |
|---|---|---|
| Deviazione standard | [MPa] | - |
| Coefficiente di variazione | [%] | - |



***PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE A CARICO PUNTIFORME***
***POINT-LOAD STRENGTH TEST***

***(ISRM, 1985)***

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 "Aurelia" - Variante di Imperia |
| **Località** | Villa Astra - Oliveto |
| **Data** | 20/04/2010 |
| **Area di prelievo** | RG6 |
| **Campione** | C1 |
| **Litologia** | Arenarie |

***Test perpendicolari***

| Tipo di test | | D | W | P | $I_{s(50)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| diametrale | assiale o irregolare | [mm] | [mm] | [kN] | [MPa] |
| | x | 50 | 114 | 14,22 | 2,49 |
| | x | 46 | 81 | 6,23 | 1,52 |
| | x | 58 | 89 | 14,04 | 2,66 |
| | x | 59 | 64 | 9,80 | 2,36 |
| | x | 60 | 68 | 14,13 | 3,21 |
| | x | 46 | 48 | 10,35 | 3,78 |
| | x | 76 | 79 | 16,89 | 2,84 |
| | x | 50 | 92 | 14,17 | 2,93 |
| | x | 54 | 58 | 8,38 | 2,33 |
| | x | 40 | 78 | 9,81 | 2,74 |
| | x | 48 | 89 | 11,56 | 2,53 |
| | x | 74 | 147 | 7,21 | 0,77 |
| | x | 37 | 87 | 9,05 | 2,47 |
| | x | 54 | 58 | 5,33 | 1,48 |

***Test paralleli***

| Tipo di test | | D | W | P | $I_{s(50)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| diametrale | assiale o irregolare | [mm] | [mm] | [kN] | [MPa] |
| | | | | | |

***Risultati della prova - Valori medi***

| Test perpendicolari | | | Test paralleli | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $I_{s(50)}$ | [MPa] | **2,44** | $I_{s(50)}$ | [MPa] | - |
| $C_o$ | [MPa] | **58,47** | $C_o$ | [MPa] | - |

| | | |
|---|---|---|
| ***Indice di anisotropia*** | ***Ia*** [-] | - |

***Valutazione statistica sui valori di $I_{s(50)}$***

| Test perpendicolari | | |
|---|---|---|
| Deviazione standard | [MPa] | **0,76** |
| Coefficiente di variazione | [%] | **31** |

| Test paralleli | | |
|---|---|---|
| Deviazione standard | [MPa] | - |
| Coefficiente di variazione | [%] | - |



***PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE A CARICO PUNTIFORME***
***POINT-LOAD STRENGTH TEST***

***(ISRM, 1985)***

| | |
|---|---|
| ***Committente*** | *Anas S.p.A.* |
| ***Commessa*** | *SS 1 "Aurelia" - Variante di Imperia* |
| ***Località*** | *Località Bonavera* |
| ***Data*** | *26/04/2010* |
| ***Area di prelievo*** | *RG7* |
| ***Campione*** | *C1* |
| ***Litologia*** | *Arenarie* |

***Test perpendicolari***

| Tipo di test | | D | W | P | $I_{s\,(50)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| diametrale | assiale o irregolare | [mm] | [mm] | [kN] | [MPa] |
| | x | 72 | 86 | 30,90 | 5,08 |
| | x | 74 | 91 | 24,56 | 3,78 |
| | x | 46 | 74 | 16,43 | 4,29 |
| | x | 60 | 70 | 15,79 | 3,50 |
| | x | 66 | 68 | 23,80 | 5,02 |
| | x | 57 | 71 | 19,99 | 4,57 |
| | x | 67 | 68 | 14,14 | 2,95 |
| | x | 52 | 56 | 13,11 | 3,86 |
| | x | 82 | 96 | 16,04 | 2,19 |
| | x | 83 | 85 | 22,57 | 3,35 |
| | x | 51 | 52 | 9,06 | 2,87 |
| | x | 76 | 78 | 18,39 | 3,12 |
| | x | 71 | 78 | 19,73 | 3,53 |

***Test paralleli***

| Tipo di test | | D | W | P | $I_{s\,(50)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| diametrale | assiale o irregolare | [mm] | [mm] | [kN] | [MPa] |
| | | | | | |

***Risultati della prova - Valori medi***

| Test perpendicolari | | | Test paralleli | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $I_{s\,(50)}$ | [MPa] | 3,70 | $I_{s\,(50)}$ | [MPa] | - |
| $C_o$ | [MPa] | 88,81 | $C_o$ | [MPa] | - |

| | | |
|---|---|---|
| ***Indice di anisotropia*** | ***Ia [-]*** | - |

***Valutazione statistica sui valori di $I_{s\,(50)}$***

| Test perpendicolari | | |
|---|---|---|
| Deviazione standard | [MPa] | 0,86 |
| Coefficiente di variazione | [%] | 23 |

| Test paralleli | | |
|---|---|---|
| Deviazione standard | [MPa] | - |
| Coefficiente di variazione | [%] | - |



***PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE A CARICO PUNTIFORME***
***POINT-LOAD STRENGTH TEST***

***(ISRM, 1985)***

| | |
|---|---|
| ***Committente*** | *Anas S.p.A.* |
| ***Commessa*** | *SS 1 "Aurelia" - Variante di Imperia* |
| ***Località*** | *Costa Sori* |
| ***Data*** | *26/04/2010* |
| ***Area di prelievo*** | *RG8* |
| ***Campione*** | *C1* |
| ***Litologia*** | *Calcareniti* |

***Test perpendicolari***

| ***Tipo di test*** | | ***D*** | ***W*** | ***P*** | ***$I_{s\,(50)}$*** |
|---|---|---|---|---|---|
| *diametrale* | *assiale o irregolare* | *[mm]* | *[mm]* | *[kN]* | *[MPa]* |
| | x | 56 | 77 | 11,27 | 2,45 |
| | x | 57 | 63 | 8,67 | 2,17 |
| | x | 57 | 69 | 12,42 | 2,90 |
| | x | 54 | 61 | 20,02 | 5,36 |
| | x | 57 | 64 | 18,44 | 4,56 |
| | x | 56 | 64 | 9,26 | 2,32 |
| | x | 56 | 69 | 14,38 | 3,40 |
| | x | 55 | 73 | 13,24 | 3,04 |
| | x | 56 | 74 | 12,28 | 2,75 |
| | x | 58 | 77 | 19,04 | 4,03 |
| | x | 60 | 61 | 13,03 | 3,22 |
| | x | 59 | 60 | 13,13 | 3,33 |
| | x | 61 | 62 | 12,34 | 2,97 |
| | x | 56 | 69 | 19,49 | 4,61 |
| | x | 61 | 86 | 16,85 | 3,15 |
| | x | 53 | 59 | 15,35 | 4,28 |
| | x | 52 | 73 | 10,35 | 2,48 |
| | x | 44 | 62 | 12,70 | 3,94 |

***Test paralleli***

| ***Tipo di test*** | | ***D*** | ***W*** | ***P*** | ***$I_{s\,(50)}$*** |
|---|---|---|---|---|---|
| *diametrale* | *assiale o irregolare* | *[mm]* | *[mm]* | *[kN]* | *[MPa]* |
| | | | | | |

***Risultati della prova - Valori medi***

| ***Test perpendicolari*** | | | ***Test paralleli*** | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ***$I_{s\,(50)}$*** | *[MPa]* | ***3,39*** | ***$I_{s\,(50)}$*** | *[MPa]* | - |
| ***$C_o$*** | *[MPa]* | ***81,30*** | ***$C_o$*** | *[MPa]* | - |

| | | |
|---|---|---|
| ***Indice di anisotropia*** | ***Ia [-]*** | - |

***Valutazione statistica sui valori di $I_{s\,(50)}$***

| ***Test perpendicolari*** | | |
|---|---|---|
| *Deviazione standard* | *[MPa]* | ***0,90*** |
| *Coefficiente di variazione* | *[%]* | ***26*** |

| ***Test paralleli*** | | |
|---|---|---|
| *Deviazione standard* | *[MPa]* | - |
| *Coefficiente di variazione* | *[%]* | - |



***PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE A CARICO PUNTIFORME***
***POINT-LOAD STRENGTH TEST***

***(ISRM, 1985)***

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 "Aurelia" - Variante di Imperia |
| **Località** | Fornace |
| **Data** | 26/04/2010 |
| **Area di prelievo** | RG9 |
| **Campione** | C1 |
| **Litologia** | Arenarie |

***Test perpendicolari***

| Tipo di test | | D | W | P | $I_{s\,(50)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| diametrale | assiale o irregolare | [mm] | [mm] | [kN] | [MPa] |
| | x | 54 | 86 | 6,98 | 1,43 |
| | x | 50 | 89 | 9,55 | 2,03 |
| | x | 42 | 47 | 12,21 | 4,86 |
| | x | 36 | 54 | 6,34 | 2,56 |
| | x | 47 | 79 | 5,79 | 1,41 |
| | x | 39 | 89 | 15,13 | 3,89 |
| | x | 38 | 123 | 18,72 | 3,82 |
| | x | 58 | 72 | 15,95 | 3,55 |
| | x | 57 | 97 | 11,11 | 1,99 |
| | x | 55 | 63 | 4,98 | 1,28 |
| | x | 52 | 70 | 10,67 | 2,65 |
| | x | 51 | 59 | 7,61 | 2,19 |
| | x | 76 | 84 | 12,03 | 1,93 |
| | x | 56 | 76 | 9,68 | 2,13 |
| | x | 56 | 56 | 5,71 | 1,59 |
| | x | 53 | 56 | 5,40 | 1,57 |
| | x | 45 | 72 | 5,92 | 1,61 |

***Test paralleli***

| Tipo di test | | D | W | P | $I_{s\,(50)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| diametrale | assiale o irregolare | [mm] | [mm] | [kN] | [MPa] |
| | | | | | |

***Risultati della prova - Valori medi***

| Test perpendicolari | | | Test paralleli | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $I_{s\,(50)}$ | [MPa] | 2,38 | $I_{s\,(50)}$ | [MPa] | - |
| $C_o$ | [MPa] | 57,16 | $C_o$ | [MPa] | - |

| | | |
|---|---|---|
| ***Indice di anisotropia*** | ***Ia*** [-] | - |

***Valutazione statistica sui valori di $I_{s\,(50)}$***

| Test perpendicolari | | |
|---|---|---|
| Deviazione standard | [MPa] | 1,05 |
| Coefficiente di variazione | [%] | 44 |

| Test paralleli | | |
|---|---|---|
| Deviazione standard | [MPa] | - |
| Coefficiente di variazione | [%] | - |



***PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE A CARICO PUNTIFORME***
***POINT-LOAD STRENGTH TEST***

***(ISRM, 1985)***

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 "Aurelia" - Variante di Imperia |
| **Località** | Fornace |
| **Data** | 26/04/2010 |
| **Area di prelievo** | RG9 |
| **Campione** | C2 |
| **Litologia** | Siltiti marnose |

**Test perpendicolari**

| Tipo di test | | D | W | P | $I_{s(50)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| diametrale | assiale o irregolare | [mm] | [mm] | [kN] | [MPa] |
| | x | 61 | 92 | 1,94 | 0,34 |
| | x | 62 | 91 | 1,65 | 0,29 |
| | x | 62 | 72 | 1,26 | 0,27 |
| | x | 51 | 59 | 1,37 | 0,39 |
| | x | 50 | 51 | 1,16 | 0,38 |
| | x | 45 | 88 | 2,34 | 0,54 |
| | x | 42 | 61 | 1,07 | 0,35 |
| | x | 37 | 59 | 1,48 | 0,55 |
| | x | 34 | 92 | 0,31 | 0,09 |
| | x | 37 | 64 | 0,96 | 0,33 |
| | x | 45 | 69 | 1,52 | 0,43 |
| | x | 42 | 64 | 1,55 | 0,49 |
| | x | 43 | 79 | 1,32 | 0,35 |
| | x | 47 | 55 | 1,18 | 0,38 |
| | x | 48 | 54 | 1,17 | 0,38 |
| | x | 35 | 74 | 1,76 | 0,57 |
| | x | 40 | 53 | 1,45 | 0,55 |
| | x | 48 | 75 | 1,42 | 0,36 |
| | x | 47 | 54 | 0,93 | 0,30 |
| | x | 47 | 89 | 0,32 | 0,07 |
| | x | 54 | 56 | 0,81 | 0,23 |
| | x | 31 | 52 | 0,87 | 0,41 |
| | x | 43 | 52 | 0,93 | 0,34 |
| | x | 42 | 46 | 0,97 | 0,39 |
| | x | 32 | 56 | 0,83 | 0,36 |
| | x | 43 | 54 | 0,65 | 0,23 |
| | x | 53 | 66 | 1,09 | 0,28 |
| | x | 36 | 86 | 1,25 | 0,35 |
| | x | 36 | 54 | 0,83 | 0,33 |
| | x | 35 | 42 | 0,98 | 0,49 |
| | x | 34 | 41 | 1,18 | 0,62 |

**Test paralleli**

| Tipo di test | | D | W | P | $I_{s(50)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| diametrale | assiale o irregolare | [mm] | [mm] | [kN] | [MPa] |
| | | | | | |

**Risultati della prova - Valori medi**

| Test perpendicolari | | | Test paralleli | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $I_{s(50)}$ | [MPa] | 0,37 | $I_{s(50)}$ | [MPa] | - |
| $C_o$ | [MPa] | 8,84 | $C_o$ | [MPa] | - |

| | | |
|---|---|---|
| **Indice di anisotropia** | **Ia [-]** | - |

**Valutazione statistica sui valori di $I_{s(50)}$**

| Test perpendicolari | | |
|---|---|---|
| Deviazione standard | [MPa] | 0,13 |
| Coefficiente di variazione | [%] | 34 |

| Test paralleli | | |
|---|---|---|
| Deviazione standard | [MPa] | - |
| Coefficiente di variazione | [%] | - |



***PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE A CARICO PUNTIFORME***
***POINT-LOAD STRENGTH TEST***

***(ISRM, 1985)***

| | |
|---|---|
| ***Committente*** | *Anas S.p.A.* |
| ***Commessa*** | *SS 1 "Aurelia" - Variante di Imperia* |
| ***Località*** | *Strada per C. Lagorio* |
| ***Data*** | *20/04/2010* |
| ***Area di prelievo*** | *RG10* |
| ***Campione*** | *C1* |
| ***Litologia*** | *Siltiti marnose* |

***Test perpendicolari***

| Tipo di test | | D | W | P | $I_{s\,(50)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| diametrale | assiale o irregolare | [mm] | [mm] | [kN] | [MPa] |
| | x | 46 | 54 | 1,14 | 0,38 |
| | x | 47 | 76 | 1,31 | 0,33 |
| | x | 37 | 100 | 1,62 | 0,40 |
| | x | 37 | 67 | 1,16 | 0,39 |
| | x | 34 | 53 | 0,97 | 0,41 |
| | x | 36 | 70 | 1,60 | 0,53 |
| | x | 34 | 68 | 1,16 | 0,41 |
| | x | 41 | 54 | 1,75 | 0,64 |
| | x | 40 | 76 | 0,37 | 0,11 |
| | x | 33 | 62 | 0,81 | 0,31 |
| | x | 32 | 67 | 0,35 | 0,13 |
| | x | 44 | 115 | 0,93 | 0,18 |
| | x | 61 | 72 | 1,84 | 0,39 |
| | x | 64 | 69 | 0,46 | 0,10 |
| | x | 56 | 77 | 1,50 | 0,33 |
| | x | 56 | 58 | 0,82 | 0,22 |
| | x | 48 | 99 | 1,13 | 0,23 |
| | x | 47 | 52 | 0,71 | 0,24 |
| | x | 33 | 60 | 0,66 | 0,26 |

***Test paralleli***

| Tipo di test | | D | W | P | $I_{s\,(50)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| diametrale | assiale o irregolare | [mm] | [mm] | [kN] | [MPa] |
| | | | | | |

***Risultati della prova - Valori medi***

| Test perpendicolari | | | Test paralleli | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $I_{s\,(50)}$ | [MPa] | 0,31 | $I_{s\,(50)}$ | [MPa] | - |
| $C_o$ | [MPa] | 7,56 | $C_o$ | [MPa] | - |

| | | |
|---|---|---|
| ***Indice di anisotropia*** | ***Ia*** [-] | - |

***Valutazione statistica sui valori di $I_{s\,(50)}$***

| Test perpendicolari | | |
|---|---|---|
| Deviazione standard | [MPa] | 0,14 |
| Coefficiente di variazione | [%] | 45 |

| Test paralleli | | |
|---|---|---|
| Deviazione standard | [MPa] | - |
| Coefficiente di variazione | [%] | - |



## 9.4 Allegato 4 – Rilievi geomeccanici - Classificazione e caratterizzazione geomeccanica degli ammassi rocciosi

***DEFINIZIONE DEI PARAMETRI GEOMECCANICI DI RESISTENZA E DEFORMABILITA'***

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia - Variante di Imperia |
| **Località** | Cascina Bastia |
| **Data** | 15/04/10 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | RG 1 - parametri medi |

***Litologia e descrizione geologica generale***

Marne siltose grigio nocciola, giallastre in alterazione, con sporadiche inetrcalazioni di arenarie calcaree.

***Tipo di ammasso roccioso secondo la classificazione di Hoek e Marinos, 2000 e parametri di base del materiale roccia***

| tipo ammasso | alternanze | classe | G | litotipo a | litotipo b |
|---|---|---|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | | | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 105 | 31 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | | | $m_i$ [-] | 17 | 7 |
| rapporto del modulo | | | MR [-] | 275 | 175 |
| percentuale relativa | | | [%] | 5 | 95 |

***Parametri del materiale roccia assunti per la classificazione e la parametrizzazione***

| | | |
|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 31,0 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ [-] | 7 |
| rapporto del modulo | MR [-] | 175 |

***Q System (Grimstad e Barton, 1993)***

| RQD [%] | $J_r$ [-] | $J_w$ [-] |
|---|---|---|
| 10 | 1,0 | 1,0 |

| $J_n$ [-] | $J_a$ [-] | SRF [-] |
|---|---|---|
| 20,0 | 4,0 | 2,5 |

RQD : Rock Quality Designation
$J_n$ : Joint Set Number
$J_r$ : Joint Roughness Number
$J_a$ : Joint Alteration Number
$J_w$ : Joint Water Reduction Factor
SRF : Stress Reduction Factor

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| **Q' [-]** | **classe** | **qualità dell'ammasso** |
| **0,13** | E | molto scadente |

Q' : indice di qualità intrinseco dell'ammasso roccioso ($J_w$ = 1 e SRF = 1)

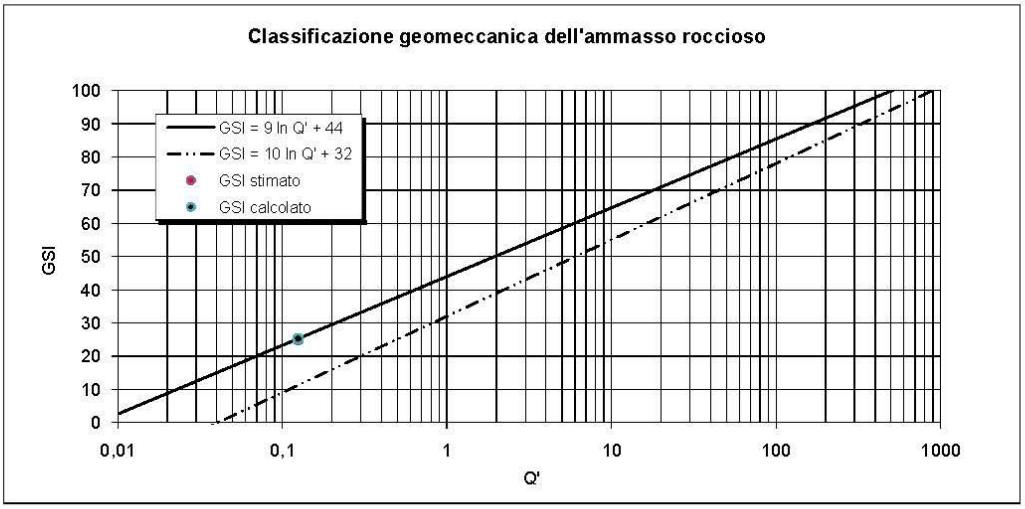
***RMR System - Geomechanics Classification (Bieniawski, 1989)***

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza a compressione monoassiale $\sigma_{ci}$ | [MPa] | 31 | 4 |
| Rock Quality Designation RQD | [%] | 10 | 4 |
| N° di famiglie di discontinuità | [-] | 3 | |
| Spaziatura delle discontinuità | [cm] | 3 | 6 |
| Condizioni delle discontinuità: | | | |
| lunghezza | [m] | 20 | 0 |
| apertura | [mm] | 8 | 0 |
| rugosità: | | | |
| descrizione | [-] | liscie | |
| JRC | [-] | 3 | 1 |
| riempimento: | | | |
| tipo | [-] | duro | |
| spessore | [mm] | 8 | 2 |
| alterazione | [-] | debolmente alterate | 5 |
| Condizioni idriche | [-] | umido | 10 |

**Rock Mass Rating intrinseco** — **RMR'** = **37**

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| **RMR' [-]** | **classe** | **qualità dell'ammasso** |
| **37** | IV | scadente |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Geological Strength Index*** *(Hoek e Marinos., 2000)* | **GSI** | calcolato | **25** |
| | | stimato | **25** |




***PARAMETRI GEOMECCANICI***

***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown***

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_d (m_b \cdot \sigma_3/\sigma_d + s)^a$ *(Hoek et al., 2002)*

| *Materiale roccia* | | |
|---|---|---|
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 31,0 |
| *resistenza a trazione (calcolata)* | $\sigma_{ti}$ [MPa] | 0,2 |
| *parametro dell'inviluppo di rottura* | $m_i$ [-] | 7 |
| *rapporto del modulo* | MR [-] | 175 |

| *Coefficiente di disturbo* | D [-] | 0,7 |
|---|---|---|

| *Ammasso roccioso - Condizioni di picco* | | |
|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ [-] | 0,11 |
| | s [-] | 1,9E-05 |
| | a [-] | 0,53 |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ [MPa] | 0,01 |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ [MPa] | 0,10 |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ [MPa] | 1,13 |

| *Ammasso roccioso - Condizioni post-rottura* | | |
|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ [-] | 0,11 |
| | s [-] | 1,9E-05 |
| | a [-] | 0,53 |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ [MPa] | 0,01 |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ [MPa] | 0,10 |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ [MPa] | 1,13 |

***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Mohr-Coulomb***

$\tau = c' + \sigma \operatorname{tg} \varphi'$ **Campo tensionale di validità [MPa]** 0,0 0,3

| *Ammasso roccioso - Condizioni di picco* | | |
|---|---|---|
| *Angolo di resistenza al taglio efficace* | $\varphi'$ [°] | 32,69 |
| *Coesione efficace* | $c'$ [MPa] | 0,06 |

| *Ammasso roccioso - Condizioni post-rottura* | | |
|---|---|---|
| *Angolo di resistenza al taglio efficace* | $\varphi'$ [°] | 32,69 |
| *Coesione efficace* | $c'$ [MPa] | 0,06 |

***Modulo di deformabilità***

| | | |
|---|---|---|
| *(Serafim e Pereira, 1983; Hoek et al., 2002)* | $E_m$ [GPa] | 0,20 |
| *(Hoek e Diederichs, 2006)* | $E_m$ [GPa] | 0,11 |

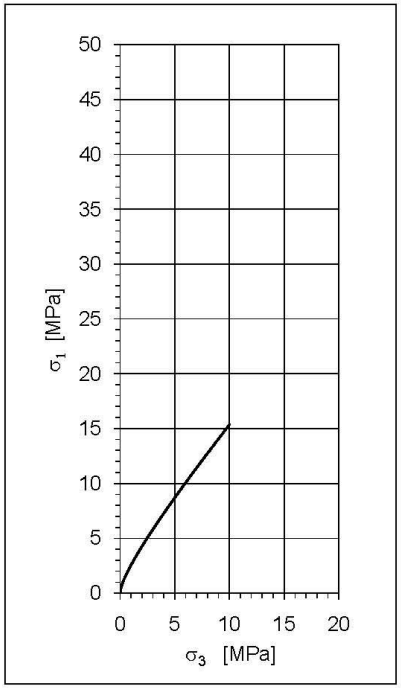
*INVILUPPO DI ROTTURA DELL'AMMASSO ROCCIOSO*

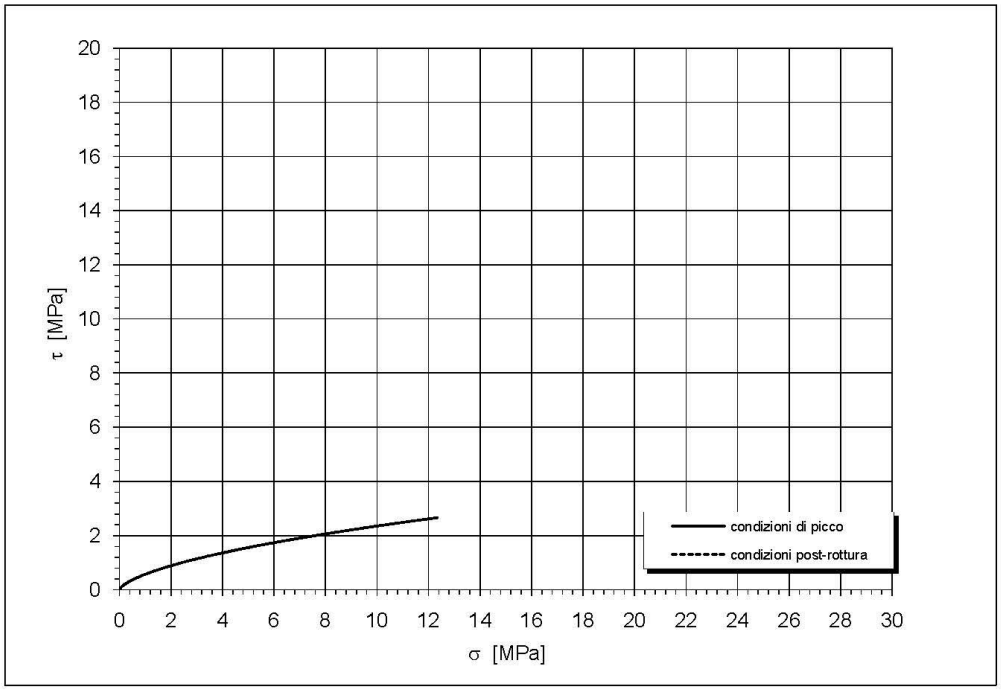
| | picco | post-rottura | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\sigma_3$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $c_i$ [MPa] | $\varphi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] | $\varphi_i$ [°] |
| | | | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | | | | |
| 0,00 | 0,10 | 0,10 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 56 | 0,01 | 56 |
| 0,05 | 0,39 | 0,39 | 0,11 | 0,13 | 0,11 | 0,13 | 0,04 | 38 | 0,04 | 38 |
| 0,10 | 0,58 | 0,58 | 0,21 | 0,20 | 0,21 | 0,20 | 0,06 | 33 | 0,06 | 33 |
| 0,15 | 0,74 | 0,74 | 0,30 | 0,25 | 0,30 | 0,25 | 0,08 | 30 | 0,08 | 30 |
| 0,20 | 0,88 | 0,88 | 0,38 | 0,30 | 0,38 | 0,30 | 0,10 | 28 | 0,10 | 28 |
| 0,25 | 1,01 | 1,01 | 0,46 | 0,34 | 0,46 | 0,34 | 0,11 | 26 | 0,11 | 26 |
| 0,30 | 1,14 | 1,14 | 0,54 | 0,38 | 0,54 | 0,38 | 0,13 | 25 | 0,13 | 25 |
| 0,35 | 1,26 | 1,26 | 0,62 | 0,42 | 0,62 | 0,42 | 0,14 | 24 | 0,14 | 24 |
| 0,40 | 1,37 | 1,37 | 0,70 | 0,45 | 0,70 | 0,45 | 0,15 | 23 | 0,15 | 23 |
| 0,45 | 1,49 | 1,49 | 0,77 | 0,48 | 0,77 | 0,48 | 0,17 | 22 | 0,17 | 22 |
| 0,50 | 1,60 | 1,60 | 0,85 | 0,51 | 0,85 | 0,51 | 0,18 | 21 | 0,18 | 21 |
| 0,60 | 1,81 | 1,81 | 0,99 | 0,57 | 0,99 | 0,57 | 0,20 | 20 | 0,20 | 20 |
| 0,70 | 2,01 | 2,01 | 1,14 | 0,62 | 1,14 | 0,62 | 0,22 | 19 | 0,22 | 19 |
| 0,80 | 2,20 | 2,20 | 1,28 | 0,67 | 1,28 | 0,67 | 0,24 | 18 | 0,24 | 18 |
| 0,90 | 2,39 | 2,39 | 1,42 | 0,71 | 1,42 | 0,71 | 0,26 | 18 | 0,26 | 18 |
| 1,00 | 2,58 | 2,58 | 1,56 | 0,75 | 1,56 | 0,75 | 0,27 | 17 | 0,27 | 17 |
| 1,10 | 2,76 | 2,76 | 1,69 | 0,80 | 1,69 | 0,80 | 0,29 | 17 | 0,29 | 17 |
| 1,20 | 2,94 | 2,94 | 1,83 | 0,84 | 1,83 | 0,84 | 0,31 | 16 | 0,31 | 16 |
| 1,30 | 3,11 | 3,11 | 1,96 | 0,87 | 1,96 | 0,87 | 0,32 | 16 | 0,32 | 16 |
| 1,40 | 3,29 | 3,29 | 2,10 | 0,91 | 2,10 | 0,91 | 0,34 | 15 | 0,34 | 15 |
| 1,50 | 3,46 | 3,46 | 2,23 | 0,95 | 2,23 | 0,95 | 0,35 | 15 | 0,35 | 15 |
| 1,60 | 3,62 | 3,62 | 2,36 | 0,98 | 2,36 | 0,98 | 0,37 | 15 | 0,37 | 15 |
| 1,70 | 3,79 | 3,79 | 2,49 | 1,01 | 2,49 | 1,01 | 0,38 | 14 | 0,38 | 14 |
| 1,80 | 3,96 | 3,96 | 2,62 | 1,05 | 2,62 | 1,05 | 0,40 | 14 | 0,40 | 14 |
| 1,90 | 4,12 | 4,12 | 2,75 | 1,08 | 2,75 | 1,08 | 0,41 | 14 | 0,41 | 14 |
| 2,00 | 4,28 | 4,28 | 2,88 | 1,11 | 2,88 | 1,11 | 0,42 | 13 | 0,42 | 13 |
| 2,20 | 4,60 | 4,60 | 3,13 | 1,17 | 3,13 | 1,17 | 0,45 | 13 | 0,45 | 13 |
| 2,40 | 4,91 | 4,91 | 3,38 | 1,23 | 3,38 | 1,23 | 0,47 | 13 | 0,47 | 13 |
| 2,60 | 5,22 | 5,22 | 3,63 | 1,28 | 3,63 | 1,28 | 0,50 | 12 | 0,50 | 12 |
| 2,80 | 5,52 | 5,52 | 3,88 | 1,33 | 3,88 | 1,33 | 0,52 | 12 | 0,52 | 12 |
| 3,00 | 5,83 | 5,83 | 4,13 | 1,38 | 4,13 | 1,38 | 0,54 | 12 | 0,54 | 12 |
| 3,20 | 6,12 | 6,12 | 4,38 | 1,43 | 4,38 | 1,43 | 0,56 | 11 | 0,56 | 11 |
| 3,40 | 6,42 | 6,42 | 4,62 | 1,48 | 4,62 | 1,48 | 0,58 | 11 | 0,58 | 11 |
| 3,60 | 6,71 | 6,71 | 4,87 | 1,53 | 4,87 | 1,53 | 0,60 | 11 | 0,60 | 11 |
| 3,80 | 7,00 | 7,00 | 5,11 | 1,57 | 5,11 | 1,57 | 0,62 | 11 | 0,62 | 11 |
| 4,00 | 7,29 | 7,29 | 5,35 | 1,62 | 5,35 | 1,62 | 0,64 | 10 | 0,64 | 10 |
| 4,20 | 7,58 | 7,58 | 5,59 | 1,66 | 5,59 | 1,66 | 0,66 | 10 | 0,66 | 10 |
| 4,40 | 7,86 | 7,86 | 5,83 | 1,71 | 5,83 | 1,71 | 0,68 | 10 | 0,68 | 10 |
| 4,60 | 8,14 | 8,14 | 6,07 | 1,75 | 6,07 | 1,75 | 0,70 | 10 | 0,70 | 10 |
| 4,80 | 8,43 | 8,43 | 6,31 | 1,79 | 6,31 | 1,79 | 0,72 | 10 | 0,72 | 10 |
| 5,00 | 8,71 | 8,71 | 6,55 | 1,83 | 6,55 | 1,83 | 0,74 | 9 | 0,74 | 9 |
| 5,50 | 9,40 | 9,40 | 7,14 | 1,92 | 7,14 | 1,92 | 0,78 | 9 | 0,78 | 9 |
| 6,00 | 10,08 | 10,08 | 7,73 | 2,02 | 7,73 | 2,02 | 0,82 | 9 | 0,82 | 9 |
| 6,50 | 10,76 | 10,76 | 8,31 | 2,11 | 8,31 | 2,11 | 0,86 | 9 | 0,86 | 9 |
| 7,00 | 11,43 | 11,43 | 8,90 | 2,19 | 8,90 | 2,19 | 0,90 | 8 | 0,90 | 8 |
| 7,50 | 12,09 | 12,09 | 9,48 | 2,27 | 9,48 | 2,27 | 0,94 | 8 | 0,94 | 8 |
| 8,00 | 12,76 | 12,76 | 10,05 | 2,36 | 10,05 | 2,36 | 0,97 | 8 | 0,97 | 8 |
| 8,50 | 13,41 | 13,41 | 10,63 | 2,43 | 10,63 | 2,43 | 1,01 | 8 | 1,01 | 8 |
| 9,00 | 14,06 | 14,06 | 11,20 | 2,51 | 11,20 | 2,51 | 1,04 | 7 | 1,04 | 7 |
| 9,50 | 14,71 | 14,71 | 11,77 | 2,58 | 11,77 | 2,58 | 1,08 | 7 | 1,08 | 7 |
| 10,00 | 15,35 | 15,35 | 12,34 | 2,66 | 12,34 | 2,66 | 1,11 | 7 | 1,11 | 7 |

## Inviluppi di rottura dell'ammasso roccioso

**SS 1 Aurelia - Variante di Imperia**
**Cascina Bastia**

**RG 1 - parametri medi**




***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown***

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \cdot \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a$ *(Hoek et al., 2002)*

| *Materiale roccia* | | |
|---|---|---|
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_{ci}$ *[MPa]* | *31,0* |
| *resistenza a trazione (calcolata)* | $\sigma_{ti}$ *[MPa]* | *0,2* |
| *parametro dell'inviluppo di rottura* | $m_i$ *[-]* | *7,0* |

| ***Geological Strength Index*** *(Hoek e Marinos., 2000)* | ***25*** |
|---|---|

| *Parametri di resistenza dell'ammasso roccioso* | | *picco* | *post-rottura* |
|---|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ *[-]* | *0,11* | *0,11* |
| | $s$ *[-]* | *1,9E-05* | *1,9E-05* |
| | $a$ *[-]* | *0,53* | *0,53* |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ *[MPa]* | *0,01* | *0,01* |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ *[MPa]* | *0,10* | *0,10* |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ *[MPa]* | *1,13* | *1,13* |
| *modulo di deformabilità* | $E_m$ *[GPa]* | *0,20 - 0,11* | |

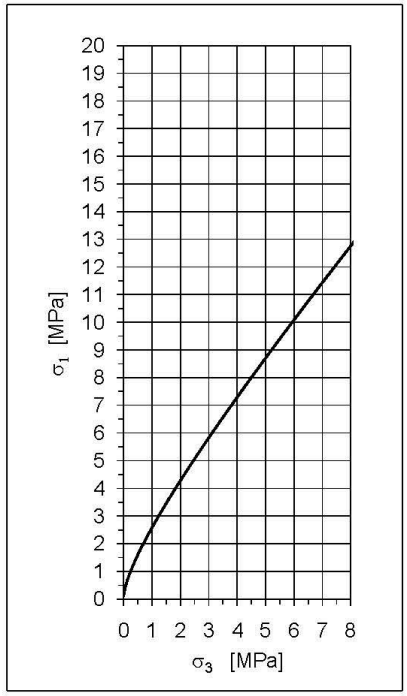
***INVILUPPO DI ROTTURA DELL'AMMASSO ROCCIOSO*** ($\sigma_3$ = 0 - 1 MPa)

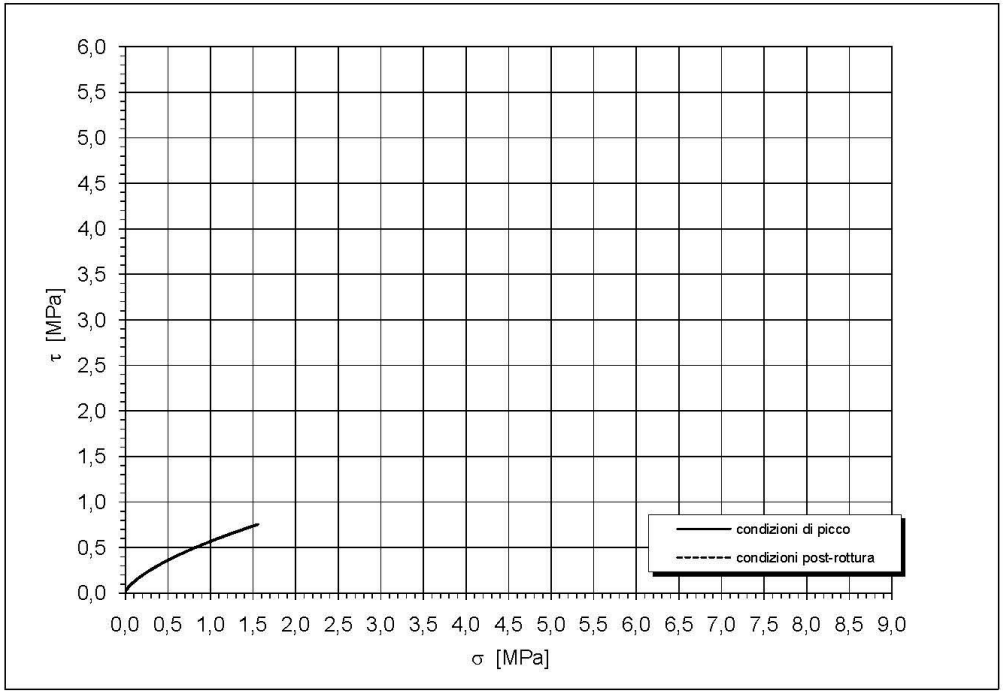
| | picco | post-rottura | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\sigma_3$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $c_i$ [kPa] | $\varphi_i$ [°] | $c_i$ [kPa] | $\varphi_i$ [°] |
| | | | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | | | | |
| 0,00 | 0,10 | 0,10 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 0,03 | 15 | 56 | 15 | 56 |
| 0,01 | 0,18 | 0,18 | 0,03 | 0,06 | 0,03 | 0,06 | 21 | 48 | 21 | 48 |
| 0,02 | 0,24 | 0,24 | 0,05 | 0,08 | 0,05 | 0,08 | 27 | 45 | 27 | 45 |
| 0,03 | 0,30 | 0,30 | 0,07 | 0,10 | 0,07 | 0,10 | 32 | 42 | 32 | 42 |
| 0,04 | 0,34 | 0,34 | 0,09 | 0,12 | 0,09 | 0,12 | 38 | 40 | 38 | 40 |
| 0,05 | 0,39 | 0,39 | 0,11 | 0,13 | 0,11 | 0,13 | 42 | 38 | 42 | 38 |
| 0,06 | 0,43 | 0,43 | 0,13 | 0,15 | 0,13 | 0,15 | 47 | 37 | 47 | 37 |
| 0,07 | 0,47 | 0,47 | 0,15 | 0,16 | 0,15 | 0,16 | 52 | 36 | 52 | 36 |
| 0,08 | 0,51 | 0,51 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 56 | 35 | 56 | 35 |
| 0,09 | 0,54 | 0,54 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 60 | 34 | 60 | 34 |
| 0,10 | 0,58 | 0,58 | 0,21 | 0,20 | 0,21 | 0,20 | 64 | 33 | 64 | 33 |
| 0,11 | 0,61 | 0,61 | 0,23 | 0,21 | 0,23 | 0,21 | 68 | 32 | 68 | 32 |
| 0,12 | 0,64 | 0,64 | 0,24 | 0,22 | 0,24 | 0,22 | 71 | 32 | 71 | 32 |
| 0,13 | 0,67 | 0,67 | 0,26 | 0,23 | 0,26 | 0,23 | 75 | 31 | 75 | 31 |
| 0,14 | 0,70 | 0,70 | 0,28 | 0,24 | 0,28 | 0,24 | 79 | 31 | 79 | 31 |
| 0,15 | 0,74 | 0,74 | 0,30 | 0,25 | 0,30 | 0,25 | 82 | 30 | 82 | 30 |
| 0,16 | 0,76 | 0,76 | 0,31 | 0,26 | 0,31 | 0,26 | 86 | 30 | 86 | 30 |
| 0,17 | 0,79 | 0,79 | 0,33 | 0,27 | 0,33 | 0,27 | 89 | 29 | 89 | 29 |
| 0,18 | 0,82 | 0,82 | 0,35 | 0,28 | 0,35 | 0,28 | 92 | 29 | 92 | 29 |
| 0,19 | 0,85 | 0,85 | 0,36 | 0,29 | 0,36 | 0,29 | 95 | 28 | 95 | 28 |
| 0,20 | 0,88 | 0,88 | 0,38 | 0,30 | 0,38 | 0,30 | 99 | 28 | 99 | 28 |
| 0,22 | 0,93 | 0,93 | 0,41 | 0,32 | 0,41 | 0,32 | 105 | 27 | 105 | 27 |
| 0,24 | 0,99 | 0,99 | 0,45 | 0,33 | 0,45 | 0,33 | 111 | 27 | 111 | 27 |
| 0,26 | 1,04 | 1,04 | 0,48 | 0,35 | 0,48 | 0,35 | 117 | 26 | 117 | 26 |
| 0,28 | 1,09 | 1,09 | 0,51 | 0,37 | 0,51 | 0,37 | 122 | 25 | 122 | 25 |
| 0,30 | 1,14 | 1,14 | 0,54 | 0,38 | 0,54 | 0,38 | 128 | 25 | 128 | 25 |
| 0,32 | 1,19 | 1,19 | 0,57 | 0,39 | 0,57 | 0,39 | 133 | 24 | 133 | 24 |
| 0,34 | 1,23 | 1,23 | 0,60 | 0,41 | 0,60 | 0,41 | 138 | 24 | 138 | 24 |
| 0,36 | 1,28 | 1,28 | 0,64 | 0,42 | 0,64 | 0,42 | 144 | 24 | 144 | 24 |
| 0,38 | 1,33 | 1,33 | 0,67 | 0,44 | 0,67 | 0,44 | 149 | 23 | 149 | 23 |
| 0,40 | 1,37 | 1,37 | 0,70 | 0,45 | 0,70 | 0,45 | 154 | 23 | 154 | 23 |
| 0,42 | 1,42 | 1,42 | 0,73 | 0,46 | 0,73 | 0,46 | 158 | 23 | 158 | 23 |
| 0,44 | 1,46 | 1,46 | 0,76 | 0,47 | 0,76 | 0,47 | 163 | 22 | 163 | 22 |
| 0,46 | 1,51 | 1,51 | 0,79 | 0,49 | 0,79 | 0,49 | 168 | 22 | 168 | 22 |
| 0,48 | 1,55 | 1,55 | 0,82 | 0,50 | 0,82 | 0,50 | 173 | 22 | 173 | 22 |
| 0,50 | 1,60 | 1,60 | 0,85 | 0,51 | 0,85 | 0,51 | 177 | 21 | 177 | 21 |
| 0,55 | 1,70 | 1,70 | 0,92 | 0,54 | 0,92 | 0,54 | 188 | 21 | 188 | 21 |
| 0,60 | 1,81 | 1,81 | 0,99 | 0,57 | 0,99 | 0,57 | 199 | 20 | 199 | 20 |
| 0,65 | 1,91 | 1,91 | 1,07 | 0,59 | 1,07 | 0,59 | 209 | 20 | 209 | 20 |
| 0,70 | 2,01 | 2,01 | 1,14 | 0,62 | 1,14 | 0,62 | 219 | 19 | 219 | 19 |
| 0,75 | 2,11 | 2,11 | 1,21 | 0,64 | 1,21 | 0,64 | 229 | 19 | 229 | 19 |
| 0,80 | 2,20 | 2,20 | 1,28 | 0,67 | 1,28 | 0,67 | 239 | 18 | 239 | 18 |
| 0,85 | 2,30 | 2,30 | 1,35 | 0,69 | 1,35 | 0,69 | 248 | 18 | 248 | 18 |
| 0,90 | 2,39 | 2,39 | 1,42 | 0,71 | 1,42 | 0,71 | 257 | 18 | 257 | 18 |
| 0,95 | 2,49 | 2,49 | 1,49 | 0,73 | 1,49 | 0,73 | 266 | 17 | 266 | 17 |
| 1,00 | 2,58 | 2,58 | 1,56 | 0,75 | 1,56 | 0,75 | 275 | 17 | 275 | 17 |

# *Inviluppi di rottura dell'ammasso roccioso*
## *(0 < $\sigma_3$ < 1 MPa)*

***SS 1 Aurelia - Variante di Imperia***
***Cascina Bastia***

***RG 1 - parametri medi***




***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown***

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b * \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a$ *(Hoek et al., 2002)*

| *Materiale roccia* | | |
|---|---|---|
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_{ci}$ *[MPa]* | *31,0* |
| *resistenza a trazione (calcolata)* | $\sigma_{ti}$ *[MPa]* | *0,2* |
| *parametro dell'inviluppo di rottura* | $m_i$ *[-]* | *7,0* |

| ***Geological Strength Index*** *(Hoek e Marinos., 2000)* | ***25*** |
|---|---|

| *Parametri di resistenza dell'ammasso roccioso* | | *picco* | *post-rottura* |
|---|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ *[-]* | *0,11* | *0,11* |
| | $s$ *[-]* | *1,9E-05* | *1,9E-05* |
| | $a$ *[-]* | *0,53* | *0,53* |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ *[MPa]* | *0,01* | *0,01* |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ *[MPa]* | *0,10* | *0,10* |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ *[MPa]* | *1,13* | *1,13* |
| *modulo di deformabilità* | $E_m$ *[GPa]* | *0,20 - 0,11* | |

***DEFINIZIONE DEI PARAMETRI GEOMECCANICI DI RESISTENZA E DEFORMABILITA'***

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia - Variante di Imperia |
| **Località** | Costa Murata |
| **Data** | 15/04/10 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | RG 2 - parametri medi |

***Litologia e descrizione geologica generale***

Arenarie grigiastre, nocciola in alterazione, in strati decimetrici e banchi metrici separati da sottili interstrati siltitici di spessore centimetrico.

***Tipo di ammasso roccioso secondo la classificazione di Hoek e Marinos, 2000 e parametri di base del materiale roccia***

| tipo ammasso | alternanze | classe | B | litotipo a | litotipo b |
|---|---|---|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | | | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 87 | - |
| parametro dell'inviluppo di rottura | | | $m_i$ [-] | 17 | - |
| rapporto del modulo | | | MR [-] | 275 | - |
| percentuale relativa | | | [%] | 100 | 0 |

***Parametri del materiale roccia assunti per la classificazione e la parametrizzazione***

| | | |
|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 87,0 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ [-] | 17 |
| rapporto del modulo | MR [-] | 275 |

***Q System (Grimstad e Barton, 1993)***

| RQD [%] | $J_r$ [-] | $J_w$ [-] |
|---|---|---|
| 75 | 1,0 | 1,0 |

| $J_n$ [-] | $J_a$ [-] | SRF [-] |
|---|---|---|
| 9,0 | 6,0 | 2,5 |

**RQD** : Rock Quality Designation
$J_n$ : Joint Set Number
$J_r$ : Joint Roughness Number
$J_a$ : Joint Alteration Number
$J_w$ : Joint Water Reduction Factor
**SRF** : Stress Reduction Factor

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| **Q'** [-] | **classe** | **qualità dell'ammasso** |
| **1,39** | D | scadente |

**Q'** : indice di qualità intrinseco dell'ammasso roccioso ($J_w$ = 1 e SRF = 1)

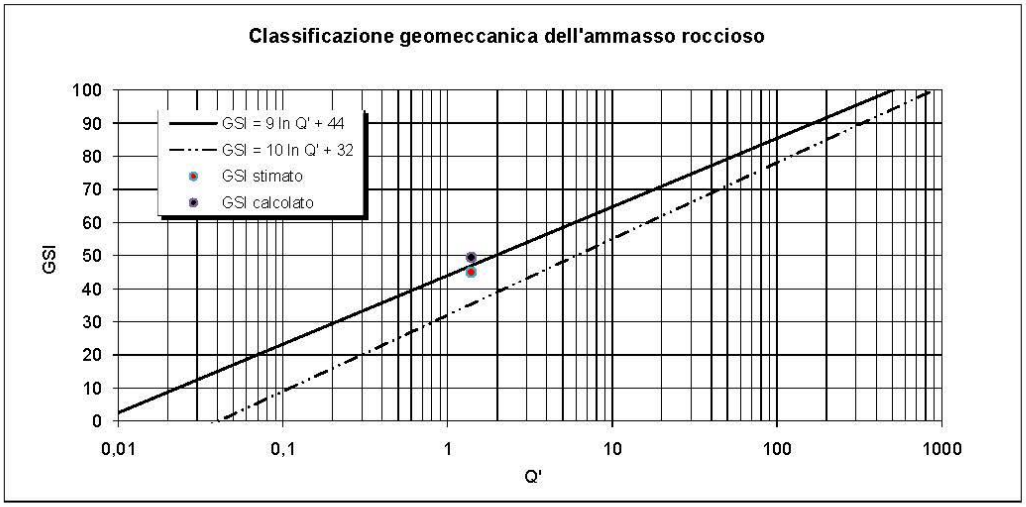
***RMR System - Geomechanics Classification (Bieniawski, 1989)***

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza a compressione monoassiale $\sigma_{ci}$ | [MPa] | 87 | 9 |
| Rock Quality Designation RQD | [%] | 75 | 15 |
| N° di famiglie di discontinuità | [-] | 3 | |
| Spaziatura delle discontinuità | [cm] | 41 | 10 |
| Condizioni delle discontinuità: | | | |
| lunghezza | [m] | 20 | 0 |
| apertura | [mm] | 10 | 0 |
| rugosità: | | | |
| descrizione | [-] | lisce | |
| JRC | [-] | 4 | 1 |
| riempimento: | | | |
| tipo | [-] | duro | |
| spessore | [mm] | 10 | 2 |
| alterazione | [-] | debolmente alterate | 5 |
| Condizioni idriche | [-] | umido | 10 |

**Rock Mass Rating intrinseco** — **RMR'** = **57**

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| **RMR'** [-] | **classe** | **qualità dell'ammasso** |
| **57** | III | discreta |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Geological Strength Index*** (Hoek e Marinos., 2000) | **GSI** | calcolato | **49** |
| | | stimato | **45** |




***PARAMETRI GEOMECCANICI***

***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown***

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \cdot \sigma_3/\sigma_{ci} + s)^a$ *(Hoek et al., 2002)*

| *Materiale roccia* | | |
|---|---|---|
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 87,0 |
| *resistenza a trazione (calcolata)* | $\sigma_{ti}$ [MPa] | 0,3 |
| *parametro dell'inviluppo di rottura* | $m_i$ [-] | 17 |
| *rapporto del modulo* | MR [-] | 275 |

| *Coefficiente di disturbo* | D [-] | 0,7 |
|---|---|---|

| *Ammasso roccioso - Condizioni di picco* | | |
|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ [-] | 0,83 |
| | s [-] | 3,5E-04 |
| | a [-] | 0,51 |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ [MPa] | 0,04 |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ [MPa] | 1,52 |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ [MPa] | 10,23 |

| *Ammasso roccioso - Condizioni post-rottura* | | |
|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ [-] | 0,27 |
| | s [-] | 3,5E-05 |
| | a [-] | 0,51 |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ [MPa] | 0,01 |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ [MPa] | 0,47 |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ [MPa] | 5,77 |

***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Mohr-Coulomb***

$\tau = c' + \sigma tg\,\varphi'$ ***Campo tensionale di validità [MPa]*** 0,0 | 0,3

| *Ammasso roccioso - Condizioni di picco* | | |
|---|---|---|
| *Angolo di resistenza al taglio efficace* | $\varphi'$ [°] | 58,12 |
| *Coesione efficace* | c' [MPa] | 0,23 |

| *Ammasso roccioso - Condizioni post-rottura* | | |
|---|---|---|
| *Angolo di resistenza al taglio efficace* | $\varphi'$ [°] | 50,20 |
| *Coesione efficace* | c' [MPa] | 0,13 |

***Modulo di deformabilità***

| | | |
|---|---|---|
| *(Serafim e Pereira, 1983; Hoek et al., 2002)* | $E_m$ [GPa] | 4,55 |
| *(Hoek e Diederichs, 2006)* | $E_m$ [GPa] | 1,87 |

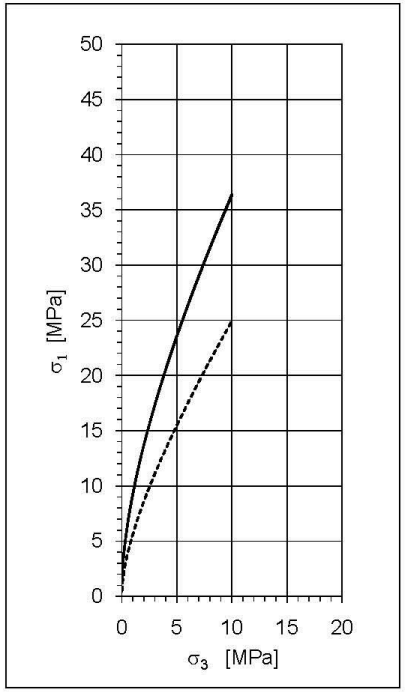
*INVILUPPO DI ROTTURA DELL'AMMASSO ROCCIOSO*

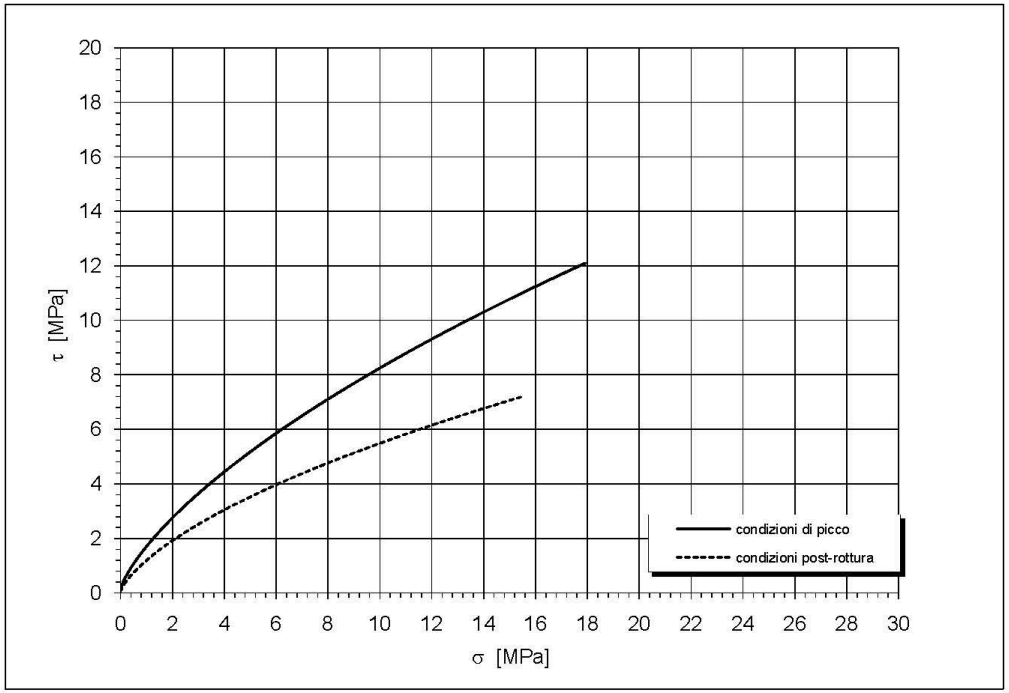
| | picco | post-rottura | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\sigma_3$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $c_i$ [MPa] | $\varphi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] | $\varphi_i$ [°] |
| | | | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 0,05 | | | | |
| 0,00 | 1,52 | 0,47 | 0,07 | 0,31 | 0,02 | 0,09 | 0,16 | 66 | 0,05 | 66 |
| 0,05 | 2,40 | 1,17 | 0,20 | 0,57 | 0,15 | 0,32 | 0,22 | 61 | 0,10 | 55 |
| 0,10 | 3,07 | 1,62 | 0,33 | 0,79 | 0,27 | 0,48 | 0,27 | 58 | 0,15 | 51 |
| 0,15 | 3,63 | 1,98 | 0,45 | 0,98 | 0,39 | 0,61 | 0,32 | 56 | 0,19 | 48 |
| 0,20 | 4,13 | 2,30 | 0,58 | 1,16 | 0,50 | 0,73 | 0,36 | 54 | 0,22 | 46 |
| 0,25 | 4,58 | 2,59 | 0,70 | 1,32 | 0,61 | 0,84 | 0,41 | 53 | 0,26 | 44 |
| 0,30 | 5,00 | 2,86 | 0,82 | 1,47 | 0,71 | 0,94 | 0,45 | 51 | 0,29 | 43 |
| 0,35 | 5,39 | 3,11 | 0,93 | 1,61 | 0,82 | 1,04 | 0,49 | 50 | 0,32 | 41 |
| 0,40 | 5,76 | 3,35 | 1,05 | 1,75 | 0,92 | 1,13 | 0,53 | 49 | 0,35 | 40 |
| 0,45 | 6,12 | 3,58 | 1,17 | 1,88 | 1,02 | 1,21 | 0,57 | 48 | 0,37 | 39 |
| 0,50 | 6,46 | 3,79 | 1,28 | 2,01 | 1,12 | 1,29 | 0,61 | 48 | 0,40 | 38 |
| 0,60 | 7,10 | 4,21 | 1,50 | 2,25 | 1,32 | 1,44 | 0,68 | 46 | 0,45 | 37 |
| 0,70 | 7,70 | 4,60 | 1,72 | 2,47 | 1,51 | 1,58 | 0,75 | 45 | 0,50 | 36 |
| 0,80 | 8,26 | 4,97 | 1,94 | 2,69 | 1,70 | 1,72 | 0,82 | 44 | 0,55 | 34 |
| 0,90 | 8,80 | 5,32 | 2,16 | 2,89 | 1,89 | 1,84 | 0,88 | 43 | 0,59 | 34 |
| 1,00 | 9,32 | 5,66 | 2,37 | 3,09 | 2,07 | 1,96 | 0,94 | 42 | 0,63 | 33 |
| 1,10 | 9,82 | 5,99 | 2,58 | 3,27 | 2,25 | 2,08 | 1,00 | 41 | 0,68 | 32 |
| 1,20 | 10,30 | 6,31 | 2,79 | 3,45 | 2,43 | 2,19 | 1,06 | 41 | 0,72 | 31 |
| 1,30 | 10,77 | 6,62 | 2,99 | 3,63 | 2,61 | 2,29 | 1,12 | 40 | 0,75 | 30 |
| 1,40 | 11,22 | 6,92 | 3,19 | 3,80 | 2,78 | 2,39 | 1,17 | 39 | 0,79 | 30 |
| 1,50 | 11,67 | 7,21 | 3,40 | 3,96 | 2,96 | 2,49 | 1,23 | 39 | 0,83 | 29 |
| 1,60 | 12,10 | 7,50 | 3,60 | 4,12 | 3,13 | 2,59 | 1,28 | 38 | 0,86 | 29 |
| 1,70 | 12,52 | 7,79 | 3,79 | 4,27 | 3,30 | 2,68 | 1,33 | 38 | 0,90 | 28 |
| 1,80 | 12,93 | 8,06 | 3,99 | 4,43 | 3,47 | 2,77 | 1,38 | 37 | 0,93 | 28 |
| 1,90 | 13,33 | 8,34 | 4,19 | 4,57 | 3,63 | 2,86 | 1,43 | 37 | 0,97 | 27 |
| 2,00 | 13,73 | 8,61 | 4,38 | 4,72 | 3,80 | 2,94 | 1,48 | 36 | 1,00 | 27 |
| 2,20 | 14,50 | 9,13 | 4,77 | 5,00 | 4,13 | 3,11 | 1,58 | 36 | 1,06 | 26 |
| 2,40 | 15,25 | 9,65 | 5,15 | 5,27 | 4,45 | 3,27 | 1,67 | 35 | 1,13 | 26 |
| 2,60 | 15,98 | 10,14 | 5,52 | 5,53 | 4,78 | 3,42 | 1,76 | 34 | 1,19 | 25 |
| 2,80 | 16,68 | 10,63 | 5,89 | 5,78 | 5,09 | 3,56 | 1,85 | 34 | 1,24 | 24 |
| 3,00 | 17,37 | 11,11 | 6,26 | 6,02 | 5,41 | 3,71 | 1,94 | 33 | 1,30 | 24 |
| 3,20 | 18,04 | 11,58 | 6,63 | 6,26 | 5,72 | 3,84 | 2,02 | 33 | 1,36 | 23 |
| 3,40 | 18,70 | 12,04 | 6,99 | 6,48 | 6,03 | 3,98 | 2,11 | 32 | 1,41 | 23 |
| 3,60 | 19,35 | 12,50 | 7,35 | 6,71 | 6,34 | 4,11 | 2,19 | 32 | 1,46 | 23 |
| 3,80 | 19,98 | 12,94 | 7,71 | 6,93 | 6,64 | 4,23 | 2,27 | 31 | 1,51 | 22 |
| 4,00 | 20,61 | 13,38 | 8,06 | 7,14 | 6,94 | 4,35 | 2,35 | 31 | 1,56 | 22 |
| 4,20 | 21,22 | 13,82 | 8,41 | 7,34 | 7,24 | 4,47 | 2,42 | 30 | 1,61 | 22 |
| 4,40 | 21,82 | 14,25 | 8,76 | 7,55 | 7,54 | 4,59 | 2,50 | 30 | 1,66 | 21 |
| 4,60 | 22,42 | 14,67 | 9,11 | 7,75 | 7,84 | 4,70 | 2,57 | 30 | 1,71 | 21 |
| 4,80 | 23,01 | 15,09 | 9,45 | 7,94 | 8,13 | 4,82 | 2,64 | 29 | 1,76 | 21 |
| 5,00 | 23,58 | 15,51 | 9,80 | 8,13 | 8,43 | 4,93 | 2,72 | 29 | 1,80 | 20 |
| 5,50 | 25,00 | 16,53 | 10,65 | 8,59 | 9,16 | 5,19 | 2,89 | 28 | 1,91 | 20 |
| 6,00 | 26,38 | 17,52 | 11,48 | 9,04 | 9,87 | 5,44 | 3,06 | 27 | 2,02 | 19 |
| 6,50 | 27,72 | 18,50 | 12,31 | 9,46 | 10,59 | 5,69 | 3,22 | 27 | 2,13 | 19 |
| 7,00 | 29,03 | 19,46 | 13,13 | 9,87 | 11,29 | 5,92 | 3,38 | 26 | 2,23 | 18 |
| 7,50 | 30,31 | 20,41 | 13,95 | 10,27 | 11,99 | 6,15 | 3,54 | 26 | 2,32 | 18 |
| 8,00 | 31,57 | 21,34 | 14,75 | 10,65 | 12,69 | 6,37 | 3,69 | 25 | 2,42 | 17 |
| 8,50 | 32,80 | 22,25 | 15,55 | 11,03 | 13,37 | 6,58 | 3,84 | 25 | 2,51 | 17 |
| 9,00 | 34,01 | 23,16 | 16,34 | 11,39 | 14,06 | 6,78 | 3,98 | 24 | 2,60 | 17 |
| 9,50 | 35,21 | 24,05 | 17,13 | 11,74 | 14,74 | 6,98 | 4,12 | 24 | 2,69 | 16 |
| 10,00 | 36,38 | 24,93 | 17,91 | 12,09 | 15,41 | 7,18 | 4,26 | 24 | 2,77 | 16 |

# Inviluppi di rottura dell'ammasso roccioso

**SS 1 Aurelia - Variante di Imperia**
**Costa Murata**

**RG 2 - parametri medi**




***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown***

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \cdot \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a$ *(Hoek et al., 2002)*

| *Materiale roccia* | | |
|---|---|---|
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_{ci}$ *[MPa]* | *87,0* |
| *resistenza a trazione (calcolata)* | $\sigma_{ti}$ *[MPa]* | *0,3* |
| *parametro dell'inviluppo di rottura* | $m_i$ *[-]* | *17,0* |

| ***Geological Strength Index*** *(Hoek e Marinos., 2000)* | ***45*** |
|---|---|

| *Parametri di resistenza dell'ammasso roccioso* | | *picco* | *post-rottura* |
|---|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ *[-]* | *0,83* | *0,27* |
| | $s$ *[-]* | *3,5E-04* | *3,5E-05* |
| | $a$ *[-]* | *0,51* | *0,51* |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ *[MPa]* | *0,04* | *0,01* |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ *[MPa]* | *1,52* | *0,47* |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ *[MPa]* | *10,23* | *5,77* |
| *modulo di deformabilità* | $E_m$ *[GPa]* | *4,55 - 1,87* | |

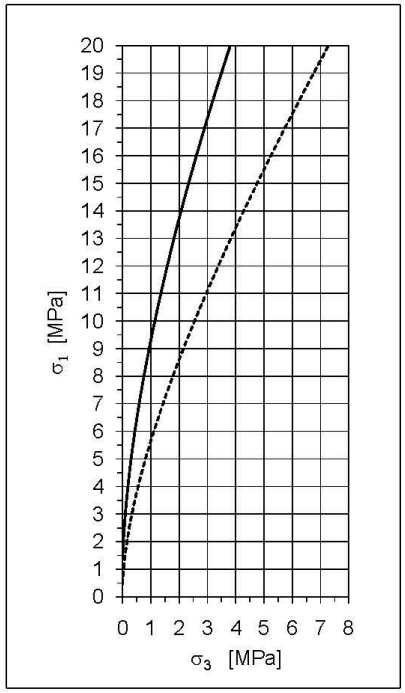
***INVILUPPO DI ROTTURA DELL'AMMASSO ROCCIOSO*** ($\sigma_3$ = 0 - 1 MPa)

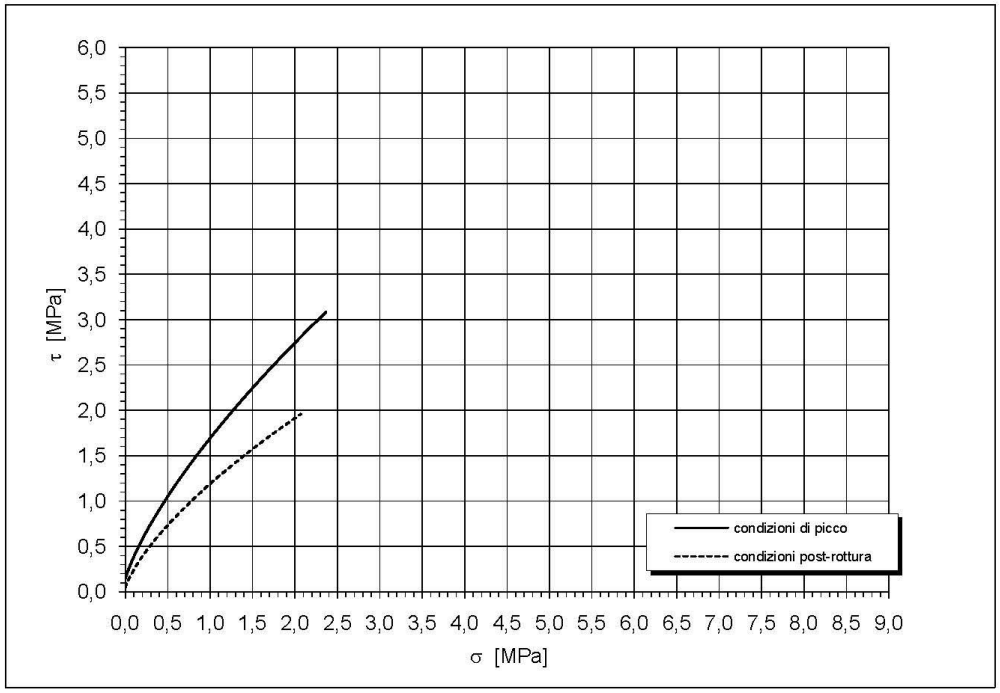
| | *picco* | *post-rottura* | *condizioni di picco* | | *condizioni post-rottura* | | *condizioni di picco* | | *condizioni post-rottura* | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\sigma_3$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $c_i$ [kPa] | $\varphi_i$ [°] | $c_i$ [kPa] | $\varphi_i$ [°] |
| | | | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 0,05 | | | | |
| 0,00 | 1,52 | 0,47 | 0,07 | 0,31 | 0,02 | 0,09 | 161 | 66 | 50 | 66 |
| 0,01 | 1,73 | 0,66 | 0,09 | 0,37 | 0,05 | 0,15 | 171 | 65 | 61 | 63 |
| 0,02 | 1,91 | 0,81 | 0,12 | 0,42 | 0,07 | 0,20 | 182 | 64 | 72 | 60 |
| 0,03 | 2,09 | 0,95 | 0,15 | 0,47 | 0,10 | 0,24 | 194 | 63 | 82 | 58 |
| 0,04 | 2,25 | 1,06 | 0,17 | 0,52 | 0,12 | 0,28 | 205 | 62 | 92 | 57 |
| 0,05 | 2,40 | 1,17 | 0,20 | 0,57 | 0,15 | 0,32 | 215 | 61 | 102 | 55 |
| 0,06 | 2,55 | 1,27 | 0,22 | 0,62 | 0,17 | 0,35 | 226 | 60 | 111 | 54 |
| 0,07 | 2,69 | 1,36 | 0,25 | 0,66 | 0,20 | 0,39 | 237 | 60 | 120 | 53 |
| 0,08 | 2,82 | 1,45 | 0,28 | 0,71 | 0,22 | 0,42 | 247 | 59 | 129 | 52 |
| 0,09 | 2,95 | 1,54 | 0,30 | 0,75 | 0,25 | 0,45 | 258 | 58 | 138 | 52 |
| 0,10 | 3,07 | 1,62 | 0,33 | 0,79 | 0,27 | 0,48 | 268 | 58 | 146 | 51 |
| 0,11 | 3,19 | 1,69 | 0,35 | 0,83 | 0,29 | 0,51 | 278 | 57 | 154 | 50 |
| 0,12 | 3,30 | 1,77 | 0,38 | 0,87 | 0,32 | 0,53 | 288 | 57 | 162 | 50 |
| 0,13 | 3,42 | 1,84 | 0,40 | 0,91 | 0,34 | 0,56 | 298 | 56 | 170 | 49 |
| 0,14 | 3,52 | 1,91 | 0,43 | 0,94 | 0,36 | 0,59 | 308 | 56 | 178 | 48 |
| 0,15 | 3,63 | 1,98 | 0,45 | 0,98 | 0,39 | 0,61 | 317 | 56 | 185 | 48 |
| 0,16 | 3,73 | 2,05 | 0,48 | 1,02 | 0,41 | 0,64 | 327 | 55 | 193 | 47 |
| 0,17 | 3,84 | 2,11 | 0,50 | 1,05 | 0,43 | 0,66 | 336 | 55 | 200 | 47 |
| 0,18 | 3,93 | 2,18 | 0,53 | 1,09 | 0,45 | 0,69 | 346 | 55 | 207 | 47 |
| 0,19 | 4,03 | 2,24 | 0,55 | 1,12 | 0,48 | 0,71 | 355 | 54 | 214 | 46 |
| 0,20 | 4,13 | 2,30 | 0,58 | 1,16 | 0,50 | 0,73 | 364 | 54 | 221 | 46 |
| 0,22 | 4,31 | 2,42 | 0,62 | 1,22 | 0,54 | 0,78 | 382 | 53 | 235 | 45 |
| 0,24 | 4,49 | 2,54 | 0,67 | 1,29 | 0,59 | 0,82 | 400 | 53 | 248 | 44 |
| 0,26 | 4,67 | 2,65 | 0,72 | 1,35 | 0,63 | 0,86 | 417 | 52 | 262 | 44 |
| 0,28 | 4,83 | 2,75 | 0,77 | 1,41 | 0,67 | 0,90 | 434 | 52 | 274 | 43 |
| 0,30 | 5,00 | 2,86 | 0,82 | 1,47 | 0,71 | 0,94 | 451 | 51 | 287 | 43 |
| 0,32 | 5,16 | 2,96 | 0,86 | 1,53 | 0,76 | 0,98 | 468 | 51 | 299 | 42 |
| 0,34 | 5,31 | 3,06 | 0,91 | 1,59 | 0,80 | 1,02 | 484 | 50 | 311 | 42 |
| 0,36 | 5,47 | 3,16 | 0,96 | 1,64 | 0,84 | 1,06 | 500 | 50 | 323 | 41 |
| 0,38 | 5,62 | 3,26 | 1,00 | 1,70 | 0,88 | 1,09 | 516 | 50 | 335 | 41 |
| 0,40 | 5,76 | 3,35 | 1,05 | 1,75 | 0,92 | 1,13 | 532 | 49 | 346 | 40 |
| 0,42 | 5,91 | 3,44 | 1,10 | 1,80 | 0,96 | 1,16 | 548 | 49 | 357 | 40 |
| 0,44 | 6,05 | 3,53 | 1,14 | 1,86 | 1,00 | 1,19 | 563 | 49 | 368 | 39 |
| 0,46 | 6,19 | 3,62 | 1,19 | 1,91 | 1,04 | 1,23 | 578 | 48 | 379 | 39 |
| 0,48 | 6,32 | 3,71 | 1,23 | 1,96 | 1,08 | 1,26 | 593 | 48 | 390 | 39 |
| 0,50 | 6,46 | 3,79 | 1,28 | 2,01 | 1,12 | 1,29 | 608 | 48 | 401 | 38 |
| 0,55 | 6,78 | 4,00 | 1,39 | 2,13 | 1,22 | 1,37 | 645 | 47 | 427 | 38 |
| 0,60 | 7,10 | 4,21 | 1,50 | 2,25 | 1,32 | 1,44 | 680 | 46 | 452 | 37 |
| 0,65 | 7,40 | 4,40 | 1,61 | 2,36 | 1,42 | 1,51 | 715 | 46 | 477 | 36 |
| 0,70 | 7,70 | 4,60 | 1,72 | 2,47 | 1,51 | 1,58 | 749 | 45 | 501 | 36 |
| 0,75 | 7,98 | 4,78 | 1,83 | 2,58 | 1,61 | 1,65 | 783 | 44 | 524 | 35 |
| 0,80 | 8,26 | 4,97 | 1,94 | 2,69 | 1,70 | 1,72 | 815 | 44 | 547 | 34 |
| 0,85 | 8,54 | 5,14 | 2,05 | 2,79 | 1,80 | 1,78 | 848 | 43 | 569 | 34 |
| 0,90 | 8,80 | 5,32 | 2,16 | 2,89 | 1,89 | 1,84 | 879 | 43 | 591 | 34 |
| 0,95 | 9,07 | 5,49 | 2,26 | 2,99 | 1,98 | 1,90 | 910 | 43 | 613 | 33 |
| 1,00 | 9,32 | 5,66 | 2,37 | 3,09 | 2,07 | 1,96 | 941 | 42 | 634 | 33 |

## *Inviluppi di rottura dell'ammasso roccioso*
## *(0 < $\sigma_3$ < 1 MPa)*

***SS 1 Aurelia - Variante di Imperia***
***Costa Murata***

***RG 2 - parametri medi***




***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown***

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b * \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a$ *(Hoek et al., 2002)*

| *Materiale roccia* | | |
|---|---|---|
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_{ci}$ *[MPa]* | *87,0* |
| *resistenza a trazione (calcolata)* | $\sigma_{ti}$ *[MPa]* | *0,3* |
| *parametro dell'inviluppo di rottura* | $m_i$ *[-]* | *17,0* |

| ***Geological Strength Index*** *(Hoek e Marinos., 2000)* | ***45*** |
|---|---|

| *Parametri di resistenza dell'ammasso roccioso* | | *picco* | *post-rottura* |
|---|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ *[-]* | *0,83* | *0,27* |
| | $s$ *[-]* | *3,5E-04* | *3,5E-05* |
| | $a$ *[-]* | *0,51* | *0,51* |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ *[MPa]* | *0,04* | *0,01* |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ *[MPa]* | *1,52* | *0,47* |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ *[MPa]* | *10,23* | *5,77* |
| *modulo di deformabilità* | $E_m$ *[GPa]* | *4,55 - 1,87* | |

***DEFINIZIONE DEI PARAMETRI GEOMECCANICI DI RESISTENZA E DEFORMABILITA'***

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia - Variante di Imperia |
| **Località** | Artallo |
| **Data** | 15/04/10 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | RG 3 - parametri medi |

***Litologia e descrizione geologica generale***

Arenarie grigie, nocciola in alterazione, in strati decimetrici e banchi metrici con sottili interstrati siltitici di spessore centimetrico.

***Tipo di ammasso roccioso secondo la classificazione di Hoek e Marinos, 2000 e parametri di base del materiale roccia***

| tipo ammasso | alternanze | classe | B | litotipo a | litotipo b |
|---|---|---|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | | | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 64 | - |
| parametro dell'inviluppo di rottura | | | $m_i$ [-] | 17 | - |
| rapporto del modulo | | | MR [-] | 275 | - |
| percentuale relativa | | | [%] | 100 | 0 |

***Parametri del materiale roccia assunti per la classificazione e la parametrizzazione***

| | | |
|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 64,0 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ [-] | 17 |
| rapporto del modulo | MR [-] | 275 |

***Q System (Grimstad e Barton, 1993)***

| RQD [%] | $J_r$ [-] | $J_w$ [-] |
|---|---|---|
| 85 | 1,0 | 1,0 |

| $J_n$ [-] | $J_a$ [-] | SRF [-] |
|---|---|---|
| 9,0 | 4,0 | 2,5 |

**RQD** : Rock Quality Designation
$J_n$ : Joint Set Number
$J_r$ : Joint Roughness Number
$J_a$ : Joint Alteration Number
$J_w$ : Joint Water Reduction Factor
**SRF** : Stress Reduction Factor

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| **Q'** [-] | **classe** | **qualità dell'ammasso** |
| **2,36** | D | scadente |

**Q'** : indice di qualità intrinseco dell'ammasso roccioso ($J_w$ = 1 e SRF = 1)

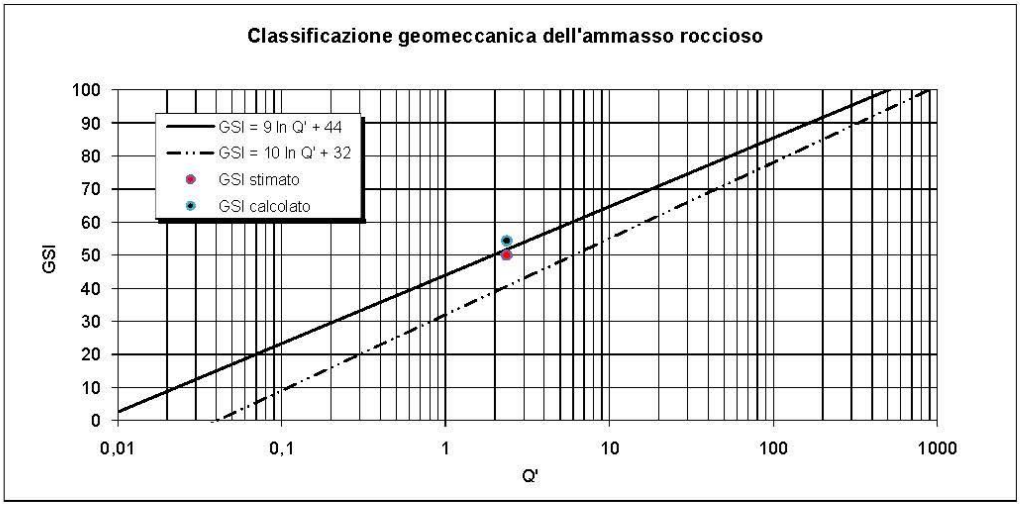
***RMR System - Geomechanics Classification (Bieniawski, 1989)***

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza a compressione monoassiale $\sigma_{ci}$ | [MPa] | 64 | 7 |
| Rock Quality Designation RQD | [%] | 85 | 17 |
| N° di famiglie di discontinuità | [-] | 3 | |
| Spaziatura delle discontinuità | [cm] | 83 | 13 |
| Condizioni delle discontinuità: | | | |
| lunghezza | [m] | 20 | 0 |
| apertura | [mm] | 5 | 1 |
| rugosità: | | | |
| descrizione | [-] | lisce | |
| JRC | [-] | 6 | 1 |
| riempimento: | | | |
| tipo | [-] | duro | |
| spessore | [mm] | 5 | 3 |
| alterazione | [-] | debolmente alterate | 5 |
| Condizioni idriche | [-] | umido | 10 |

**Rock Mass Rating intrinseco** — **RMR'** = **62**

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| **RMR'** [-] | **classe** | **qualità dell'ammasso** |
| **62** | II | buona |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Geological Strength Index** (Hoek e Marinos., 2000) | **GSI** | calcolato | **54** |
| | | stimato | **50** |




***PARAMETRI GEOMECCANICI***

***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown***

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \cdot \sigma_3/\sigma_{ci} + s)^a$ *(Hoek et al., 2002)*

| *Materiale roccia* | | |
|---|---|---|
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 64,0 |
| *resistenza a trazione (calcolata)* | $\sigma_{ti}$ [MPa] | 0,2 |
| *parametro dell'inviluppo di rottura* | $m_i$ [-] | 17 |
| *rapporto del modulo* | MR [-] | 275 |

| *Coefficiente di disturbo* | D [-] | 0,7 |
|---|---|---|

| *Ammasso roccioso - Condizioni di picco* | | |
|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ [-] | 1,09 |
| | s [-] | 7,1E-04 |
| | a [-] | 0,51 |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ [MPa] | 0,04 |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ [MPa] | 1,64 |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ [MPa] | 8,77 |

| *Ammasso roccioso - Condizioni post-rottura* | | |
|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ [-] | 0,24 |
| | s [-] | 7,1E-05 |
| | a [-] | 0,51 |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ [MPa] | 0,02 |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ [MPa] | 0,51 |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ [MPa] | 4,09 |

***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Mohr-Coulomb***

$\tau = c' + \sigma tg\varphi'$ ***Campo tensionale di validità [MPa]*** 0,0 | 0,3

| *Ammasso roccioso - Condizioni di picco* | | |
|---|---|---|
| *Angolo di resistenza al taglio efficace* | $\varphi'$ [°] | 58,50 |
| *Coesione efficace* | $c'$ [MPa] | 0,24 |

| *Ammasso roccioso - Condizioni post-rottura* | | |
|---|---|---|
| *Angolo di resistenza al taglio efficace* | $\varphi'$ [°] | 47,56 |
| *Coesione efficace* | $c'$ [MPa] | 0,13 |

***Modulo di deformabilità***

| | | |
|---|---|---|
| *(Serafim e Pereira, 1983; Hoek et al., 2002)* | $E_m$ [GPa] | 5,20 |
| *(Hoek e Diederichs, 2006)* | $E_m$ [GPa] | 1,89 |

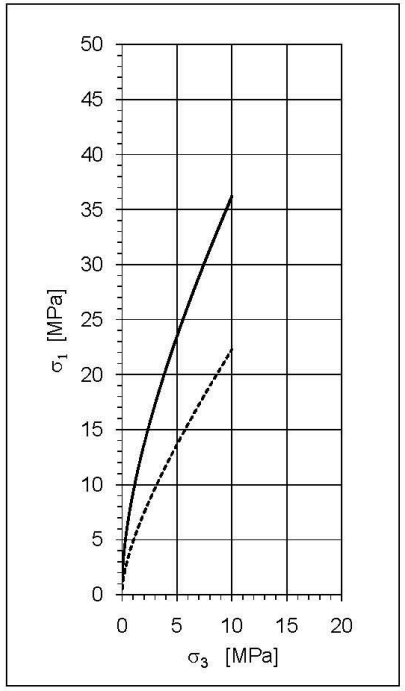
*INVILUPPO DI ROTTURA DELL'AMMASSO ROCCIOSO*

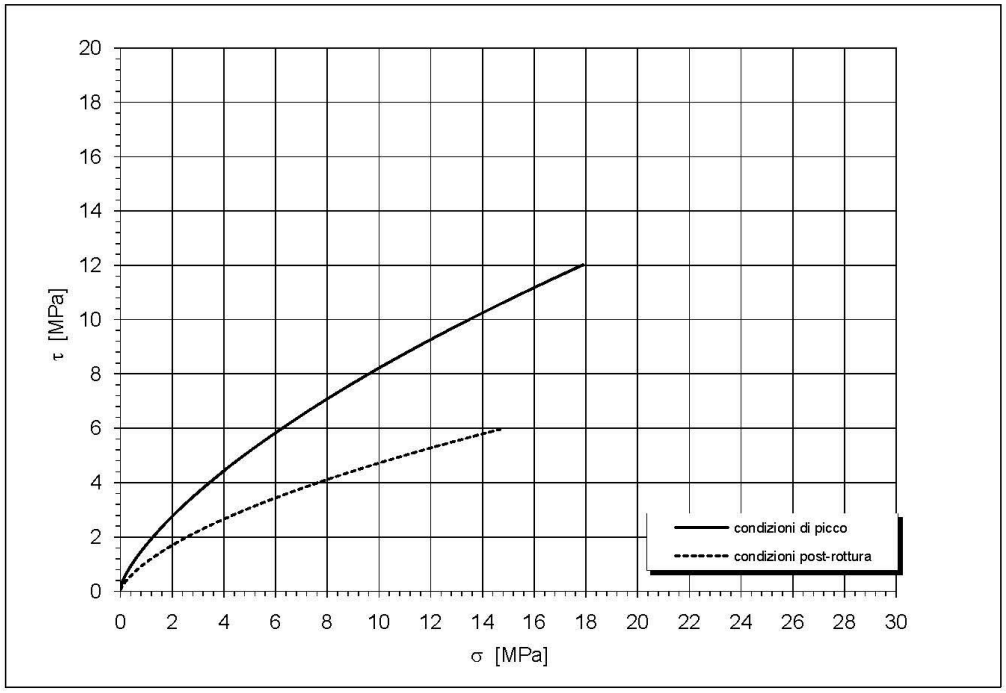
| | picco | post-rottura | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\sigma_3$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $c_i$ [MPa] | $\varphi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] | $\varphi_i$ [°] |
| | | | 0,00 | 0,16 | 0,00 | 0,06 | | | | |
| 0,00 | 1,64 | 0,51 | 0,08 | 0,34 | 0,03 | 0,12 | 0,18 | 65 | 0,07 | 61 |
| 0,05 | 2,49 | 1,04 | 0,21 | 0,60 | 0,16 | 0,31 | 0,23 | 61 | 0,11 | 52 |
| 0,10 | 3,14 | 1,40 | 0,34 | 0,81 | 0,27 | 0,44 | 0,28 | 58 | 0,15 | 47 |
| 0,15 | 3,69 | 1,71 | 0,46 | 1,00 | 0,38 | 0,56 | 0,33 | 55 | 0,18 | 44 |
| 0,20 | 4,18 | 1,97 | 0,59 | 1,18 | 0,49 | 0,66 | 0,38 | 54 | 0,21 | 42 |
| 0,25 | 4,63 | 2,22 | 0,71 | 1,34 | 0,60 | 0,75 | 0,42 | 52 | 0,24 | 40 |
| 0,30 | 5,04 | 2,45 | 0,83 | 1,49 | 0,70 | 0,83 | 0,47 | 51 | 0,27 | 39 |
| 0,35 | 5,43 | 2,66 | 0,94 | 1,63 | 0,80 | 0,91 | 0,51 | 50 | 0,29 | 38 |
| 0,40 | 5,80 | 2,86 | 1,06 | 1,77 | 0,90 | 0,99 | 0,55 | 49 | 0,32 | 37 |
| 0,45 | 6,15 | 3,06 | 1,18 | 1,90 | 0,99 | 1,06 | 0,58 | 48 | 0,34 | 36 |
| 0,50 | 6,48 | 3,25 | 1,29 | 2,02 | 1,09 | 1,13 | 0,62 | 47 | 0,37 | 35 |
| 0,60 | 7,12 | 3,60 | 1,51 | 2,26 | 1,27 | 1,25 | 0,69 | 46 | 0,41 | 33 |
| 0,70 | 7,72 | 3,94 | 1,73 | 2,49 | 1,46 | 1,37 | 0,76 | 45 | 0,45 | 32 |
| 0,80 | 8,28 | 4,26 | 1,95 | 2,70 | 1,64 | 1,48 | 0,83 | 44 | 0,49 | 31 |
| 0,90 | 8,82 | 4,57 | 2,17 | 2,90 | 1,81 | 1,58 | 0,89 | 43 | 0,53 | 30 |
| 1,00 | 9,33 | 4,86 | 2,38 | 3,10 | 1,99 | 1,68 | 0,95 | 42 | 0,57 | 29 |
| 1,10 | 9,82 | 5,15 | 2,59 | 3,28 | 2,16 | 1,78 | 1,01 | 41 | 0,60 | 29 |
| 1,20 | 10,30 | 5,43 | 2,80 | 3,46 | 2,33 | 1,87 | 1,07 | 41 | 0,64 | 28 |
| 1,30 | 10,77 | 5,70 | 3,00 | 3,63 | 2,49 | 1,96 | 1,13 | 40 | 0,67 | 27 |
| 1,40 | 11,22 | 5,97 | 3,20 | 3,80 | 2,66 | 2,04 | 1,19 | 39 | 0,71 | 27 |
| 1,50 | 11,66 | 6,23 | 3,40 | 3,96 | 2,82 | 2,12 | 1,24 | 39 | 0,74 | 26 |
| 1,60 | 12,08 | 6,48 | 3,60 | 4,12 | 2,98 | 2,20 | 1,29 | 38 | 0,77 | 26 |
| 1,70 | 12,50 | 6,73 | 3,80 | 4,28 | 3,15 | 2,28 | 1,34 | 38 | 0,80 | 25 |
| 1,80 | 12,91 | 6,98 | 4,00 | 4,43 | 3,31 | 2,35 | 1,40 | 37 | 0,83 | 25 |
| 1,90 | 13,31 | 7,22 | 4,20 | 4,57 | 3,46 | 2,42 | 1,45 | 37 | 0,86 | 24 |
| 2,00 | 13,71 | 7,46 | 4,39 | 4,72 | 3,62 | 2,49 | 1,50 | 36 | 0,88 | 24 |
| 2,20 | 14,47 | 7,92 | 4,77 | 5,00 | 3,93 | 2,63 | 1,59 | 35 | 0,94 | 23 |
| 2,40 | 15,21 | 8,38 | 5,15 | 5,26 | 4,24 | 2,76 | 1,69 | 35 | 0,99 | 23 |
| 2,60 | 15,93 | 8,83 | 5,53 | 5,52 | 4,54 | 2,88 | 1,78 | 34 | 1,04 | 22 |
| 2,80 | 16,64 | 9,26 | 5,90 | 5,77 | 4,85 | 3,01 | 1,87 | 33 | 1,09 | 22 |
| 3,00 | 17,32 | 9,69 | 6,27 | 6,01 | 5,14 | 3,12 | 1,95 | 33 | 1,14 | 21 |
| 3,20 | 17,99 | 10,11 | 6,63 | 6,24 | 5,44 | 3,23 | 2,04 | 32 | 1,19 | 21 |
| 3,40 | 18,64 | 10,52 | 7,00 | 6,47 | 5,73 | 3,34 | 2,12 | 32 | 1,24 | 20 |
| 3,60 | 19,29 | 10,93 | 7,35 | 6,69 | 6,02 | 3,45 | 2,20 | 31 | 1,28 | 20 |
| 3,80 | 19,92 | 11,33 | 7,71 | 6,91 | 6,31 | 3,55 | 2,28 | 31 | 1,32 | 19 |
| 4,00 | 20,53 | 11,73 | 8,06 | 7,12 | 6,60 | 3,65 | 2,36 | 31 | 1,37 | 19 |
| 4,20 | 21,14 | 12,12 | 8,41 | 7,32 | 6,89 | 3,75 | 2,43 | 30 | 1,41 | 19 |
| 4,40 | 21,74 | 12,51 | 8,76 | 7,53 | 7,17 | 3,85 | 2,51 | 30 | 1,45 | 18 |
| 4,60 | 22,33 | 12,89 | 9,11 | 7,72 | 7,45 | 3,94 | 2,58 | 29 | 1,49 | 18 |
| 4,80 | 22,92 | 13,27 | 9,45 | 7,92 | 7,73 | 4,03 | 2,66 | 29 | 1,53 | 18 |
| 5,00 | 23,49 | 13,65 | 9,80 | 8,10 | 8,01 | 4,12 | 2,73 | 29 | 1,57 | 18 |
| 5,50 | 24,90 | 14,58 | 10,64 | 8,56 | 8,71 | 4,34 | 2,90 | 28 | 1,66 | 17 |
| 6,00 | 26,26 | 15,48 | 11,48 | 9,00 | 9,39 | 4,54 | 3,07 | 27 | 1,75 | 17 |
| 6,50 | 27,59 | 16,37 | 12,31 | 9,42 | 10,07 | 4,74 | 3,23 | 27 | 1,84 | 16 |
| 7,00 | 28,89 | 17,25 | 13,13 | 9,83 | 10,74 | 4,93 | 3,39 | 26 | 1,93 | 16 |
| 7,50 | 30,17 | 18,11 | 13,94 | 10,22 | 11,41 | 5,12 | 3,55 | 26 | 2,01 | 15 |
| 8,00 | 31,41 | 18,96 | 14,74 | 10,60 | 12,07 | 5,30 | 3,70 | 25 | 2,09 | 15 |
| 8,50 | 32,64 | 19,80 | 15,54 | 10,97 | 12,73 | 5,47 | 3,85 | 25 | 2,17 | 15 |
| 9,00 | 33,84 | 20,64 | 16,33 | 11,33 | 13,39 | 5,64 | 3,99 | 24 | 2,24 | 14 |
| 9,50 | 35,03 | 21,46 | 17,11 | 11,68 | 14,04 | 5,80 | 4,13 | 24 | 2,32 | 14 |
| 10,00 | 36,20 | 22,27 | 17,89 | 12,02 | 14,68 | 5,96 | 4,27 | 23 | 2,39 | 14 |

# Inviluppi di rottura dell'ammasso roccioso

**SS 1 Aurelia - Variante di Imperia**
**Artallo**

**RG 3 - parametri medi**




***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown***

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \cdot \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a$ *(Hoek et al., 2002)*

| *Materiale roccia* | | |
|---|---|---|
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_{ci}$ *[MPa]* | *64,0* |
| *resistenza a trazione (calcolata)* | $\sigma_{ti}$ *[MPa]* | *0,2* |
| *parametro dell'inviluppo di rottura* | $m_i$ *[-]* | *17,0* |

| ***Geological Strength Index*** *(Hoek e Marinos., 2000)* | ***50*** |
|---|---|

| *Parametri di resistenza dell'ammasso roccioso* | | *picco* | *post-rottura* |
|---|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ *[-]* | *1,09* | *0,24* |
| | $s$ *[-]* | *7,1E-04* | *7,1E-05* |
| | $a$ *[-]* | *0,51* | *0,51* |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ *[MPa]* | *0,04* | *0,02* |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ *[MPa]* | *1,64* | *0,51* |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ *[MPa]* | *8,77* | *4,09* |
| *modulo di deformabilità* | $E_m$ *[GPa]* | *5,20 - 1,89* | |

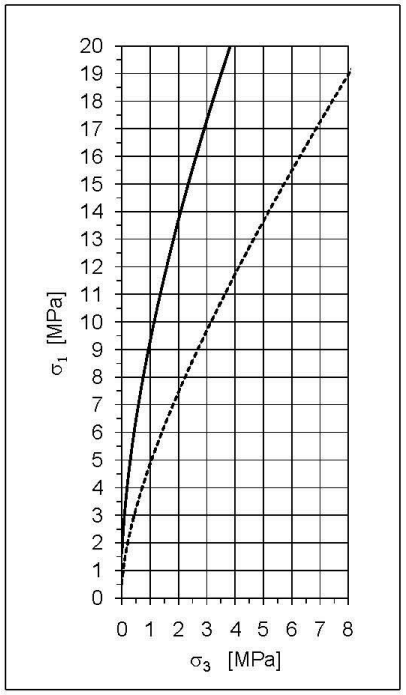
***INVILUPPO DI ROTTURA DELL'AMMASSO ROCCIOSO*** ($\sigma_3$ = 0 - 1 MPa)

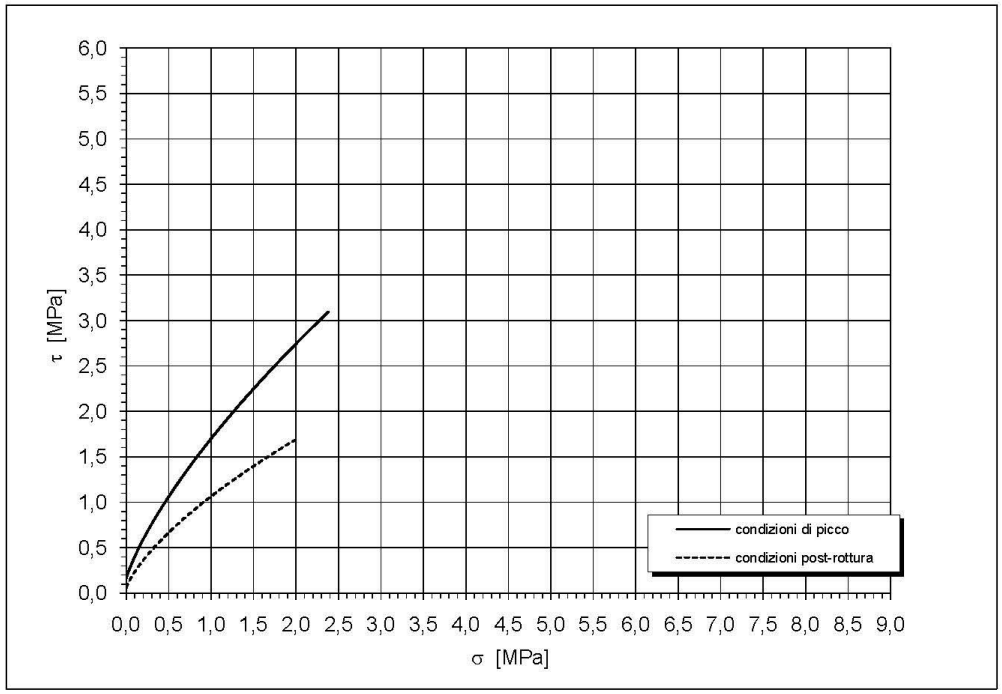
| | picco | post-rottura | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\sigma_3$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $c_i$ [kPa] | $\varphi_i$ [°] | $c_i$ [kPa] | $\varphi_i$ [°] |
| | | | 0,00 | 0,16 | 0,00 | 0,06 | | | | |
| 0,00 | 1,64 | 0,51 | 0,08 | 0,34 | 0,03 | 0,12 | 180 | 65 | 66 | 61 |
| 0,01 | 1,84 | 0,65 | 0,10 | 0,40 | 0,06 | 0,17 | 190 | 64 | 75 | 58 |
| 0,02 | 2,02 | 0,76 | 0,13 | 0,45 | 0,08 | 0,21 | 201 | 63 | 84 | 56 |
| 0,03 | 2,18 | 0,86 | 0,16 | 0,50 | 0,11 | 0,24 | 211 | 62 | 92 | 54 |
| 0,04 | 2,34 | 0,95 | 0,18 | 0,55 | 0,13 | 0,28 | 222 | 61 | 100 | 53 |
| 0,05 | 2,49 | 1,04 | 0,21 | 0,60 | 0,16 | 0,31 | 233 | 61 | 109 | 52 |
| 0,06 | 2,63 | 1,12 | 0,23 | 0,65 | 0,18 | 0,34 | 243 | 60 | 116 | 51 |
| 0,07 | 2,76 | 1,19 | 0,26 | 0,69 | 0,20 | 0,36 | 254 | 59 | 124 | 50 |
| 0,08 | 2,89 | 1,27 | 0,29 | 0,73 | 0,23 | 0,39 | 264 | 59 | 132 | 49 |
| 0,09 | 3,02 | 1,34 | 0,31 | 0,77 | 0,25 | 0,42 | 274 | 58 | 139 | 48 |
| 0,10 | 3,14 | 1,40 | 0,34 | 0,81 | 0,27 | 0,44 | 284 | 58 | 146 | 47 |
| 0,11 | 3,26 | 1,47 | 0,36 | 0,85 | 0,30 | 0,47 | 294 | 57 | 153 | 47 |
| 0,12 | 3,37 | 1,53 | 0,39 | 0,89 | 0,32 | 0,49 | 304 | 57 | 160 | 46 |
| 0,13 | 3,48 | 1,59 | 0,41 | 0,93 | 0,34 | 0,51 | 314 | 56 | 167 | 45 |
| 0,14 | 3,59 | 1,65 | 0,44 | 0,97 | 0,36 | 0,53 | 323 | 56 | 173 | 45 |
| 0,15 | 3,69 | 1,71 | 0,46 | 1,00 | 0,38 | 0,56 | 333 | 55 | 180 | 44 |
| 0,16 | 3,79 | 1,76 | 0,49 | 1,04 | 0,41 | 0,58 | 342 | 55 | 186 | 44 |
| 0,17 | 3,89 | 1,82 | 0,51 | 1,08 | 0,43 | 0,60 | 352 | 55 | 193 | 43 |
| 0,18 | 3,99 | 1,87 | 0,54 | 1,11 | 0,45 | 0,62 | 361 | 54 | 199 | 43 |
| 0,19 | 4,09 | 1,92 | 0,56 | 1,14 | 0,47 | 0,64 | 370 | 54 | 205 | 43 |
| 0,20 | 4,18 | 1,97 | 0,59 | 1,18 | 0,49 | 0,66 | 379 | 54 | 211 | 42 |
| 0,22 | 4,36 | 2,07 | 0,63 | 1,24 | 0,53 | 0,69 | 397 | 53 | 223 | 41 |
| 0,24 | 4,54 | 2,17 | 0,68 | 1,31 | 0,57 | 0,73 | 415 | 53 | 235 | 41 |
| 0,26 | 4,71 | 2,27 | 0,73 | 1,37 | 0,62 | 0,77 | 432 | 52 | 246 | 40 |
| 0,28 | 4,88 | 2,36 | 0,78 | 1,43 | 0,66 | 0,80 | 449 | 52 | 257 | 40 |
| 0,30 | 5,04 | 2,45 | 0,83 | 1,49 | 0,70 | 0,83 | 466 | 51 | 268 | 39 |
| 0,32 | 5,20 | 2,53 | 0,87 | 1,55 | 0,74 | 0,87 | 482 | 51 | 278 | 39 |
| 0,34 | 5,35 | 2,62 | 0,92 | 1,60 | 0,78 | 0,90 | 499 | 50 | 289 | 38 |
| 0,36 | 5,50 | 2,70 | 0,97 | 1,66 | 0,82 | 0,93 | 515 | 50 | 299 | 38 |
| 0,38 | 5,65 | 2,78 | 1,01 | 1,71 | 0,86 | 0,96 | 530 | 49 | 309 | 37 |
| 0,40 | 5,80 | 2,86 | 1,06 | 1,77 | 0,90 | 0,99 | 546 | 49 | 319 | 37 |
| 0,42 | 5,94 | 2,94 | 1,11 | 1,82 | 0,93 | 1,02 | 562 | 49 | 329 | 36 |
| 0,44 | 6,08 | 3,02 | 1,15 | 1,87 | 0,97 | 1,04 | 577 | 48 | 339 | 36 |
| 0,46 | 6,22 | 3,10 | 1,20 | 1,92 | 1,01 | 1,07 | 592 | 48 | 348 | 36 |
| 0,48 | 6,35 | 3,17 | 1,24 | 1,97 | 1,05 | 1,10 | 607 | 48 | 358 | 35 |
| 0,50 | 6,48 | 3,25 | 1,29 | 2,02 | 1,09 | 1,13 | 622 | 47 | 367 | 35 |
| 0,55 | 6,81 | 3,43 | 1,40 | 2,15 | 1,18 | 1,19 | 658 | 47 | 389 | 34 |
| 0,60 | 7,12 | 3,60 | 1,51 | 2,26 | 1,27 | 1,25 | 694 | 46 | 411 | 33 |
| 0,65 | 7,42 | 3,77 | 1,62 | 2,38 | 1,37 | 1,31 | 729 | 45 | 433 | 33 |
| 0,70 | 7,72 | 3,94 | 1,73 | 2,49 | 1,46 | 1,37 | 763 | 45 | 454 | 32 |
| 0,75 | 8,00 | 4,10 | 1,84 | 2,59 | 1,55 | 1,43 | 796 | 44 | 474 | 32 |
| 0,80 | 8,28 | 4,26 | 1,95 | 2,70 | 1,64 | 1,48 | 829 | 44 | 494 | 31 |
| 0,85 | 8,55 | 4,41 | 2,06 | 2,80 | 1,72 | 1,53 | 861 | 43 | 513 | 31 |
| 0,90 | 8,82 | 4,57 | 2,17 | 2,90 | 1,81 | 1,58 | 893 | 43 | 532 | 30 |
| 0,95 | 9,07 | 4,71 | 2,27 | 3,00 | 1,90 | 1,63 | 924 | 42 | 551 | 30 |
| 1,00 | 9,33 | 4,86 | 2,38 | 3,10 | 1,99 | 1,68 | 954 | 42 | 569 | 29 |

## *Inviluppi di rottura dell'ammasso roccioso*
## *($0 < \sigma_3 < 1$ MPa)*

***SS 1 Aurelia - Variante di Imperia***
***Artallo***

***RG 3 - parametri medi***




***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown***

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \cdot \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a$ *(Hoek et al., 2002)*

| *Materiale roccia* | | |
|---|---|---|
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_{ci}$ *[MPa]* | *64,0* |
| *resistenza a trazione (calcolata)* | $\sigma_{ti}$ *[MPa]* | *0,2* |
| *parametro dell'inviluppo di rottura* | $m_i$ *[-]* | *17,0* |

| ***Geological Strength Index*** *(Hoek e Marinos., 2000)* | ***50*** |
|---|---|

| *Parametri di resistenza dell'ammasso roccioso* | | *picco* | | *post-rottura* |
|---|---|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ *[-]* | *1,09* | | *0,24* |
| | $s$ *[-]* | *7,1E-04* | | *7,1E-05* |
| | $a$ *[-]* | *0,51* | | *0,51* |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ *[MPa]* | *0,04* | | *0,02* |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ *[MPa]* | *1,64* | | *0,51* |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ *[MPa]* | *8,77* | | *4,09* |
| *modulo di deformabilità* | $E_m$ *[GPa]* | *5,20 - 1,89* | | |

***DEFINIZIONE DEI PARAMETRI GEOMECCANICI DI RESISTENZA E DEFORMABILITA'***

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia - Variante di Imperia |
| **Località** | Bardellini |
| **Data** | 15/04/10 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | RG 4 - parametri medi |

***Litologia e descrizione geologica generale***

Arenarie grigie, nocciola in alterazione, in strati da decimetrici a metrici alternate a siltiti marnose grigie in livelli di spessore da centimetrico a decimetrico.

***Tipo di ammasso roccioso secondo la classificazione di Hoek e Marinos, 2000 e parametri di base del materiale roccia***

| tipo ammasso | alternanze | classe | C | litotipo a | litotipo b |
|---|---|---|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | | | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 76 | 8 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | | | $m_i$ [-] | 17 | 7 |
| rapporto del modulo | | | MR [-] | 275 | 175 |
| percentuale relativa | | | [%] | 87 | 13 |

***Parametri del materiale roccia assunti per la classificazione e la parametrizzazione***

| | | |
|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 67,2 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ [-] | 15,7 |
| rapporto del modulo | MR [-] | 262 |

***Q System (Grimstad e Barton, 1993)***

| RQD [%] | $J_r$ [-] | $J_w$ [-] |
|---|---|---|
| 70 | 1,0 | 1,0 |

| $J_n$ [-] | $J_a$ [-] | SRF [-] |
|---|---|---|
| 9,0 | 4,0 | 2,5 |

**RQD** : Rock Quality Designation
$J_n$ : Joint Set Number
$J_r$ : Joint Roughness Number
$J_a$ : Joint Alteration Number
$J_w$ : Joint Water Reduction Factor
**SRF** : Stress Reduction Factor

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| **Q'** [-] | **classe** | **qualità dell'ammasso** |
| **1,94** | D | scadente |

**Q'** : indice di qualità intrinseco dell'ammasso roccioso ($J_w$ = 1 e SRF = 1)

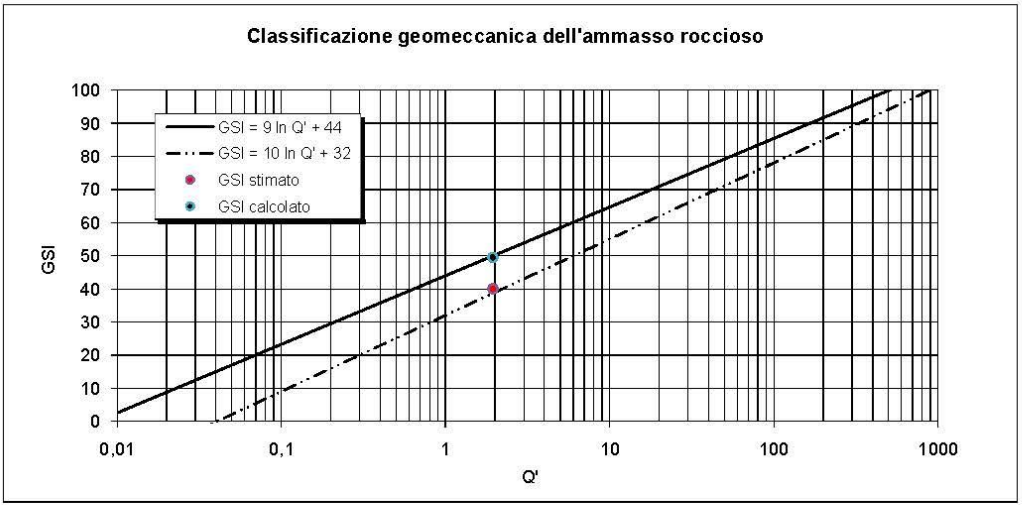
***RMR System - Geomechanics Classification (Bieniawski, 1989)***

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza a compressione monoassiale $\sigma_{ci}$ | [MPa] | 67 | 7 |
| Rock Quality Designation RQD | [%] | 70 | 14 |
| N° di famiglie di discontinuità | [-] | 3 | |
| Spaziatura delle discontinuità | [cm] | 40 | 10 |
| Condizioni delle discontinuità: | | | |
| lunghezza | [m] | 20 | 0 |
| apertura | [mm] | 20 | 0 |
| rugosità: | | | |
| descrizione | [-] | lisce | |
| JRC | [-] | 4 | 1 |
| riempimento: | | | |
| tipo | [-] | duro | |
| spessore | [mm] | 20 | 2 |
| alterazione | [-] | debolmente alterate | 5 |
| Condizioni idriche | [-] | umido | 10 |

**Rock Mass Rating intrinseco** — **RMR'** = **54**

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| **RMR'** [-] | **classe** | **qualità dell'ammasso** |
| **54** | III | discreta |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Geological Strength Index** (Hoek e Marinos., 2000) | **GSI** | calcolato | **49** |
| | | stimato | **40** |




***PARAMETRI GEOMECCANICI***

***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown***

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_d (m_b \cdot \sigma_3 / \sigma_d + s)^a$ *(Hoek et al., 2002)*

| *Materiale roccia* | | |
|---|---|---|
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 67,2 |
| *resistenza a trazione (calcolata)* | $\sigma_{ti}$ [MPa] | 0,3 |
| *parametro dell'inviluppo di rottura* | $m_i$ [-] | 15,7 |
| *rapporto del modulo* | MR [-] | 262 |

| *Coefficiente di disturbo* | D [-] | 0,7 |
|---|---|---|

| *Ammasso roccioso - Condizioni di picco* | | |
|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ [-] | 0,58 |
| | s [-] | 1,7E-04 |
| | a [-] | 0,51 |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ [MPa] | 0,02 |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ [MPa] | 0,79 |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ [MPa] | 6,47 |

| *Ammasso roccioso - Condizioni post-rottura* | | |
|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ [-] | 0,28 |
| | s [-] | 1,7E-05 |
| | a [-] | 0,51 |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ [MPa] | 0,00 |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ [MPa] | 0,24 |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ [MPa] | 4,43 |

***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Mohr-Coulomb***

$\tau = c' + \sigma \operatorname{tg} \varphi'$ ***Campo tensionale di validità [MPa]*** 0,0 | 0,3

| *Ammasso roccioso - Condizioni di picco* | | |
|---|---|---|
| *Angolo di resistenza al taglio efficace* | $\varphi'$ [°] | 54,38 |
| *Coesione efficace* | $c'$ [MPa] | 0,16 |

| *Ammasso roccioso - Condizioni post-rottura* | | |
|---|---|---|
| *Angolo di resistenza al taglio efficace* | $\varphi'$ [°] | 48,90 |
| *Coesione efficace* | $c'$ [MPa] | 0,11 |

***Modulo di deformabilità***

| | | |
|---|---|---|
| *(Serafim e Pereira, 1983; Hoek et al., 2002)* | $E_m$ [GPa] | 3,00 |
| *(Hoek e Diederichs, 2006)* | $E_m$ [GPa] | 1,02 |

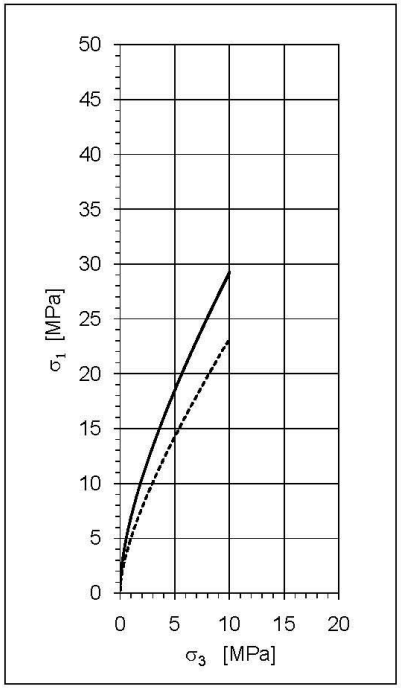
*INVILUPPO DI ROTTURA DELL'AMMASSO ROCCIOSO*

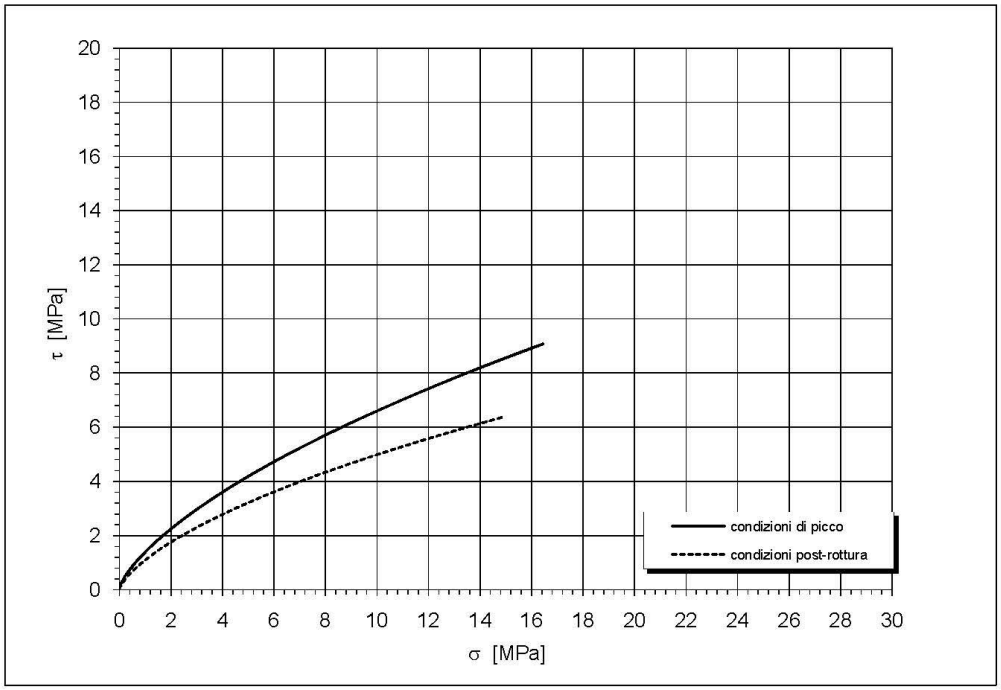
| | picco | post-rottura | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\sigma_3$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $c_i$ [MPa] | $\varphi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] | $\varphi_i$ [°] |
| | | | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,02 | | | | |
| 0,00 | 0,79 | 0,24 | 0,03 | 0,16 | 0,01 | 0,04 | 0,08 | 66 | 0,02 | 70 |
| 0,05 | 1,56 | 0,96 | 0,16 | 0,40 | 0,14 | 0,27 | 0,14 | 58 | 0,08 | 54 |
| 0,10 | 2,10 | 1,38 | 0,29 | 0,58 | 0,25 | 0,42 | 0,18 | 54 | 0,12 | 49 |
| 0,15 | 2,54 | 1,71 | 0,41 | 0,74 | 0,37 | 0,54 | 0,23 | 52 | 0,16 | 46 |
| 0,20 | 2,92 | 2,00 | 0,53 | 0,88 | 0,48 | 0,65 | 0,27 | 50 | 0,19 | 44 |
| 0,25 | 3,28 | 2,26 | 0,64 | 1,01 | 0,58 | 0,75 | 0,31 | 48 | 0,22 | 42 |
| 0,30 | 3,60 | 2,51 | 0,75 | 1,14 | 0,69 | 0,84 | 0,34 | 47 | 0,25 | 41 |
| 0,35 | 3,91 | 2,74 | 0,86 | 1,25 | 0,79 | 0,92 | 0,38 | 45 | 0,28 | 39 |
| 0,40 | 4,19 | 2,95 | 0,97 | 1,36 | 0,89 | 1,00 | 0,41 | 44 | 0,31 | 38 |
| 0,45 | 4,47 | 3,16 | 1,08 | 1,46 | 0,99 | 1,08 | 0,44 | 43 | 0,33 | 37 |
| 0,50 | 4,73 | 3,36 | 1,19 | 1,56 | 1,08 | 1,15 | 0,47 | 43 | 0,36 | 36 |
| 0,60 | 5,23 | 3,74 | 1,40 | 1,75 | 1,27 | 1,29 | 0,53 | 41 | 0,40 | 35 |
| 0,70 | 5,70 | 4,09 | 1,60 | 1,92 | 1,46 | 1,41 | 0,59 | 40 | 0,45 | 34 |
| 0,80 | 6,14 | 4,43 | 1,80 | 2,09 | 1,64 | 1,53 | 0,64 | 39 | 0,49 | 32 |
| 0,90 | 6,57 | 4,75 | 2,00 | 2,24 | 1,82 | 1,64 | 0,69 | 38 | 0,53 | 31 |
| 1,00 | 6,98 | 5,07 | 2,20 | 2,39 | 2,00 | 1,75 | 0,74 | 37 | 0,57 | 31 |
| 1,10 | 7,37 | 5,37 | 2,39 | 2,53 | 2,17 | 1,85 | 0,79 | 36 | 0,61 | 30 |
| 1,20 | 7,75 | 5,66 | 2,58 | 2,67 | 2,35 | 1,95 | 0,84 | 35 | 0,64 | 29 |
| 1,30 | 8,12 | 5,95 | 2,77 | 2,80 | 2,52 | 2,04 | 0,89 | 35 | 0,68 | 28 |
| 1,40 | 8,48 | 6,23 | 2,96 | 2,93 | 2,68 | 2,13 | 0,93 | 34 | 0,71 | 28 |
| 1,50 | 8,83 | 6,50 | 3,14 | 3,06 | 2,85 | 2,22 | 0,97 | 34 | 0,75 | 27 |
| 1,60 | 9,17 | 6,77 | 3,32 | 3,18 | 3,02 | 2,31 | 1,02 | 33 | 0,78 | 27 |
| 1,70 | 9,51 | 7,03 | 3,51 | 3,29 | 3,18 | 2,39 | 1,06 | 32 | 0,81 | 26 |
| 1,80 | 9,84 | 7,29 | 3,69 | 3,41 | 3,34 | 2,47 | 1,10 | 32 | 0,84 | 26 |
| 1,90 | 10,16 | 7,54 | 3,87 | 3,52 | 3,50 | 2,55 | 1,14 | 32 | 0,87 | 26 |
| 2,00 | 10,48 | 7,79 | 4,04 | 3,63 | 3,67 | 2,62 | 1,18 | 31 | 0,90 | 25 |
| 2,20 | 11,10 | 8,28 | 4,40 | 3,84 | 3,98 | 2,77 | 1,26 | 30 | 0,96 | 24 |
| 2,40 | 11,70 | 8,76 | 4,74 | 4,04 | 4,30 | 2,91 | 1,33 | 30 | 1,01 | 24 |
| 2,60 | 12,28 | 9,22 | 5,09 | 4,23 | 4,61 | 3,04 | 1,40 | 29 | 1,07 | 23 |
| 2,80 | 12,85 | 9,68 | 5,43 | 4,42 | 4,91 | 3,17 | 1,47 | 28 | 1,12 | 23 |
| 3,00 | 13,41 | 10,12 | 5,77 | 4,60 | 5,22 | 3,30 | 1,54 | 28 | 1,17 | 22 |
| 3,20 | 13,96 | 10,56 | 6,10 | 4,77 | 5,52 | 3,42 | 1,61 | 27 | 1,22 | 22 |
| 3,40 | 14,50 | 10,99 | 6,43 | 4,95 | 5,82 | 3,54 | 1,67 | 27 | 1,27 | 21 |
| 3,60 | 15,02 | 11,42 | 6,76 | 5,11 | 6,11 | 3,65 | 1,74 | 27 | 1,32 | 21 |
| 3,80 | 15,54 | 11,84 | 7,09 | 5,27 | 6,41 | 3,76 | 1,80 | 26 | 1,36 | 21 |
| 4,00 | 16,05 | 12,25 | 7,41 | 5,43 | 6,70 | 3,87 | 1,86 | 26 | 1,41 | 20 |
| 4,20 | 16,56 | 12,66 | 7,73 | 5,58 | 6,99 | 3,98 | 1,92 | 25 | 1,45 | 20 |
| 4,40 | 17,05 | 13,06 | 8,05 | 5,73 | 7,28 | 4,08 | 1,98 | 25 | 1,50 | 20 |
| 4,60 | 17,54 | 13,46 | 8,37 | 5,88 | 7,57 | 4,18 | 2,04 | 25 | 1,54 | 19 |
| 4,80 | 18,03 | 13,86 | 8,69 | 6,02 | 7,86 | 4,28 | 2,09 | 24 | 1,58 | 19 |
| 5,00 | 18,50 | 14,25 | 9,00 | 6,17 | 8,14 | 4,38 | 2,15 | 24 | 1,62 | 19 |
| 5,50 | 19,68 | 15,21 | 9,78 | 6,51 | 8,85 | 4,61 | 2,29 | 23 | 1,72 | 18 |
| 6,00 | 20,82 | 16,15 | 10,55 | 6,83 | 9,54 | 4,84 | 2,42 | 23 | 1,82 | 18 |
| 6,50 | 21,94 | 17,07 | 11,31 | 7,15 | 10,23 | 5,05 | 2,54 | 22 | 1,91 | 17 |
| 7,00 | 23,03 | 17,98 | 12,06 | 7,45 | 10,92 | 5,26 | 2,67 | 22 | 2,00 | 17 |
| 7,50 | 24,10 | 18,88 | 12,81 | 7,74 | 11,60 | 5,46 | 2,79 | 21 | 2,09 | 16 |
| 8,00 | 25,16 | 19,76 | 13,55 | 8,03 | 12,27 | 5,66 | 2,90 | 21 | 2,17 | 16 |
| 8,50 | 26,20 | 20,63 | 14,28 | 8,30 | 12,94 | 5,84 | 3,02 | 20 | 2,25 | 15 |
| 9,00 | 27,22 | 21,49 | 15,01 | 8,57 | 13,61 | 6,03 | 3,13 | 20 | 2,33 | 15 |
| 9,50 | 28,23 | 22,34 | 15,73 | 8,83 | 14,27 | 6,20 | 3,24 | 20 | 2,41 | 15 |
| 10,00 | 29,23 | 23,18 | 16,45 | 9,08 | 14,93 | 6,38 | 3,34 | 19 | 2,49 | 15 |

## *Inviluppi di rottura dell'ammasso roccioso*

***SS 1 Aurelia - Variante di Imperia***
***Bardellini***

***RG 4 - parametri medi***




***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown***

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \cdot \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a$ *(Hoek et al., 2002)*

| *Materiale roccia* | | |
|---|---|---|
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_{ci}$ *[MPa]* | *67,2* |
| *resistenza a trazione (calcolata)* | $\sigma_{ti}$ *[MPa]* | *0,3* |
| *parametro dell'inviluppo di rottura* | $m_i$ *[-]* | *15,7* |

| ***Geological Strength Index*** *(Hoek e Marinos., 2000)* | ***40*** |
|---|---|

| *Parametri di resistenza dell'ammasso roccioso* | | *picco* | *post-rottura* |
|---|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ *[-]* | *0,58* | *0,28* |
| | $s$ *[-]* | *1,7E-04* | *1,7E-05* |
| | $a$ *[-]* | *0,51* | *0,51* |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ *[MPa]* | *0,02* | *0,00* |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ *[MPa]* | *0,79* | *0,24* |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ *[MPa]* | *6,47* | *4,43* |
| *modulo di deformabilità* | $E_m$ *[GPa]* | *3,00 - 1,02* | |

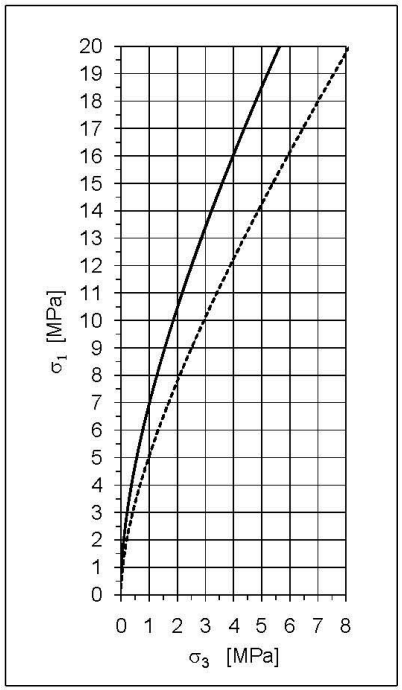
***INVILUPPO DI ROTTURA DELL'AMMASSO ROCCIOSO*** ($\sigma_3$ = 0 - 1 MPa)

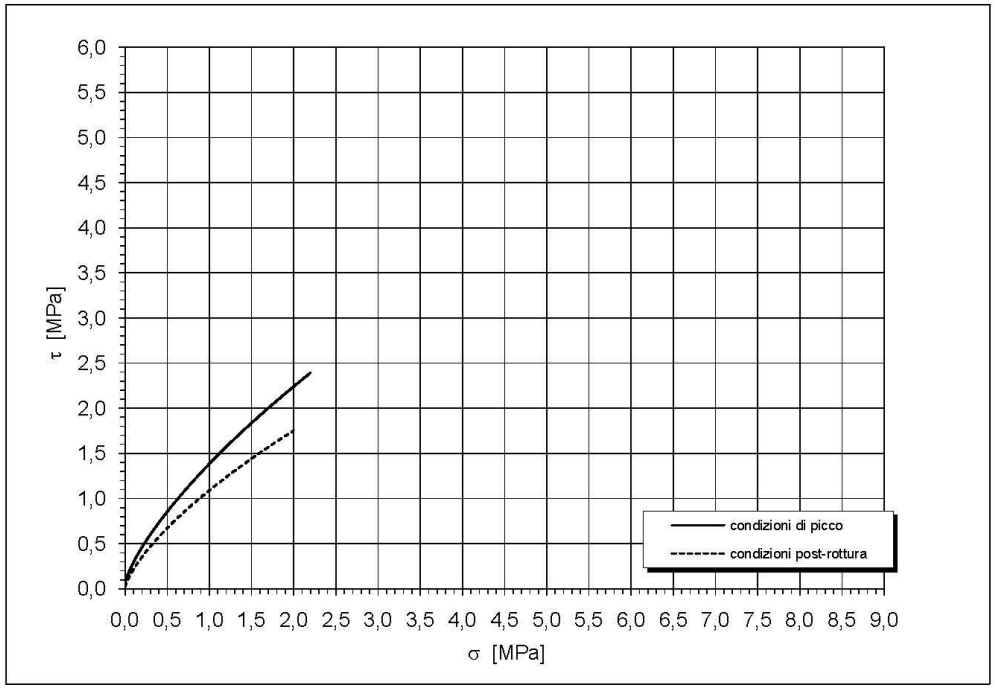
| | picco | post-rottura | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\sigma_3$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $c_i$ [kPa] | $\varphi_i$ [°] | $c_i$ [kPa] | $\varphi_i$ [°] |
| | | | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,02 | | | | |
| 0,00 | 0,79 | 0,24 | 0,03 | 0,16 | 0,01 | 0,04 | 84 | 66 | 22 | 70 |
| 0,01 | 0,98 | 0,47 | 0,06 | 0,22 | 0,03 | 0,10 | 95 | 63 | 35 | 63 |
| 0,02 | 1,15 | 0,62 | 0,09 | 0,27 | 0,06 | 0,15 | 106 | 62 | 47 | 60 |
| 0,03 | 1,30 | 0,75 | 0,11 | 0,32 | 0,09 | 0,19 | 116 | 60 | 58 | 58 |
| 0,04 | 1,44 | 0,86 | 0,14 | 0,36 | 0,11 | 0,23 | 127 | 59 | 68 | 56 |
| 0,05 | 1,56 | 0,96 | 0,16 | 0,40 | 0,14 | 0,27 | 137 | 58 | 77 | 54 |
| 0,06 | 1,68 | 1,06 | 0,19 | 0,44 | 0,16 | 0,30 | 147 | 57 | 87 | 53 |
| 0,07 | 1,79 | 1,14 | 0,22 | 0,48 | 0,18 | 0,33 | 157 | 56 | 96 | 52 |
| 0,08 | 1,90 | 1,22 | 0,24 | 0,51 | 0,21 | 0,36 | 166 | 55 | 104 | 51 |
| 0,09 | 2,00 | 1,30 | 0,26 | 0,55 | 0,23 | 0,39 | 175 | 55 | 112 | 50 |
| 0,10 | 2,10 | 1,38 | 0,29 | 0,58 | 0,25 | 0,42 | 185 | 54 | 120 | 49 |
| 0,11 | 2,19 | 1,45 | 0,31 | 0,62 | 0,28 | 0,44 | 193 | 54 | 128 | 49 |
| 0,12 | 2,28 | 1,52 | 0,34 | 0,65 | 0,30 | 0,47 | 202 | 53 | 136 | 48 |
| 0,13 | 2,37 | 1,58 | 0,36 | 0,68 | 0,32 | 0,49 | 211 | 52 | 143 | 47 |
| 0,14 | 2,45 | 1,65 | 0,39 | 0,71 | 0,35 | 0,52 | 219 | 52 | 150 | 47 |
| 0,15 | 2,54 | 1,71 | 0,41 | 0,74 | 0,37 | 0,54 | 228 | 52 | 158 | 46 |
| 0,16 | 2,62 | 1,77 | 0,43 | 0,77 | 0,39 | 0,56 | 236 | 51 | 164 | 46 |
| 0,17 | 2,70 | 1,83 | 0,46 | 0,80 | 0,41 | 0,59 | 244 | 51 | 171 | 45 |
| 0,18 | 2,77 | 1,89 | 0,48 | 0,83 | 0,43 | 0,61 | 252 | 50 | 178 | 45 |
| 0,19 | 2,85 | 1,94 | 0,50 | 0,86 | 0,45 | 0,63 | 260 | 50 | 185 | 44 |
| 0,20 | 2,92 | 2,00 | 0,53 | 0,88 | 0,48 | 0,65 | 268 | 50 | 191 | 44 |
| 0,22 | 3,07 | 2,11 | 0,57 | 0,94 | 0,52 | 0,69 | 284 | 49 | 204 | 43 |
| 0,24 | 3,21 | 2,21 | 0,62 | 0,99 | 0,56 | 0,73 | 299 | 48 | 216 | 42 |
| 0,26 | 3,34 | 2,31 | 0,66 | 1,04 | 0,60 | 0,77 | 313 | 48 | 229 | 42 |
| 0,28 | 3,47 | 2,41 | 0,71 | 1,09 | 0,65 | 0,80 | 328 | 47 | 240 | 41 |
| 0,30 | 3,60 | 2,51 | 0,75 | 1,14 | 0,69 | 0,84 | 342 | 47 | 252 | 41 |
| 0,32 | 3,73 | 2,60 | 0,80 | 1,18 | 0,73 | 0,87 | 356 | 46 | 263 | 40 |
| 0,34 | 3,85 | 2,69 | 0,84 | 1,23 | 0,77 | 0,91 | 370 | 46 | 274 | 40 |
| 0,36 | 3,96 | 2,78 | 0,89 | 1,27 | 0,81 | 0,94 | 383 | 45 | 285 | 39 |
| 0,38 | 4,08 | 2,87 | 0,93 | 1,32 | 0,85 | 0,97 | 397 | 45 | 296 | 39 |
| 0,40 | 4,19 | 2,95 | 0,97 | 1,36 | 0,89 | 1,00 | 410 | 44 | 306 | 38 |
| 0,42 | 4,31 | 3,04 | 1,02 | 1,40 | 0,93 | 1,03 | 423 | 44 | 317 | 38 |
| 0,44 | 4,42 | 3,12 | 1,06 | 1,44 | 0,97 | 1,07 | 435 | 44 | 327 | 37 |
| 0,46 | 4,52 | 3,20 | 1,10 | 1,48 | 1,01 | 1,09 | 448 | 43 | 337 | 37 |
| 0,48 | 4,63 | 3,28 | 1,14 | 1,52 | 1,04 | 1,12 | 460 | 43 | 347 | 37 |
| 0,50 | 4,73 | 3,36 | 1,19 | 1,56 | 1,08 | 1,15 | 473 | 43 | 357 | 36 |
| 0,55 | 4,99 | 3,55 | 1,29 | 1,66 | 1,18 | 1,22 | 503 | 42 | 380 | 35 |
| 0,60 | 5,23 | 3,74 | 1,40 | 1,75 | 1,27 | 1,29 | 532 | 41 | 404 | 35 |
| 0,65 | 5,47 | 3,92 | 1,50 | 1,84 | 1,37 | 1,35 | 561 | 40 | 426 | 34 |
| 0,70 | 5,70 | 4,09 | 1,60 | 1,92 | 1,46 | 1,41 | 589 | 40 | 448 | 34 |
| 0,75 | 5,93 | 4,26 | 1,70 | 2,00 | 1,55 | 1,47 | 616 | 39 | 469 | 33 |
| 0,80 | 6,14 | 4,43 | 1,80 | 2,09 | 1,64 | 1,53 | 643 | 39 | 490 | 32 |
| 0,85 | 6,36 | 4,59 | 1,90 | 2,16 | 1,73 | 1,59 | 669 | 38 | 511 | 32 |
| 0,90 | 6,57 | 4,75 | 2,00 | 2,24 | 1,82 | 1,64 | 695 | 38 | 531 | 31 |
| 0,95 | 6,77 | 4,91 | 2,10 | 2,32 | 1,91 | 1,70 | 720 | 37 | 550 | 31 |
| 1,00 | 6,98 | 5,07 | 2,20 | 2,39 | 2,00 | 1,75 | 745 | 37 | 569 | 31 |

## *Inviluppi di rottura dell'ammasso roccioso*
## *(0 < $\sigma_3$ < 1 MPa)*

***SS 1 Aurelia - Variante di Imperia***
***Bardellini***

***RG 4 - parametri medi***




***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown***

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \cdot \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a$ *(Hoek et al., 2002)*

| *Materiale roccia* | | |
|---|---|---|
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_{ci}$ *[MPa]* | *67,2* |
| *resistenza a trazione (calcolata)* | $\sigma_{ti}$ *[MPa]* | *0,3* |
| *parametro dell'inviluppo di rottura* | $m_i$ *[-]* | *15,7* |

| ***Geological Strength Index*** *(Hoek e Marinos., 2000)* | ***40*** |
|---|---|

| *Parametri di resistenza dell'ammasso roccioso* | | *picco* | *post-rottura* |
|---|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ *[-]* | *0,58* | *0,28* |
| | $s$ *[-]* | *1,7E-04* | *1,7E-05* |
| | $a$ *[-]* | *0,51* | *0,51* |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ *[MPa]* | *0,02* | *0,00* |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ *[MPa]* | *0,79* | *0,24* |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ *[MPa]* | *6,47* | *4,43* |
| *modulo di deformabilità* | $E_m$ *[GPa]* | *3,00 - 1,02* | |

***DEFINIZIONE DEI PARAMETRI GEOMECCANICI DI RESISTENZA E DEFORMABILITA'***

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia - Variante di Imperia |
| **Località** | SS 28 |
| **Data** | 15/04/10 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | RG 5 - parametri medi |

***Litologia e descrizione geologica generale***

Alternanze di arenarie medio-fini grigie, nocciola in alterazione, in strati da decimetrici a metrici, e siltiti marnose in livelli da centiemtrici a decimetrici.

***Tipo di ammasso roccioso secondo la classificazione di Hoek e Marinos, 2000 e parametri di base del materiale roccia***

| tipo ammasso | alternanze | classe | C | litotipo a | litotipo b |
|---|---|---|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | | | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 75 | 4 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | | | $m_i$ [-] | 17 | 7 |
| rapporto del modulo | | | MR [-] | 275 | 175 |
| percentuale relativa | | | [%] | 34 | 66 |

***Parametri del materiale roccia assunti per la classificazione e la parametrizzazione***

| | | |
|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 28,1 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ [-] | 10,4 |
| rapporto del modulo | MR [-] | 209 |

***Q System (Grimstad e Barton, 1993)***

| RQD [%] | $J_r$ [-] | $J_w$ [-] |
|---|---|---|
| 30 | 1,0 | 1,0 |

| $J_n$ [-] | $J_a$ [-] | SRF [-] |
|---|---|---|
| 9,0 | 5,0 | 2,5 |

**RQD** : Rock Quality Designation
$J_n$ : Joint Set Number
$J_r$ : Joint Roughness Number
$J_a$ : Joint Alteration Number
$J_w$ : Joint Water Reduction Factor
**SRF** : Stress Reduction Factor

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| **Q'** [-] | **classe** | **qualità dell'ammasso** |
| **0,67** | E | molto scadente |

**Q'** : indice di qualità intrinseco dell'ammasso roccioso ($J_w$ = 1 e SRF = 1)

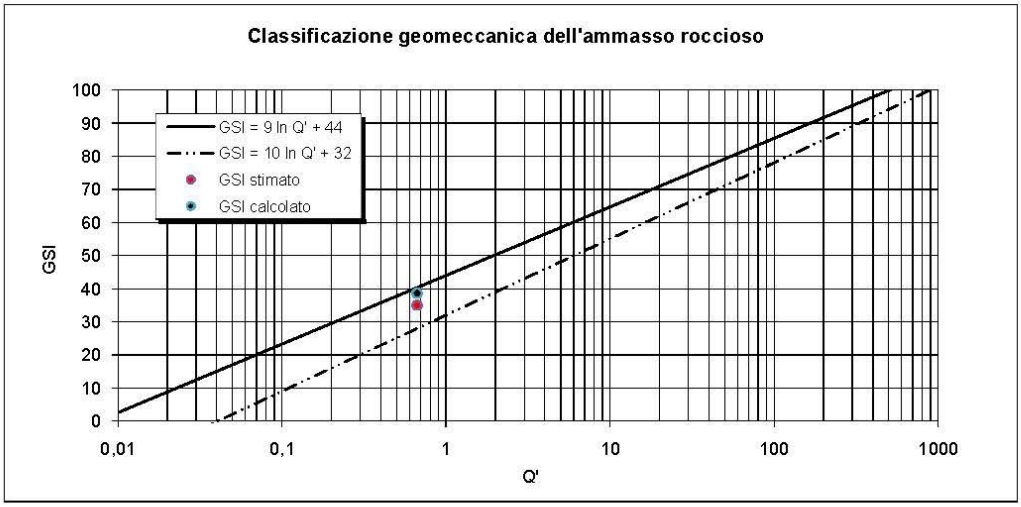
***RMR System - Geomechanics Classification (Bieniawski, 1989)***

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza a compressione monoassiale $\sigma_{ci}$ | [MPa] | 28 | 4 |
| Rock Quality Designation RQD | [%] | 30 | 7 |
| N° di famiglie di discontinuità | [-] | 3 | |
| Spaziatura delle discontinuità | [cm] | 20 | 8 |
| Condizioni delle discontinuità: | | | |
| lunghezza | [m] | 20 | 0 |
| apertura | [mm] | 90 | 0 |
| rugosità: | | | |
| descrizione | [-] | lisce | |
| JRC | [-] | 3 | 1 |
| riempimento: | | | |
| tipo | [-] | duro | |
| spessore | [mm] | 90 | 2 |
| alterazione | [-] | debolmente alterate | 5 |
| Condizioni idriche | [-] | umido | 10 |

**Rock Mass Rating intrinseco** — **RMR'** = **42**

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| **RMR'** [-] | **classe** | **qualità dell'ammasso** |
| **42** | III | discreta |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Geological Strength Index** (Hoek e Marinos., 2000) | **GSI** | calcolato | **39** |
| | | stimato | **35** |




***PARAMETRI GEOMECCANICI***

***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown***

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \cdot \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a$ *(Hoek et al., 2002)*

| *Materiale roccia* | | |
|---|---|---|
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 28,1 |
| *resistenza a trazione (calcolata)* | $\sigma_{ti}$ [MPa] | 0,1 |
| *parametro dell'inviluppo di rottura* | $m_i$ [-] | 10,4 |
| *rapporto del modulo* | MR [-] | 209 |

| *Coefficiente di disturbo* | D [-] | 0,7 |
|---|---|---|

| *Ammasso roccioso - Condizioni di picco* | | |
|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ [-] | 0,29 |
| | s [-] | 8,1E-05 |
| | a [-] | 0,52 |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ [MPa] | 0,01 |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ [MPa] | 0,22 |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ [MPa] | 1,86 |

| *Ammasso roccioso - Condizioni post-rottura* | | |
|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ [-] | 0,20 |
| | s [-] | 8,1E-06 |
| | a [-] | 0,52 |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ [MPa] | 0,00 |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ [MPa] | 0,07 |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ [MPa] | 1,54 |

***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Mohr-Coulomb***

$\tau = c' + \sigma \operatorname{tg} \varphi'$ ***Campo tensionale di validità [MPa]*** 0,0 | 0,3

| *Ammasso roccioso - Condizioni di picco* | | |
|---|---|---|
| *Angolo di resistenza al taglio efficace* | $\varphi'$ [°] | 41,76 |
| *Coesione efficace* | c' [MPa] | 0,09 |

| *Ammasso roccioso - Condizioni post-rottura* | | |
|---|---|---|
| *Angolo di resistenza al taglio efficace* | $\varphi'$ [°] | 38,80 |
| *Coesione efficace* | c' [MPa] | 0,07 |

***Modulo di deformabilità***

| | | |
|---|---|---|
| *(Serafim e Pereira, 1983; Hoek et al., 2002)* | $E_m$ [GPa] | 1,45 |
| *(Hoek e Diederichs, 2006)* | $E_m$ [GPa] | 0,26 |

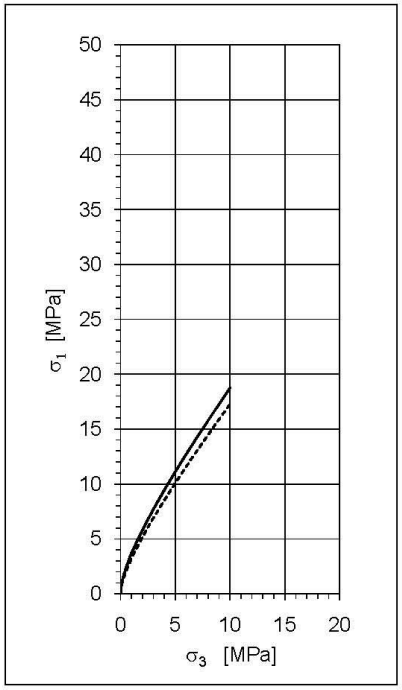
*INVILUPPO DI ROTTURA DELL'AMMASSO ROCCIOSO*

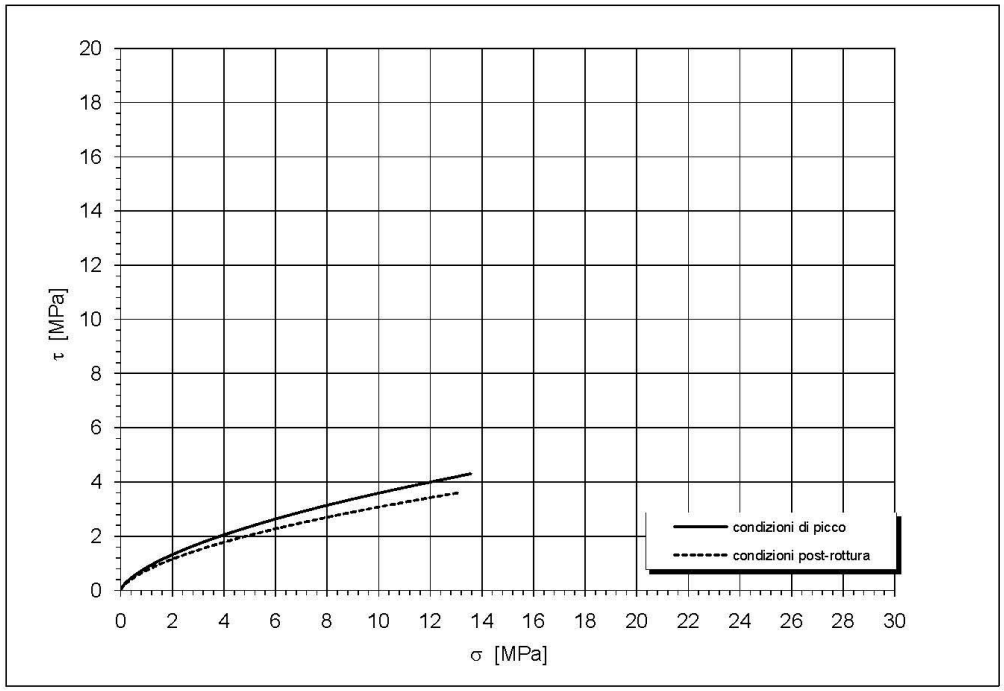
| | picco | post-rottura | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\sigma_3$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $c_i$ [MPa] | $\varphi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] | $\varphi_i$ [°] |
| | | | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,01 | | | | |
| 0,00 | 0,22 | 0,07 | 0,01 | 0,05 | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 61 | 0,01 | 70 |
| 0,05 | 0,66 | 0,53 | 0,13 | 0,21 | 0,12 | 0,17 | 0,07 | 47 | 0,05 | 45 |
| 0,10 | 0,95 | 0,78 | 0,24 | 0,31 | 0,22 | 0,26 | 0,10 | 42 | 0,08 | 39 |
| 0,15 | 1,18 | 0,99 | 0,34 | 0,40 | 0,32 | 0,34 | 0,13 | 39 | 0,10 | 36 |
| 0,20 | 1,39 | 1,17 | 0,44 | 0,48 | 0,42 | 0,40 | 0,15 | 37 | 0,13 | 34 |
| 0,25 | 1,58 | 1,34 | 0,53 | 0,54 | 0,51 | 0,46 | 0,17 | 35 | 0,15 | 32 |
| 0,30 | 1,75 | 1,49 | 0,63 | 0,61 | 0,60 | 0,52 | 0,19 | 33 | 0,17 | 30 |
| 0,35 | 1,92 | 1,64 | 0,72 | 0,66 | 0,68 | 0,56 | 0,22 | 32 | 0,18 | 29 |
| 0,40 | 2,08 | 1,78 | 0,81 | 0,72 | 0,77 | 0,61 | 0,23 | 31 | 0,20 | 28 |
| 0,45 | 2,23 | 1,92 | 0,89 | 0,77 | 0,85 | 0,65 | 0,25 | 30 | 0,22 | 27 |
| 0,50 | 2,38 | 2,05 | 0,98 | 0,82 | 0,93 | 0,70 | 0,27 | 29 | 0,23 | 26 |
| 0,60 | 2,66 | 2,31 | 1,15 | 0,91 | 1,09 | 0,77 | 0,31 | 28 | 0,26 | 25 |
| 0,70 | 2,93 | 2,55 | 1,32 | 1,00 | 1,25 | 0,84 | 0,34 | 27 | 0,29 | 24 |
| 0,80 | 3,19 | 2,78 | 1,48 | 1,08 | 1,40 | 0,91 | 0,37 | 26 | 0,32 | 23 |
| 0,90 | 3,44 | 3,00 | 1,64 | 1,15 | 1,56 | 0,97 | 0,40 | 25 | 0,34 | 22 |
| 1,00 | 3,68 | 3,22 | 1,79 | 1,22 | 1,71 | 1,03 | 0,42 | 24 | 0,37 | 21 |
| 1,10 | 3,91 | 3,43 | 1,95 | 1,29 | 1,85 | 1,09 | 0,45 | 23 | 0,39 | 21 |
| 1,20 | 4,14 | 3,64 | 2,10 | 1,36 | 2,00 | 1,14 | 0,48 | 23 | 0,41 | 20 |
| 1,30 | 4,36 | 3,84 | 2,25 | 1,42 | 2,14 | 1,20 | 0,50 | 22 | 0,43 | 20 |
| 1,40 | 4,58 | 4,04 | 2,40 | 1,48 | 2,29 | 1,25 | 0,53 | 22 | 0,46 | 19 |
| 1,50 | 4,80 | 4,23 | 2,55 | 1,54 | 2,43 | 1,30 | 0,55 | 21 | 0,48 | 19 |
| 1,60 | 5,01 | 4,43 | 2,70 | 1,59 | 2,57 | 1,34 | 0,57 | 21 | 0,50 | 18 |
| 1,70 | 5,22 | 4,62 | 2,85 | 1,65 | 2,71 | 1,39 | 0,60 | 20 | 0,51 | 18 |
| 1,80 | 5,42 | 4,80 | 2,99 | 1,70 | 2,85 | 1,43 | 0,62 | 20 | 0,53 | 18 |
| 1,90 | 5,62 | 4,99 | 3,14 | 1,75 | 2,99 | 1,48 | 0,64 | 20 | 0,55 | 17 |
| 2,00 | 5,82 | 5,17 | 3,28 | 1,80 | 3,13 | 1,52 | 0,66 | 19 | 0,57 | 17 |
| 2,20 | 6,21 | 5,53 | 3,57 | 1,90 | 3,40 | 1,60 | 0,70 | 19 | 0,60 | 16 |
| 2,40 | 6,60 | 5,88 | 3,85 | 1,99 | 3,67 | 1,68 | 0,74 | 18 | 0,64 | 16 |
| 2,60 | 6,97 | 6,23 | 4,13 | 2,08 | 3,94 | 1,75 | 0,78 | 18 | 0,67 | 15 |
| 2,80 | 7,34 | 6,57 | 4,40 | 2,17 | 4,20 | 1,82 | 0,81 | 17 | 0,70 | 15 |
| 3,00 | 7,71 | 6,91 | 4,68 | 2,25 | 4,46 | 1,89 | 0,85 | 17 | 0,73 | 15 |
| 3,20 | 8,07 | 7,24 | 4,95 | 2,33 | 4,72 | 1,96 | 0,88 | 16 | 0,76 | 14 |
| 3,40 | 8,42 | 7,57 | 5,22 | 2,41 | 4,98 | 2,02 | 0,92 | 16 | 0,79 | 14 |
| 3,60 | 8,77 | 7,90 | 5,49 | 2,49 | 5,24 | 2,09 | 0,95 | 16 | 0,82 | 14 |
| 3,80 | 9,12 | 8,22 | 5,75 | 2,56 | 5,50 | 2,15 | 0,98 | 15 | 0,85 | 13 |
| 4,00 | 9,46 | 8,54 | 6,02 | 2,64 | 5,75 | 2,21 | 1,01 | 15 | 0,87 | 13 |
| 4,20 | 9,80 | 8,85 | 6,28 | 2,71 | 6,01 | 2,27 | 1,05 | 15 | 0,90 | 13 |
| 4,40 | 10,13 | 9,16 | 6,55 | 2,77 | 6,26 | 2,32 | 1,08 | 15 | 0,92 | 13 |
| 4,60 | 10,47 | 9,47 | 6,81 | 2,84 | 6,51 | 2,38 | 1,10 | 14 | 0,95 | 12 |
| 4,80 | 10,80 | 9,78 | 7,07 | 2,91 | 6,77 | 2,44 | 1,13 | 14 | 0,97 | 12 |
| 5,00 | 11,12 | 10,09 | 7,33 | 2,97 | 7,02 | 2,49 | 1,16 | 14 | 1,00 | 12 |
| 5,50 | 11,93 | 10,85 | 7,97 | 3,13 | 7,64 | 2,62 | 1,23 | 13 | 1,06 | 12 |
| 6,00 | 12,73 | 11,59 | 8,61 | 3,28 | 8,25 | 2,74 | 1,30 | 13 | 1,11 | 11 |
| 6,50 | 13,51 | 12,33 | 9,24 | 3,42 | 8,87 | 2,86 | 1,36 | 13 | 1,17 | 11 |
| 7,00 | 14,28 | 13,05 | 9,87 | 3,56 | 9,47 | 2,98 | 1,42 | 12 | 1,22 | 11 |
| 7,50 | 15,05 | 13,77 | 10,50 | 3,69 | 10,08 | 3,09 | 1,48 | 12 | 1,27 | 10 |
| 8,00 | 15,80 | 14,48 | 11,12 | 3,82 | 10,68 | 3,19 | 1,54 | 12 | 1,32 | 10 |
| 8,50 | 16,55 | 15,19 | 11,74 | 3,95 | 11,28 | 3,30 | 1,60 | 11 | 1,37 | 10 |
| 9,00 | 17,29 | 15,89 | 12,35 | 4,07 | 11,88 | 3,40 | 1,65 | 11 | 1,41 | 9 |
| 9,50 | 18,02 | 16,59 | 12,96 | 4,19 | 12,47 | 3,50 | 1,71 | 11 | 1,46 | 9 |
| 10,00 | 18,75 | 17,28 | 13,57 | 4,30 | 13,06 | 3,59 | 1,76 | 11 | 1,50 | 9 |

# Inviluppi di rottura dell'ammasso roccioso

**SS 1 Aurelia - Variante di Imperia**
**SS 28**

**RG 5 - parametri medi**




***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown***

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \cdot \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a$ *(Hoek et al., 2002)*

| *Materiale roccia* | | |
|---|---|---|
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_{ci}$ *[MPa]* | *28,1* |
| *resistenza a trazione (calcolata)* | $\sigma_{ti}$ *[MPa]* | *0,1* |
| *parametro dell'inviluppo di rottura* | $m_i$ *[-]* | *10,4* |

| ***Geological Strength Index*** *(Hoek e Marinos., 2000)* | ***35*** |
|---|---|

| *Parametri di resistenza dell'ammasso roccioso* | | *picco* | *post-rottura* |
|---|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ *[-]* | *0,29* | *0,20* |
| | $s$ *[-]* | *8,1E-05* | *8,1E-06* |
| | $a$ *[-]* | *0,52* | *0,52* |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ *[MPa]* | *0,01* | *0,00* |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ *[MPa]* | *0,22* | *0,07* |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ *[MPa]* | *1,86* | *1,54* |
| *modulo di deformabilità* | $E_m$ *[GPa]* | *1,45 - 0,26* | |

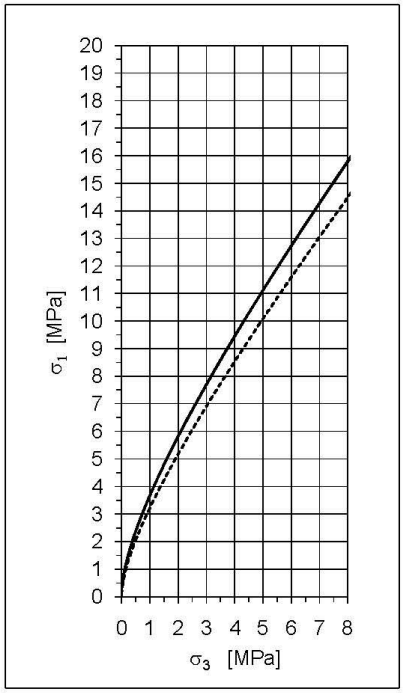
***INVILUPPO DI ROTTURA DELL'AMMASSO ROCCIOSO*** *($\sigma_3$ = 0 - 1 MPa)*

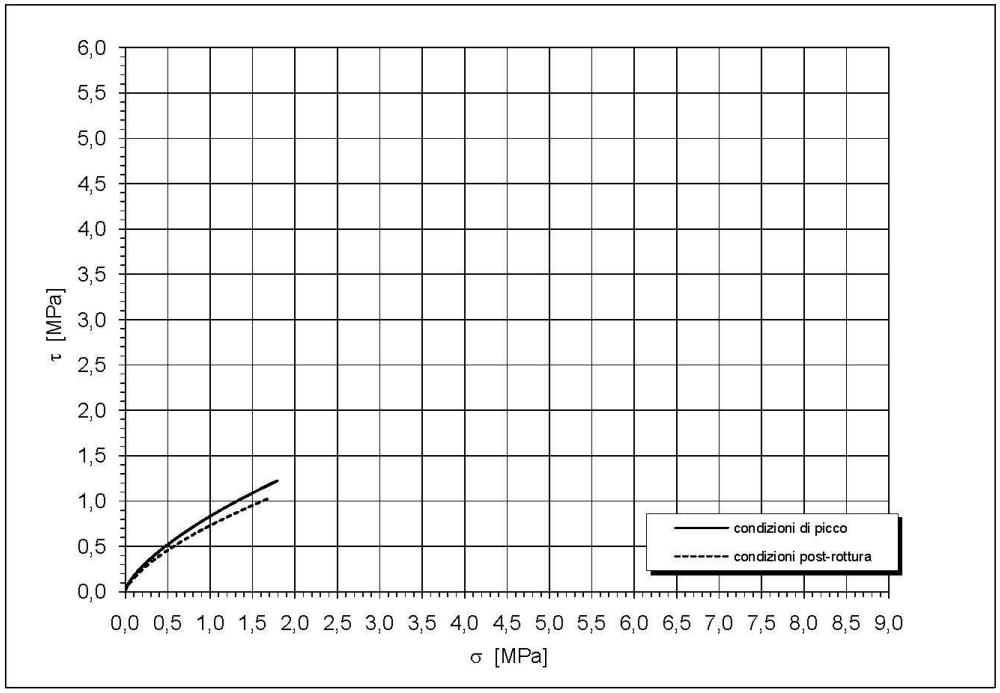
| | *picco* | *post-rottura* | *condizioni di picco* | | *condizioni post-rottura* | | *condizioni di picco* | | *condizioni post-rottura* | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\sigma_3$ *[MPa]* | $\sigma_1$ *[MPa]* | $\sigma_1$ *[MPa]* | $\sigma_n$ *[MPa]* | $\tau$ *[MPa]* | $\sigma_n$ *[MPa]* | $\tau$ *[MPa]* | $c_i$ *[kPa]* | $\varphi_i$ *[°]* | $c_i$ *[kPa]* | $\varphi_i$ *[°]* |
| | | | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,01 | | | | |
| 0,00 | 0,22 | 0,07 | 0,01 | 0,05 | 0,00 | 0,01 | 28 | 61 | 6 | 70 |
| 0,01 | 0,34 | 0,23 | 0,04 | 0,09 | 0,03 | 0,06 | 36 | 56 | 17 | 57 |
| 0,02 | 0,44 | 0,32 | 0,06 | 0,13 | 0,05 | 0,09 | 45 | 53 | 27 | 52 |
| 0,03 | 0,52 | 0,40 | 0,09 | 0,16 | 0,08 | 0,12 | 52 | 50 | 35 | 49 |
| 0,04 | 0,60 | 0,47 | 0,11 | 0,18 | 0,10 | 0,15 | 60 | 49 | 42 | 47 |
| 0,05 | 0,66 | 0,53 | 0,13 | 0,21 | 0,12 | 0,17 | 67 | 47 | 49 | 45 |
| 0,06 | 0,73 | 0,58 | 0,15 | 0,23 | 0,14 | 0,19 | 73 | 46 | 56 | 44 |
| 0,07 | 0,78 | 0,64 | 0,18 | 0,25 | 0,16 | 0,21 | 80 | 45 | 62 | 42 |
| 0,08 | 0,84 | 0,69 | 0,20 | 0,27 | 0,18 | 0,23 | 86 | 44 | 68 | 41 |
| 0,09 | 0,89 | 0,73 | 0,22 | 0,29 | 0,20 | 0,25 | 92 | 43 | 73 | 40 |
| 0,10 | 0,95 | 0,78 | 0,24 | 0,31 | 0,22 | 0,26 | 98 | 42 | 79 | 39 |
| 0,11 | 0,99 | 0,82 | 0,26 | 0,33 | 0,24 | 0,28 | 104 | 41 | 84 | 39 |
| 0,12 | 1,04 | 0,87 | 0,28 | 0,35 | 0,26 | 0,29 | 109 | 41 | 89 | 38 |
| 0,13 | 1,09 | 0,91 | 0,30 | 0,37 | 0,28 | 0,31 | 115 | 40 | 94 | 37 |
| 0,14 | 1,13 | 0,95 | 0,32 | 0,38 | 0,30 | 0,32 | 120 | 39 | 99 | 37 |
| 0,15 | 1,18 | 0,99 | 0,34 | 0,40 | 0,32 | 0,34 | 125 | 39 | 104 | 36 |
| 0,16 | 1,22 | 1,02 | 0,36 | 0,42 | 0,34 | 0,35 | 131 | 38 | 109 | 35 |
| 0,17 | 1,26 | 1,06 | 0,38 | 0,43 | 0,36 | 0,37 | 136 | 38 | 113 | 35 |
| 0,18 | 1,31 | 1,10 | 0,40 | 0,45 | 0,38 | 0,38 | 141 | 37 | 118 | 35 |
| 0,19 | 1,35 | 1,13 | 0,42 | 0,46 | 0,40 | 0,39 | 145 | 37 | 122 | 34 |
| 0,20 | 1,39 | 1,17 | 0,44 | 0,48 | 0,42 | 0,40 | 150 | 37 | 126 | 34 |
| 0,22 | 1,46 | 1,24 | 0,48 | 0,50 | 0,45 | 0,43 | 160 | 36 | 135 | 33 |
| 0,24 | 1,54 | 1,30 | 0,52 | 0,53 | 0,49 | 0,45 | 169 | 35 | 143 | 32 |
| 0,26 | 1,61 | 1,37 | 0,55 | 0,56 | 0,52 | 0,47 | 178 | 34 | 151 | 32 |
| 0,28 | 1,68 | 1,43 | 0,59 | 0,58 | 0,56 | 0,49 | 186 | 34 | 159 | 31 |
| 0,30 | 1,75 | 1,49 | 0,63 | 0,61 | 0,60 | 0,52 | 195 | 33 | 166 | 30 |
| 0,32 | 1,82 | 1,55 | 0,66 | 0,63 | 0,63 | 0,54 | 203 | 33 | 174 | 30 |
| 0,34 | 1,89 | 1,61 | 0,70 | 0,65 | 0,66 | 0,55 | 211 | 32 | 181 | 29 |
| 0,36 | 1,95 | 1,67 | 0,74 | 0,68 | 0,70 | 0,57 | 219 | 32 | 188 | 29 |
| 0,38 | 2,02 | 1,73 | 0,77 | 0,70 | 0,73 | 0,59 | 227 | 31 | 195 | 28 |
| 0,40 | 2,08 | 1,78 | 0,81 | 0,72 | 0,77 | 0,61 | 235 | 31 | 202 | 28 |
| 0,42 | 2,14 | 1,84 | 0,84 | 0,74 | 0,80 | 0,63 | 242 | 31 | 208 | 28 |
| 0,44 | 2,20 | 1,89 | 0,88 | 0,76 | 0,83 | 0,65 | 250 | 30 | 215 | 27 |
| 0,46 | 2,26 | 1,95 | 0,91 | 0,78 | 0,87 | 0,66 | 257 | 30 | 221 | 27 |
| 0,48 | 2,32 | 2,00 | 0,95 | 0,80 | 0,90 | 0,68 | 264 | 30 | 227 | 27 |
| 0,50 | 2,38 | 2,05 | 0,98 | 0,82 | 0,93 | 0,70 | 271 | 29 | 234 | 26 |
| 0,55 | 2,52 | 2,18 | 1,07 | 0,87 | 1,01 | 0,74 | 288 | 29 | 249 | 26 |
| 0,60 | 2,66 | 2,31 | 1,15 | 0,91 | 1,09 | 0,77 | 305 | 28 | 263 | 25 |
| 0,65 | 2,80 | 2,43 | 1,23 | 0,96 | 1,17 | 0,81 | 321 | 27 | 278 | 24 |
| 0,70 | 2,93 | 2,55 | 1,32 | 1,00 | 1,25 | 0,84 | 337 | 27 | 291 | 24 |
| 0,75 | 3,06 | 2,66 | 1,40 | 1,04 | 1,33 | 0,88 | 353 | 26 | 305 | 23 |
| 0,80 | 3,19 | 2,78 | 1,48 | 1,08 | 1,40 | 0,91 | 368 | 26 | 318 | 23 |
| 0,85 | 3,31 | 2,89 | 1,56 | 1,11 | 1,48 | 0,94 | 382 | 25 | 331 | 22 |
| 0,90 | 3,44 | 3,00 | 1,64 | 1,15 | 1,56 | 0,97 | 397 | 25 | 343 | 22 |
| 0,95 | 3,56 | 3,11 | 1,72 | 1,19 | 1,63 | 1,00 | 411 | 24 | 355 | 22 |
| 1,00 | 3,68 | 3,22 | 1,79 | 1,22 | 1,71 | 1,03 | 424 | 24 | 367 | 21 |

## *Inviluppi di rottura dell'ammasso roccioso*
## *(0 < $\sigma_3$ < 1 MPa)*

***SS 1 Aurelia - Variante di Imperia***
***SS 28***

***RG 5 - parametri medi***




***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown***

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b * \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a$ *(Hoek et al., 2002)*

| *Materiale roccia* | | |
|---|---|---|
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_{ci}$ *[MPa]* | *28,1* |
| *resistenza a trazione (calcolata)* | $\sigma_{ti}$ *[MPa]* | *0,1* |
| *parametro dell'inviluppo di rottura* | $m_i$ *[-]* | *10,4* |

| ***Geological Strength Index*** *(Hoek e Marinos., 2000)* | ***35*** |
|---|---|

| *Parametri di resistenza dell'ammasso roccioso* | | *picco* | *post-rottura* |
|---|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ *[-]* | *0,29* | *0,20* |
| | $s$ *[-]* | *8,1E-05* | *8,1E-06* |
| | $a$ *[-]* | *0,52* | *0,52* |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ *[MPa]* | *0,01* | *0,00* |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ *[MPa]* | *0,22* | *0,07* |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ *[MPa]* | *1,86* | *1,54* |
| *modulo di deformabilità* | $E_m$ *[GPa]* | *1,45 - 0,26* | |

***DEFINIZIONE DEI PARAMETRI GEOMECCANICI DI RESISTENZA E DEFORMABILITA'***

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia - Variante di Imperia |
| **Località** | Villa Astra - Oliveto |
| **Data** | 16/04/10 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | RG 6 - parametri medi |

***Litologia e descrizione geologica generale***

Arenarie medio-fini grigie, nocciola in alterazione, con gradazione e laminazioni da piano-parallele a convolute in strati di spessore decimetrico separati da sottili interstrati siltitici di spessore centimetrico.

***Tipo di ammasso roccioso secondo la classificazione di Hoek e Marinos, 2000 e parametri di base del materiale roccia***

| tipo ammasso | alternanze | classe | B | litotipo a | litotipo b |
|---|---|---|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | | | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 58 | - |
| parametro dell'inviluppo di rottura | | | $m_i$ [-] | 17 | - |
| rapporto del modulo | | | MR [-] | 275 | - |
| percentuale relativa | | | [%] | 100 | 0 |

***Parametri del materiale roccia assunti per la classificazione e la parametrizzazione***

| | | |
|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 58,0 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ [-] | 17 |
| rapporto del modulo | MR [-] | 275 |

***Q System (Grimstad e Barton, 1993)***

| RQD [%] | $J_r$ [-] | $J_w$ [-] |
|---|---|---|
| 40 | 1,0 | 1,0 |

| $J_n$ [-] | $J_a$ [-] | SRF [-] |
|---|---|---|
| 9,0 | 5,0 | 2,5 |

**RQD** : Rock Quality Designation
$J_n$ : Joint Set Number
$J_r$ : Joint Roughness Number
$J_a$ : Joint Alteration Number
$J_w$ : Joint Water Reduction Factor
**SRF** : Stress Reduction Factor

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| **Q'** [-] | **classe** | **qualità dell'ammasso** |
| **0,89** | E | molto scadente |

**Q'** : indice di qualità intrinseco dell'ammasso roccioso ($J_w$ = 1 e SRF = 1)

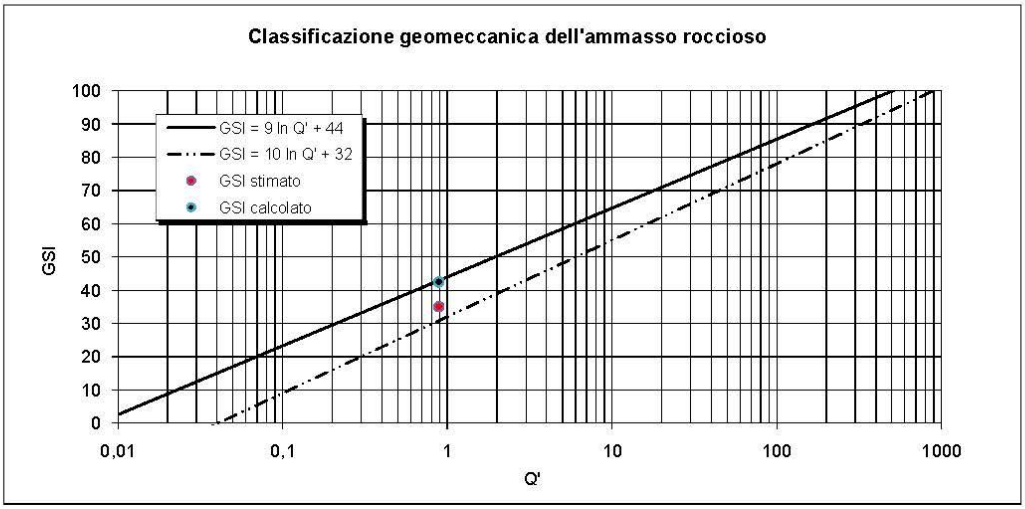
***RMR System - Geomechanics Classification (Bieniawski, 1989)***

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza a compressione monoassiale $\sigma_{ci}$ | [MPa] | 58 | 6 |
| Rock Quality Designation RQD | [%] | 40 | 8 |
| N° di famiglie di discontinuità | [-] | 3 | |
| Spaziatura delle discontinuità | [cm] | 20 | 8 |
| Condizioni delle discontinuità: | | | |
| lunghezza | [m] | 20 | 0 |
| apertura | [mm] | 5 | 1 |
| rugosità: | | | |
| descrizione | [-] | lisce | |
| JRC | [-] | 3 | 1 |
| riempimento: | | | |
| tipo | [-] | duro | |
| spessore | [mm] | 5 | 3 |
| alterazione | [-] | debolmente alterate | 5 |
| Condizioni idriche | [-] | umido | 10 |

**Rock Mass Rating intrinseco** — **RMR'** = **47**

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| **RMR'** [-] | **classe** | **qualità dell'ammasso** |
| **47** | III | discreta |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Geological Strength Index** (Hoek e Marinos., 2000) | **GSI** | calcolato | **42** |
| | | stimato | **35** |




***PARAMETRI GEOMECCANICI***

***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown***

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \cdot \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a$ *(Hoek et al., 2002)*

| *Materiale roccia* | | |
|---|---|---|
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 58,0 |
| *resistenza a trazione (calcolata)* | $\sigma_{ti}$ [MPa] | 0,2 |
| *parametro dell'inviluppo di rottura* | $m_i$ [-] | 17 |
| *rapporto del modulo* | MR [-] | 275 |

| *Coefficiente di disturbo* | D [-] | 0,7 |
|---|---|---|

| *Ammasso roccioso - Condizioni di picco* | | |
|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ [-] | 0,48 |
| | s [-] | 8,1E-05 |
| | a [-] | 0,52 |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ [MPa] | 0,01 |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ [MPa] | 0,45 |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ [MPa] | 4,93 |

| *Ammasso roccioso - Condizioni post-rottura* | | |
|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ [-] | 0,33 |
| | s [-] | 8,1E-06 |
| | a [-] | 0,52 |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ [MPa] | 0,00 |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ [MPa] | 0,14 |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ [MPa] | 4,09 |

***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Mohr-Coulomb***

$\tau = c' + \sigma \operatorname{tg} \varphi'$ **Campo tensionale di validità [MPa]** 0,0 — 0,3

| *Ammasso roccioso - Condizioni di picco* | | |
|---|---|---|
| *Angolo di resistenza al taglio efficace* | $\varphi'$ [°] | 51,64 |
| *Coesione efficace* | $c'$ [MPa] | 0,13 |

| *Ammasso roccioso - Condizioni post-rottura* | | |
|---|---|---|
| *Angolo di resistenza al taglio efficace* | $\varphi'$ [°] | 48,94 |
| *Coesione efficace* | $c'$ [MPa] | 0,10 |

***Modulo di deformabilità***

| | | |
|---|---|---|
| *(Serafim e Pereira, 1983; Hoek et al., 2002)* | $E_m$ [GPa] | 2,09 |
| *(Hoek e Diederichs, 2006)* | $E_m$ [GPa] | 0,71 |

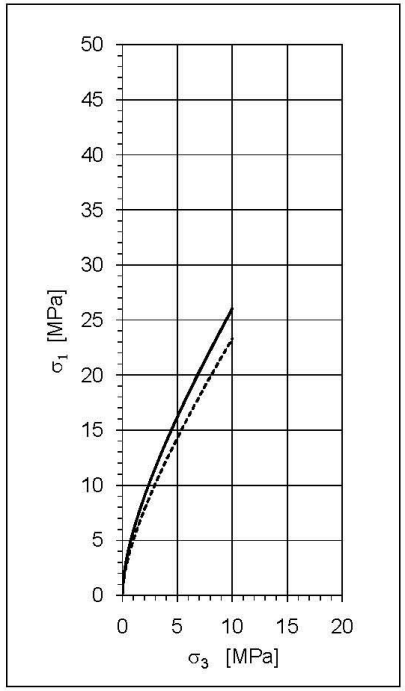
*INVILUPPO DI ROTTURA DELL'AMMASSO ROCCIOSO*

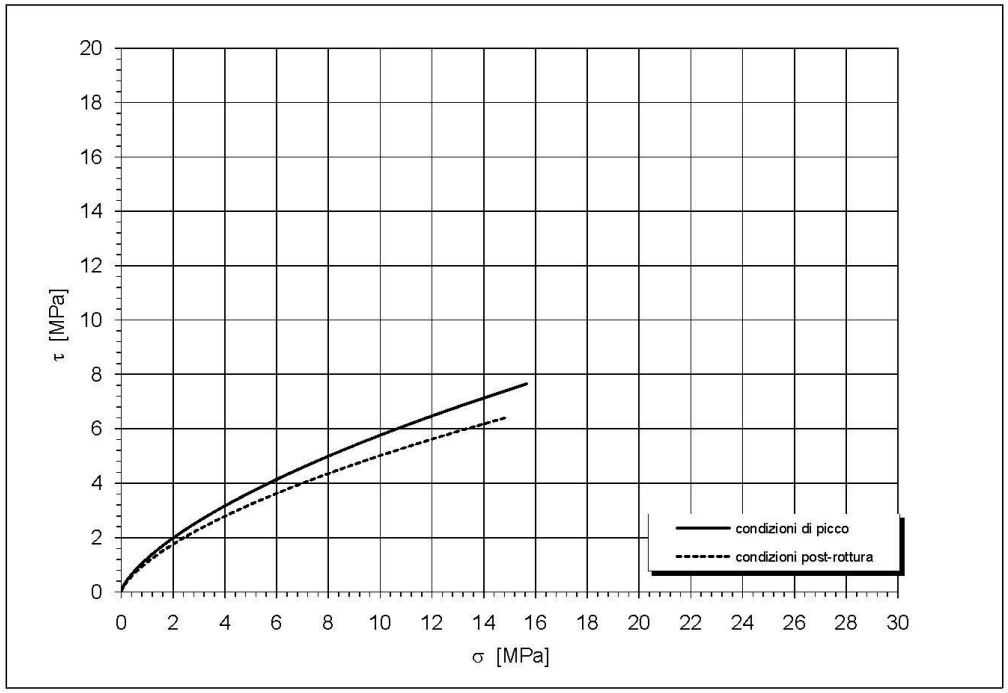
| | picco | post-rottura | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\sigma_3$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $c_i$ [MPa] | $\varphi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] | $\varphi_i$ [°] |
| | | | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,01 | | | | |
| 0,00 | 0,45 | 0,14 | 0,02 | 0,09 | 0,00 | 0,02 | 0,05 | 67 | 0,01 | 74 |
| 0,05 | 1,19 | 0,93 | 0,15 | 0,32 | 0,13 | 0,25 | 0,10 | 56 | 0,07 | 55 |
| 0,10 | 1,66 | 1,35 | 0,27 | 0,48 | 0,25 | 0,40 | 0,14 | 52 | 0,11 | 49 |
| 0,15 | 2,04 | 1,68 | 0,38 | 0,62 | 0,36 | 0,53 | 0,18 | 49 | 0,15 | 46 |
| 0,20 | 2,38 | 1,97 | 0,50 | 0,75 | 0,47 | 0,64 | 0,22 | 47 | 0,18 | 44 |
| 0,25 | 2,68 | 2,24 | 0,61 | 0,86 | 0,58 | 0,74 | 0,25 | 45 | 0,21 | 42 |
| 0,30 | 2,96 | 2,48 | 0,71 | 0,97 | 0,68 | 0,83 | 0,29 | 44 | 0,24 | 41 |
| 0,35 | 3,23 | 2,71 | 0,82 | 1,06 | 0,78 | 0,91 | 0,32 | 42 | 0,27 | 39 |
| 0,40 | 3,48 | 2,93 | 0,92 | 1,16 | 0,88 | 0,99 | 0,35 | 41 | 0,30 | 38 |
| 0,45 | 3,72 | 3,14 | 1,03 | 1,25 | 0,98 | 1,07 | 0,37 | 40 | 0,32 | 37 |
| 0,50 | 3,95 | 3,34 | 1,13 | 1,33 | 1,08 | 1,14 | 0,40 | 39 | 0,35 | 36 |
| 0,60 | 4,38 | 3,72 | 1,33 | 1,49 | 1,27 | 1,28 | 0,45 | 38 | 0,39 | 35 |
| 0,70 | 4,79 | 4,08 | 1,52 | 1,64 | 1,45 | 1,41 | 0,50 | 37 | 0,44 | 34 |
| 0,80 | 5,17 | 4,42 | 1,71 | 1,78 | 1,64 | 1,52 | 0,55 | 36 | 0,48 | 33 |
| 0,90 | 5,55 | 4,74 | 1,90 | 1,91 | 1,82 | 1,64 | 0,60 | 35 | 0,52 | 32 |
| 1,00 | 5,90 | 5,06 | 2,09 | 2,04 | 1,99 | 1,74 | 0,64 | 34 | 0,56 | 31 |
| 1,10 | 6,25 | 5,36 | 2,27 | 2,16 | 2,17 | 1,85 | 0,68 | 33 | 0,60 | 30 |
| 1,20 | 6,58 | 5,66 | 2,45 | 2,27 | 2,34 | 1,94 | 0,72 | 32 | 0,63 | 29 |
| 1,30 | 6,91 | 5,95 | 2,63 | 2,39 | 2,51 | 2,04 | 0,76 | 32 | 0,67 | 29 |
| 1,40 | 7,22 | 6,23 | 2,81 | 2,49 | 2,68 | 2,13 | 0,80 | 31 | 0,70 | 28 |
| 1,50 | 7,53 | 6,50 | 2,99 | 2,60 | 2,85 | 2,22 | 0,84 | 31 | 0,73 | 28 |
| 1,60 | 7,84 | 6,77 | 3,16 | 2,70 | 3,01 | 2,30 | 0,88 | 30 | 0,77 | 27 |
| 1,70 | 8,13 | 7,04 | 3,33 | 2,80 | 3,17 | 2,39 | 0,91 | 30 | 0,80 | 27 |
| 1,80 | 8,42 | 7,29 | 3,50 | 2,90 | 3,34 | 2,47 | 0,95 | 29 | 0,83 | 26 |
| 1,90 | 8,71 | 7,55 | 3,67 | 2,99 | 3,50 | 2,55 | 0,98 | 29 | 0,86 | 26 |
| 2,00 | 8,99 | 7,80 | 3,84 | 3,08 | 3,66 | 2,62 | 1,02 | 28 | 0,89 | 25 |
| 2,20 | 9,54 | 8,29 | 4,18 | 3,26 | 3,98 | 2,77 | 1,08 | 27 | 0,95 | 25 |
| 2,40 | 10,08 | 8,77 | 4,51 | 3,43 | 4,29 | 2,91 | 1,15 | 27 | 1,00 | 24 |
| 2,60 | 10,60 | 9,24 | 4,83 | 3,59 | 4,60 | 3,05 | 1,21 | 26 | 1,06 | 23 |
| 2,80 | 11,11 | 9,70 | 5,16 | 3,75 | 4,91 | 3,18 | 1,27 | 26 | 1,11 | 23 |
| 3,00 | 11,61 | 10,15 | 5,48 | 3,90 | 5,21 | 3,31 | 1,33 | 25 | 1,16 | 22 |
| 3,20 | 12,10 | 10,59 | 5,79 | 4,05 | 5,52 | 3,43 | 1,39 | 25 | 1,21 | 22 |
| 3,40 | 12,58 | 11,03 | 6,11 | 4,19 | 5,82 | 3,55 | 1,44 | 24 | 1,26 | 21 |
| 3,60 | 13,06 | 11,46 | 6,42 | 4,33 | 6,11 | 3,66 | 1,50 | 24 | 1,30 | 21 |
| 3,80 | 13,52 | 11,88 | 6,73 | 4,46 | 6,41 | 3,78 | 1,55 | 23 | 1,35 | 21 |
| 4,00 | 13,99 | 12,29 | 7,04 | 4,59 | 6,70 | 3,89 | 1,60 | 23 | 1,40 | 20 |
| 4,20 | 14,44 | 12,71 | 7,35 | 4,72 | 6,99 | 3,99 | 1,65 | 23 | 1,44 | 20 |
| 4,40 | 14,89 | 13,11 | 7,65 | 4,85 | 7,28 | 4,10 | 1,70 | 22 | 1,48 | 20 |
| 4,60 | 15,33 | 13,51 | 7,95 | 4,97 | 7,57 | 4,20 | 1,75 | 22 | 1,53 | 19 |
| 4,80 | 15,77 | 13,91 | 8,25 | 5,09 | 7,86 | 4,30 | 1,80 | 22 | 1,57 | 19 |
| 5,00 | 16,20 | 14,31 | 8,55 | 5,21 | 8,14 | 4,40 | 1,85 | 21 | 1,61 | 19 |
| 5,50 | 17,26 | 15,28 | 9,29 | 5,50 | 8,85 | 4,64 | 1,97 | 21 | 1,71 | 18 |
| 6,00 | 18,30 | 16,22 | 10,03 | 5,77 | 9,55 | 4,87 | 2,08 | 20 | 1,81 | 18 |
| 6,50 | 19,32 | 17,15 | 10,75 | 6,04 | 10,24 | 5,09 | 2,19 | 20 | 1,90 | 17 |
| 7,00 | 20,32 | 18,07 | 11,47 | 6,29 | 10,93 | 5,30 | 2,29 | 19 | 1,99 | 17 |
| 7,50 | 21,30 | 18,97 | 12,18 | 6,53 | 11,61 | 5,50 | 2,40 | 19 | 2,08 | 16 |
| 8,00 | 22,27 | 19,86 | 12,89 | 6,77 | 12,29 | 5,70 | 2,50 | 18 | 2,16 | 16 |
| 8,50 | 23,22 | 20,74 | 13,59 | 7,00 | 12,96 | 5,89 | 2,59 | 18 | 2,24 | 16 |
| 9,00 | 24,16 | 21,60 | 14,29 | 7,23 | 13,63 | 6,08 | 2,69 | 18 | 2,32 | 15 |
| 9,50 | 25,09 | 22,46 | 14,98 | 7,44 | 14,29 | 6,26 | 2,78 | 17 | 2,40 | 15 |
| 10,00 | 26,01 | 23,31 | 15,67 | 7,66 | 14,95 | 6,43 | 2,87 | 17 | 2,48 | 15 |

# Inviluppi di rottura dell'ammasso roccioso

**SS 1 Aurelia - Variante di Imperia**
**Villa Astra - Oliveto**

**RG 6 - parametri medi**




***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown***

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \cdot \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a$ *(Hoek et al., 2002)*

| *Materiale roccia* | | |
|---|---|---|
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_{ci}$ *[MPa]* | *58,0* |
| *resistenza a trazione (calcolata)* | $\sigma_{ti}$ *[MPa]* | *0,2* |
| *parametro dell'inviluppo di rottura* | $m_i$ *[-]* | *17,0* |

| ***Geological Strength Index*** *(Hoek e Marinos., 2000)* | ***35*** |
|---|---|

| *Parametri di resistenza dell'ammasso roccioso* | | *picco* | *post-rottura* |
|---|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ *[-]* | *0,48* | *0,33* |
| | $s$ *[-]* | *8,1E-05* | *8,1E-06* |
| | $a$ *[-]* | *0,52* | *0,52* |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ *[MPa]* | *0,01* | *0,00* |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ *[MPa]* | *0,45* | *0,14* |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ *[MPa]* | *4,93* | *4,09* |
| *modulo di deformabilità* | $E_m$ *[GPa]* | *2,09 - 0,71* | |

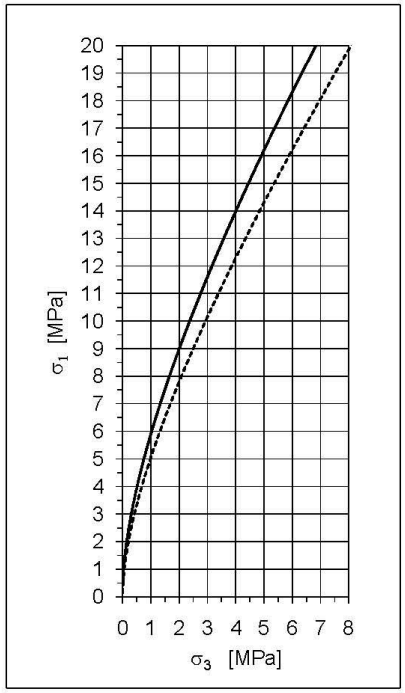
*INVILUPPO DI ROTTURA DELL'AMMASSO ROCCIOSO* ($\sigma_3$ = 0 - 1 MPa)

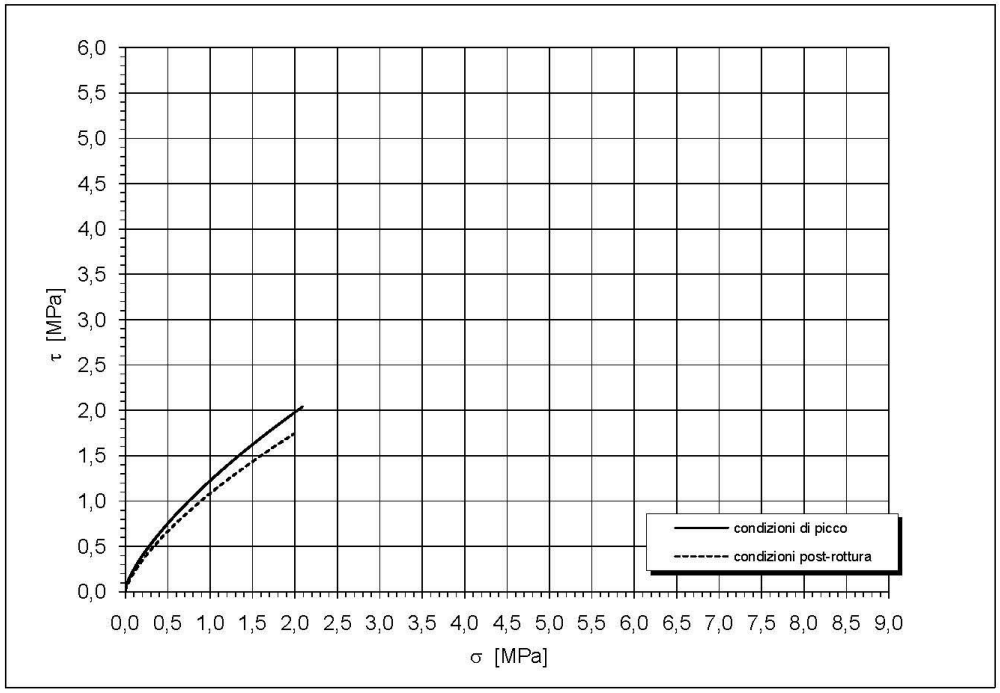
| | picco | post-rottura | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\sigma_3$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $c_i$ [kPa] | $\varphi_i$ [°] | $c_i$ [kPa] | $\varphi_i$ [°] |
| | | | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,01 | | | | |
| 0,00 | 0,45 | 0,14 | 0,02 | 0,09 | 0,00 | 0,02 | 45 | 67 | 10 | 74 |
| 0,01 | 0,66 | 0,41 | 0,04 | 0,14 | 0,03 | 0,09 | 57 | 63 | 25 | 64 |
| 0,02 | 0,82 | 0,58 | 0,07 | 0,19 | 0,06 | 0,14 | 68 | 61 | 38 | 61 |
| 0,03 | 0,95 | 0,71 | 0,10 | 0,24 | 0,08 | 0,18 | 78 | 59 | 49 | 58 |
| 0,04 | 1,08 | 0,82 | 0,12 | 0,28 | 0,11 | 0,22 | 89 | 57 | 60 | 56 |
| 0,05 | 1,19 | 0,93 | 0,15 | 0,32 | 0,13 | 0,25 | 99 | 56 | 70 | 55 |
| 0,06 | 1,30 | 1,02 | 0,17 | 0,35 | 0,16 | 0,29 | 108 | 55 | 79 | 53 |
| 0,07 | 1,39 | 1,11 | 0,20 | 0,39 | 0,18 | 0,32 | 117 | 54 | 88 | 52 |
| 0,08 | 1,49 | 1,19 | 0,22 | 0,42 | 0,20 | 0,35 | 126 | 53 | 97 | 51 |
| 0,09 | 1,58 | 1,27 | 0,24 | 0,45 | 0,23 | 0,38 | 135 | 52 | 105 | 50 |
| 0,10 | 1,66 | 1,35 | 0,27 | 0,48 | 0,25 | 0,40 | 143 | 52 | 113 | 49 |
| 0,11 | 1,74 | 1,42 | 0,29 | 0,51 | 0,27 | 0,43 | 152 | 51 | 121 | 49 |
| 0,12 | 1,82 | 1,49 | 0,31 | 0,54 | 0,30 | 0,46 | 160 | 51 | 128 | 48 |
| 0,13 | 1,90 | 1,55 | 0,34 | 0,57 | 0,32 | 0,48 | 168 | 50 | 136 | 47 |
| 0,14 | 1,97 | 1,62 | 0,36 | 0,60 | 0,34 | 0,51 | 175 | 49 | 143 | 47 |
| 0,15 | 2,04 | 1,68 | 0,38 | 0,62 | 0,36 | 0,53 | 183 | 49 | 150 | 46 |
| 0,16 | 2,11 | 1,74 | 0,41 | 0,65 | 0,38 | 0,55 | 191 | 48 | 157 | 46 |
| 0,17 | 2,18 | 1,80 | 0,43 | 0,67 | 0,41 | 0,57 | 198 | 48 | 164 | 45 |
| 0,18 | 2,25 | 1,86 | 0,45 | 0,70 | 0,43 | 0,60 | 205 | 48 | 171 | 45 |
| 0,19 | 2,31 | 1,92 | 0,47 | 0,72 | 0,45 | 0,62 | 213 | 47 | 177 | 44 |
| 0,20 | 2,38 | 1,97 | 0,50 | 0,75 | 0,47 | 0,64 | 220 | 47 | 184 | 44 |
| 0,22 | 2,50 | 2,08 | 0,54 | 0,79 | 0,51 | 0,68 | 234 | 46 | 196 | 43 |
| 0,24 | 2,62 | 2,19 | 0,58 | 0,84 | 0,56 | 0,72 | 247 | 45 | 209 | 42 |
| 0,26 | 2,74 | 2,29 | 0,63 | 0,88 | 0,60 | 0,76 | 260 | 45 | 221 | 42 |
| 0,28 | 2,85 | 2,39 | 0,67 | 0,92 | 0,64 | 0,79 | 273 | 44 | 233 | 41 |
| 0,30 | 2,96 | 2,48 | 0,71 | 0,97 | 0,68 | 0,83 | 286 | 44 | 244 | 41 |
| 0,32 | 3,07 | 2,58 | 0,76 | 1,01 | 0,72 | 0,86 | 298 | 43 | 255 | 40 |
| 0,34 | 3,18 | 2,67 | 0,80 | 1,04 | 0,76 | 0,90 | 311 | 43 | 266 | 40 |
| 0,36 | 3,28 | 2,76 | 0,84 | 1,08 | 0,80 | 0,93 | 323 | 42 | 277 | 39 |
| 0,38 | 3,38 | 2,85 | 0,88 | 1,12 | 0,84 | 0,96 | 334 | 42 | 288 | 39 |
| 0,40 | 3,48 | 2,93 | 0,92 | 1,16 | 0,88 | 0,99 | 346 | 41 | 298 | 38 |
| 0,42 | 3,57 | 3,02 | 0,97 | 1,19 | 0,92 | 1,02 | 357 | 41 | 309 | 38 |
| 0,44 | 3,67 | 3,10 | 1,01 | 1,23 | 0,96 | 1,06 | 369 | 40 | 319 | 37 |
| 0,46 | 3,76 | 3,18 | 1,05 | 1,26 | 1,00 | 1,08 | 380 | 40 | 329 | 37 |
| 0,48 | 3,85 | 3,26 | 1,09 | 1,30 | 1,04 | 1,11 | 391 | 40 | 338 | 37 |
| 0,50 | 3,95 | 3,34 | 1,13 | 1,33 | 1,08 | 1,14 | 402 | 39 | 348 | 36 |
| 0,55 | 4,17 | 3,53 | 1,23 | 1,41 | 1,17 | 1,21 | 428 | 39 | 372 | 36 |
| 0,60 | 4,38 | 3,72 | 1,33 | 1,49 | 1,27 | 1,28 | 454 | 38 | 395 | 35 |
| 0,65 | 4,59 | 3,90 | 1,43 | 1,57 | 1,36 | 1,34 | 479 | 37 | 417 | 34 |
| 0,70 | 4,79 | 4,08 | 1,52 | 1,64 | 1,45 | 1,41 | 504 | 37 | 439 | 34 |
| 0,75 | 4,98 | 4,25 | 1,62 | 1,71 | 1,54 | 1,47 | 528 | 36 | 460 | 33 |
| 0,80 | 5,17 | 4,42 | 1,71 | 1,78 | 1,64 | 1,52 | 551 | 36 | 481 | 33 |
| 0,85 | 5,36 | 4,58 | 1,81 | 1,85 | 1,73 | 1,58 | 574 | 35 | 501 | 32 |
| 0,90 | 5,55 | 4,74 | 1,90 | 1,91 | 1,82 | 1,64 | 597 | 35 | 521 | 32 |
| 0,95 | 5,73 | 4,90 | 2,00 | 1,97 | 1,90 | 1,69 | 619 | 34 | 540 | 31 |
| 1,00 | 5,90 | 5,06 | 2,09 | 2,04 | 1,99 | 1,74 | 640 | 34 | 560 | 31 |

## *Inviluppi di rottura dell'ammasso roccioso*
## *($0 < \sigma_3 < 1$ MPa)*

***SS 1 Aurelia - Variante di Imperia***
***Villa Astra - Oliveto***

***RG 6 - parametri medi***




***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown***

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b * \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a$ *(Hoek et al., 2002)*

| *Materiale roccia* | | |
|---|---|---|
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_{ci}$ *[MPa]* | *58,0* |
| *resistenza a trazione (calcolata)* | $\sigma_{ti}$ *[MPa]* | *0,2* |
| *parametro dell'inviluppo di rottura* | $m_i$ *[-]* | *17,0* |

| ***Geological Strength Index*** *(Hoek e Marinos., 2000)* | ***35*** |
|---|---|

| *Parametri di resistenza dell'ammasso roccioso* | | *picco* | *post-rottura* |
|---|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ *[-]* | *0,48* | *0,33* |
| | $s$ *[-]* | *8,1E-05* | *8,1E-06* |
| | $a$ *[-]* | *0,52* | *0,52* |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ *[MPa]* | *0,01* | *0,00* |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ *[MPa]* | *0,45* | *0,14* |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ *[MPa]* | *4,93* | *4,09* |
| *modulo di deformabilità* | $E_m$ *[GPa]* | *2,09 - 0,71* | |

***DEFINIZIONE DEI PARAMETRI GEOMECCANICI DI RESISTENZA E DEFORMABILITA'***

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia - Variante di Imperia |
| **Località** | Loc. Bonavera |
| **Data** | 22/04/10 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | RG 7 - parametri medi |

***Litologia e descrizione geologica generale***

Arenarie fini a cemento calcareo grigie, nocciola in alterazione, in strati decimetrici con sottili interstrati siltitici di spessore da millimetrico a centimetrico.

***Tipo di ammasso roccioso secondo la classificazione di Hoek e Marinos, 2000 e parametri di base del materiale roccia***

| tipo ammasso | alternanze | classe | B | litotipo a | litotipo b |
|---|---|---|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | | | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 89 | - |
| parametro dell'inviluppo di rottura | | | $m_i$ [-] | 17 | - |
| rapporto del modulo | | | MR [-] | 275 | - |
| percentuale relativa | | | [%] | 100 | 0 |

***Parametri del materiale roccia assunti per la classificazione e la parametrizzazione***

| | | |
|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 89,0 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ [-] | 17 |
| rapporto del modulo | MR [-] | 275 |

***Q System (Grimstad e Barton, 1993)***

| RQD [%] | $J_r$ [-] | $J_w$ [-] |
|---|---|---|
| 35 | 1,0 | 1,0 |

| $J_n$ [-] | $J_a$ [-] | SRF [-] |
|---|---|---|
| 9,0 | 5,0 | 2,5 |

**RQD** : Rock Quality Designation
$J_n$ : Joint Set Number
$J_r$ : Joint Roughness Number
$J_a$ : Joint Alteration Number
$J_w$ : Joint Water Reduction Factor
**SRF** : Stress Reduction Factor

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| **Q'** [-] | **classe** | **qualità dell'ammasso** |
| **0,78** | E | molto scadente |

**Q'** : indice di qualità intrinseco dell'ammasso roccioso ($J_w$ = 1 e SRF = 1)

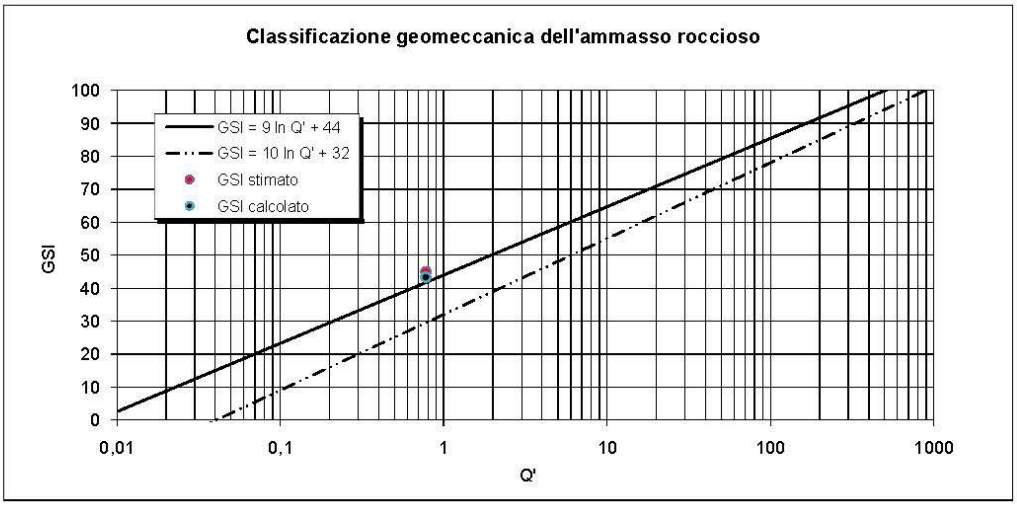
***RMR System - Geomechanics Classification (Bieniawski, 1989)***

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza a compressione monoassiale $\sigma_{ci}$ | [MPa] | 89 | 9 |
| Rock Quality Designation RQD | [%] | 35 | 7 |
| N° di famiglie di discontinuità | [-] | 3 | |
| Spaziatura delle discontinuità | [cm] | 25 | 8 |
| Condizioni delle discontinuità: | | | |
| lunghezza | [m] | 20 | 0 |
| apertura | [mm] | 3 | 1 |
| rugosità: | | | |
| descrizione | [-] | lisce | |
| JRC | [-] | 3 | 1 |
| riempimento: | | | |
| tipo | [-] | duro | |
| spessore | [mm] | 3 | 4 |
| alterazione | [-] | debolmente alterate | 5 |
| Condizioni idriche | [-] | umido | 10 |

**Rock Mass Rating intrinseco** — **RMR'** = **50**

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| **RMR'** [-] | **classe** | **qualità dell'ammasso** |
| **50** | III | discreta |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Geological Strength Index*** *(Hoek e Marinos., 2000)* | **GSI** | calcolato | **43** |
| | | stimato | **45** |




***PARAMETRI GEOMECCANICI***

***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown***

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \cdot \sigma_3/\sigma_{ci} + s)^a$ *(Hoek et al., 2002)*

| *Materiale roccia* | | |
|---|---|---|
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_{ci}$ [MPa] | *89,0* |
| *resistenza a trazione (calcolata)* | $\sigma_{ti}$ [MPa] | *0,3* |
| *parametro dell'inviluppo di rottura* | $m_i$ [-] | *17* |
| *rapporto del modulo* | MR [-] | *275* |

| *Coefficiente di disturbo* | D [-] | *0,7* |
|---|---|---|

| *Ammasso roccioso - Condizioni di picco* | | |
|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ [-] | *0,83* |
| | s [-] | *3,5E-04* |
| | a [-] | *0,51* |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ [MPa] | *0,04* |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ [MPa] | *1,55* |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ [MPa] | *10,46* |

| *Ammasso roccioso - Condizioni post-rottura* | | |
|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ [-] | *0,27* |
| | s [-] | *3,5E-05* |
| | a [-] | *0,51* |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ [MPa] | *0,01* |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ [MPa] | *0,48* |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ [MPa] | *5,90* |

***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Mohr-Coulomb***

$\tau = c' + \sigma tg \varphi'$ ***Campo tensionale di validità [MPa]*** | *0,0* | *0,3*

| *Ammasso roccioso - Condizioni di picco* | | |
|---|---|---|
| *Angolo di resistenza al taglio efficace* | $\varphi'$ [°] | *58,77* |
| *Coesione efficace* | c' [MPa] | *0,23* |

| *Ammasso roccioso - Condizioni post-rottura* | | |
|---|---|---|
| *Angolo di resistenza al taglio efficace* | $\varphi'$ [°] | *51,01* |
| *Coesione efficace* | c' [MPa] | *0,13* |

***Modulo di deformabilità***

| | | |
|---|---|---|
| *(Serafim e Pereira, 1983; Hoek et al., 2002)* | $E_m$ [GPa] | *4,60* |
| *(Hoek e Diederichs, 2006)* | $E_m$ [GPa] | *1,92* |

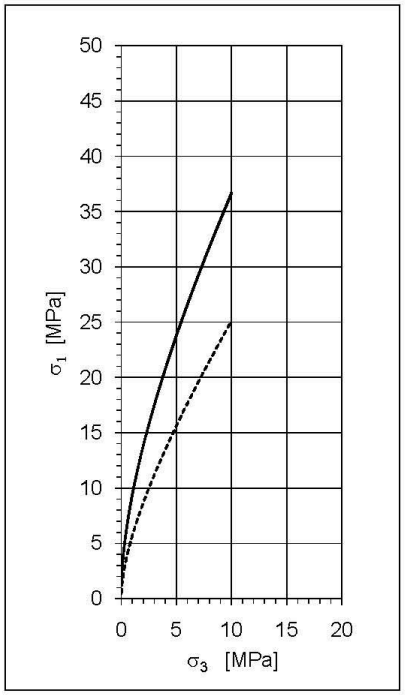
*INVILUPPO DI ROTTURA DELL'AMMASSO ROCCIOSO*

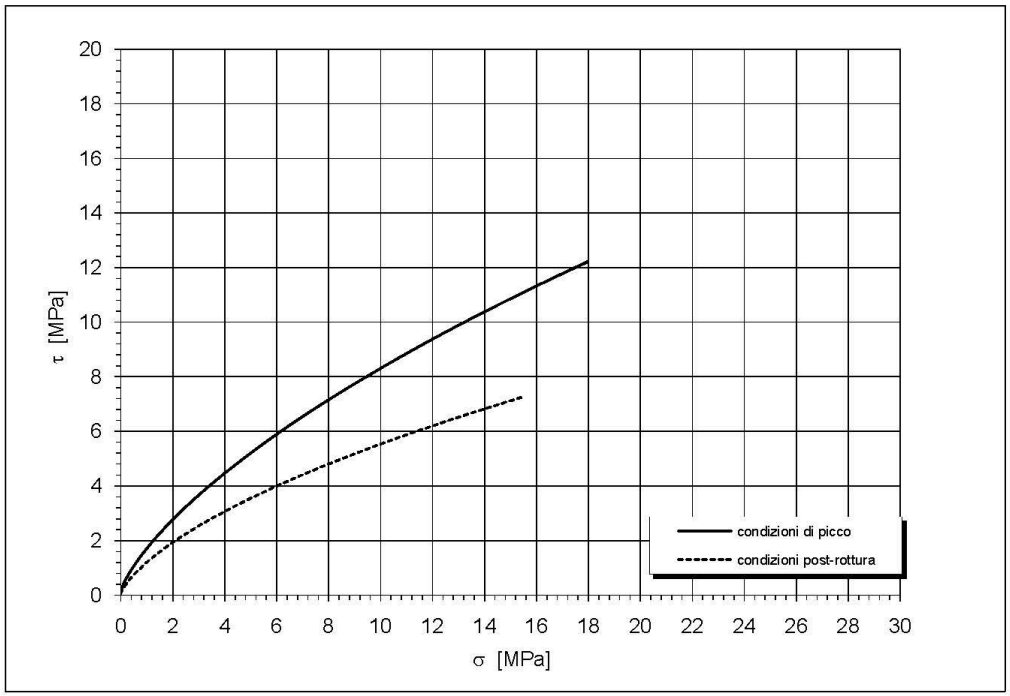
| | picco | post-rottura | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\sigma_3$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $c_i$ [MPa] | $\varphi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] | $\varphi_i$ [°] |
| | | | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 0,05 | | | | |
| 0,00 | 1,55 | 0,48 | 0,07 | 0,31 | 0,02 | 0,10 | 0,16 | 66 | 0,05 | 66 |
| 0,05 | 2,44 | 1,18 | 0,20 | 0,58 | 0,15 | 0,32 | 0,22 | 61 | 0,10 | 56 |
| 0,10 | 3,11 | 1,64 | 0,33 | 0,80 | 0,27 | 0,48 | 0,27 | 58 | 0,15 | 51 |
| 0,15 | 3,68 | 2,00 | 0,45 | 0,99 | 0,39 | 0,62 | 0,32 | 56 | 0,19 | 48 |
| 0,20 | 4,18 | 2,33 | 0,58 | 1,17 | 0,50 | 0,74 | 0,37 | 54 | 0,22 | 46 |
| 0,25 | 4,63 | 2,62 | 0,70 | 1,33 | 0,61 | 0,85 | 0,41 | 53 | 0,26 | 44 |
| 0,30 | 5,06 | 2,89 | 0,82 | 1,48 | 0,72 | 0,95 | 0,46 | 51 | 0,29 | 43 |
| 0,35 | 5,45 | 3,14 | 0,94 | 1,63 | 0,82 | 1,05 | 0,50 | 50 | 0,32 | 41 |
| 0,40 | 5,83 | 3,38 | 1,05 | 1,77 | 0,92 | 1,14 | 0,54 | 49 | 0,35 | 40 |
| 0,45 | 6,19 | 3,61 | 1,17 | 1,90 | 1,03 | 1,22 | 0,58 | 49 | 0,38 | 39 |
| 0,50 | 6,53 | 3,83 | 1,28 | 2,03 | 1,13 | 1,30 | 0,61 | 48 | 0,40 | 39 |
| 0,60 | 7,17 | 4,25 | 1,51 | 2,27 | 1,33 | 1,46 | 0,69 | 46 | 0,46 | 37 |
| 0,70 | 7,78 | 4,64 | 1,73 | 2,50 | 1,52 | 1,60 | 0,76 | 45 | 0,50 | 36 |
| 0,80 | 8,35 | 5,01 | 1,95 | 2,71 | 1,71 | 1,73 | 0,82 | 44 | 0,55 | 35 |
| 0,90 | 8,90 | 5,37 | 2,16 | 2,92 | 1,89 | 1,86 | 0,89 | 43 | 0,60 | 34 |
| 1,00 | 9,42 | 5,71 | 2,37 | 3,11 | 2,08 | 1,98 | 0,95 | 42 | 0,64 | 33 |
| 1,10 | 9,92 | 6,04 | 2,58 | 3,30 | 2,26 | 2,10 | 1,01 | 42 | 0,68 | 32 |
| 1,20 | 10,41 | 6,36 | 2,79 | 3,48 | 2,44 | 2,21 | 1,07 | 41 | 0,72 | 31 |
| 1,30 | 10,88 | 6,68 | 3,00 | 3,66 | 2,62 | 2,31 | 1,13 | 40 | 0,76 | 31 |
| 1,40 | 11,34 | 6,98 | 3,20 | 3,83 | 2,79 | 2,41 | 1,18 | 40 | 0,80 | 30 |
| 1,50 | 11,78 | 7,28 | 3,40 | 3,99 | 2,97 | 2,51 | 1,24 | 39 | 0,83 | 30 |
| 1,60 | 12,22 | 7,57 | 3,61 | 4,16 | 3,14 | 2,61 | 1,29 | 38 | 0,87 | 29 |
| 1,70 | 12,64 | 7,86 | 3,80 | 4,31 | 3,31 | 2,70 | 1,34 | 38 | 0,91 | 29 |
| 1,80 | 13,06 | 8,14 | 4,00 | 4,47 | 3,48 | 2,80 | 1,39 | 38 | 0,94 | 28 |
| 1,90 | 13,47 | 8,41 | 4,20 | 4,61 | 3,65 | 2,88 | 1,44 | 37 | 0,98 | 28 |
| 2,00 | 13,87 | 8,68 | 4,39 | 4,76 | 3,81 | 2,97 | 1,49 | 37 | 1,01 | 27 |
| 2,20 | 14,64 | 9,21 | 4,78 | 5,04 | 4,14 | 3,14 | 1,59 | 36 | 1,07 | 26 |
| 2,40 | 15,40 | 9,73 | 5,16 | 5,32 | 4,47 | 3,30 | 1,69 | 35 | 1,14 | 26 |
| 2,60 | 16,13 | 10,23 | 5,54 | 5,58 | 4,79 | 3,45 | 1,78 | 34 | 1,20 | 25 |
| 2,80 | 16,84 | 10,72 | 5,91 | 5,83 | 5,11 | 3,60 | 1,87 | 34 | 1,25 | 25 |
| 3,00 | 17,53 | 11,20 | 6,28 | 6,08 | 5,42 | 3,74 | 1,95 | 33 | 1,31 | 24 |
| 3,20 | 18,21 | 11,68 | 6,65 | 6,31 | 5,74 | 3,88 | 2,04 | 33 | 1,37 | 24 |
| 3,40 | 18,88 | 12,14 | 7,01 | 6,55 | 6,05 | 4,02 | 2,12 | 32 | 1,42 | 23 |
| 3,60 | 19,53 | 12,60 | 7,37 | 6,77 | 6,35 | 4,15 | 2,20 | 32 | 1,47 | 23 |
| 3,80 | 20,17 | 13,05 | 7,73 | 6,99 | 6,66 | 4,27 | 2,28 | 31 | 1,53 | 22 |
| 4,00 | 20,80 | 13,49 | 8,08 | 7,20 | 6,96 | 4,40 | 2,36 | 31 | 1,58 | 22 |
| 4,20 | 21,41 | 13,93 | 8,44 | 7,41 | 7,26 | 4,52 | 2,44 | 31 | 1,63 | 22 |
| 4,40 | 22,02 | 14,36 | 8,79 | 7,62 | 7,56 | 4,64 | 2,52 | 30 | 1,68 | 21 |
| 4,60 | 22,62 | 14,79 | 9,13 | 7,82 | 7,86 | 4,75 | 2,59 | 30 | 1,72 | 21 |
| 4,80 | 23,21 | 15,21 | 9,48 | 8,02 | 8,16 | 4,87 | 2,66 | 29 | 1,77 | 21 |
| 5,00 | 23,80 | 15,63 | 9,82 | 8,21 | 8,45 | 4,98 | 2,74 | 29 | 1,82 | 20 |
| 5,50 | 25,22 | 16,65 | 10,68 | 8,68 | 9,18 | 5,24 | 2,91 | 28 | 1,93 | 20 |
| 6,00 | 26,61 | 17,65 | 11,52 | 9,12 | 9,90 | 5,50 | 3,08 | 28 | 2,04 | 19 |
| 6,50 | 27,96 | 18,64 | 12,35 | 9,56 | 10,62 | 5,75 | 3,25 | 27 | 2,14 | 19 |
| 7,00 | 29,28 | 19,60 | 13,17 | 9,97 | 11,33 | 5,98 | 3,41 | 26 | 2,24 | 18 |
| 7,50 | 30,57 | 20,55 | 13,99 | 10,37 | 12,03 | 6,21 | 3,57 | 26 | 2,34 | 18 |
| 8,00 | 31,83 | 21,49 | 14,80 | 10,76 | 12,72 | 6,43 | 3,72 | 25 | 2,44 | 17 |
| 8,50 | 33,07 | 22,41 | 15,60 | 11,14 | 13,41 | 6,65 | 3,87 | 25 | 2,53 | 17 |
| 9,00 | 34,29 | 23,32 | 16,39 | 11,50 | 14,10 | 6,86 | 4,01 | 25 | 2,62 | 17 |
| 9,50 | 35,50 | 24,21 | 17,18 | 11,86 | 14,78 | 7,06 | 4,16 | 24 | 2,71 | 16 |
| 10,00 | 36,68 | 25,10 | 17,96 | 12,21 | 15,46 | 7,26 | 4,30 | 24 | 2,80 | 16 |

# Inviluppi di rottura dell'ammasso roccioso

**SS 1 Aurelia - Variante di Imperia**
**Loc. Bonavera**

**RG 7 - parametri medi**




***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown***

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \cdot \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a$ *(Hoek et al., 2002)*

| *Materiale roccia* | | |
|---|---|---|
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_{ci}$ *[MPa]* | *89,0* |
| *resistenza a trazione (calcolata)* | $\sigma_{ti}$ *[MPa]* | *0,3* |
| *parametro dell'inviluppo di rottura* | $m_i$ *[-]* | *17,0* |

| ***Geological Strength Index*** *(Hoek e Marinos., 2000)* | ***45*** |
|---|---|

| *Parametri di resistenza dell'ammasso roccioso* | | *picco* | *post-rottura* |
|---|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ *[-]* | *0,83* | *0,27* |
| | $s$ *[-]* | *3,5E-04* | *3,5E-05* |
| | $a$ *[-]* | *0,51* | *0,51* |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ *[MPa]* | *0,04* | *0,01* |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ *[MPa]* | *1,55* | *0,48* |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ *[MPa]* | *10,46* | *5,90* |
| *modulo di deformabilità* | $E_m$ *[GPa]* | *4,60 - 1,92* | |

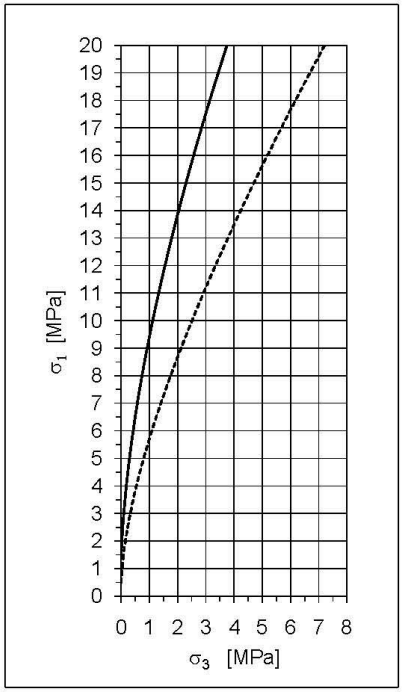
*INVILUPPO DI ROTTURA DELL'AMMASSO ROCCIOSO* ($\sigma_3$ = 0 - 1 MPa)

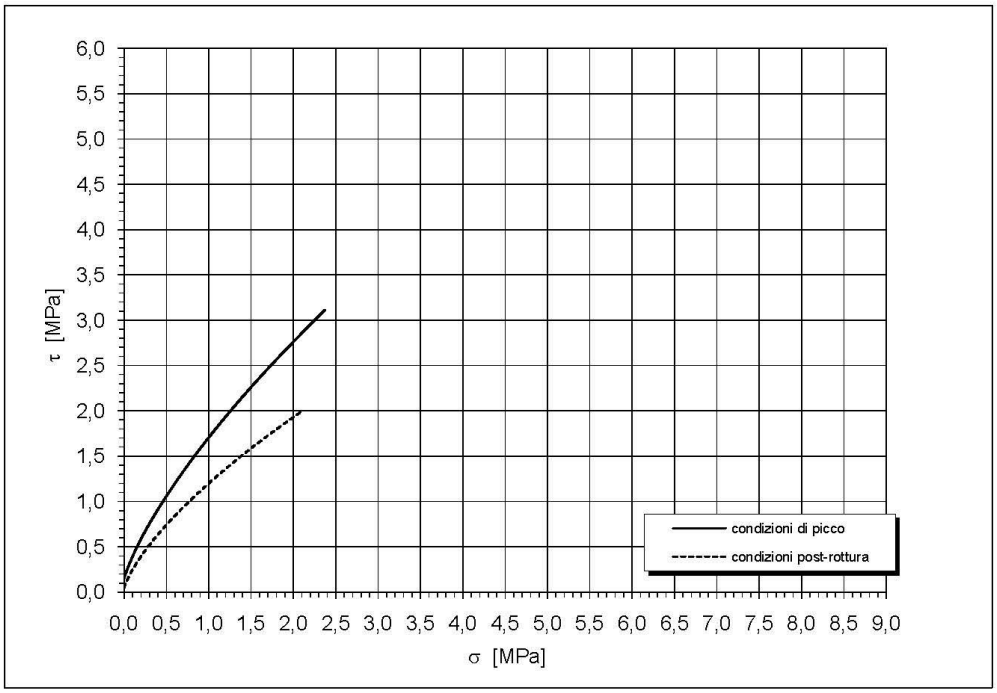
| | picco | post-rottura | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\sigma_3$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $c_i$ [kPa] | $\varphi_i$ [°] | $c_i$ [kPa] | $\varphi_i$ [°] |
| | | | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 0,05 | | | | |
| 0,00 | 1,55 | 0,48 | 0,07 | 0,31 | 0,02 | 0,10 | 164 | 66 | 51 | 66 |
| 0,01 | 1,76 | 0,67 | 0,09 | 0,37 | 0,05 | 0,15 | 175 | 65 | 62 | 63 |
| 0,02 | 1,95 | 0,83 | 0,12 | 0,43 | 0,07 | 0,20 | 186 | 64 | 73 | 60 |
| 0,03 | 2,13 | 0,96 | 0,15 | 0,48 | 0,10 | 0,24 | 197 | 63 | 83 | 58 |
| 0,04 | 2,29 | 1,08 | 0,17 | 0,53 | 0,12 | 0,28 | 208 | 62 | 93 | 57 |
| 0,05 | 2,44 | 1,18 | 0,20 | 0,58 | 0,15 | 0,32 | 219 | 61 | 103 | 56 |
| 0,06 | 2,59 | 1,28 | 0,23 | 0,63 | 0,17 | 0,36 | 230 | 60 | 112 | 54 |
| 0,07 | 2,73 | 1,38 | 0,25 | 0,67 | 0,20 | 0,39 | 241 | 60 | 122 | 53 |
| 0,08 | 2,86 | 1,47 | 0,28 | 0,71 | 0,22 | 0,42 | 251 | 59 | 130 | 53 |
| 0,09 | 2,99 | 1,55 | 0,30 | 0,76 | 0,25 | 0,45 | 262 | 59 | 139 | 52 |
| 0,10 | 3,11 | 1,64 | 0,33 | 0,80 | 0,27 | 0,48 | 272 | 58 | 148 | 51 |
| 0,11 | 3,23 | 1,71 | 0,35 | 0,84 | 0,29 | 0,51 | 282 | 58 | 156 | 50 |
| 0,12 | 3,35 | 1,79 | 0,38 | 0,88 | 0,32 | 0,54 | 292 | 57 | 164 | 50 |
| 0,13 | 3,46 | 1,86 | 0,40 | 0,92 | 0,34 | 0,57 | 302 | 57 | 172 | 49 |
| 0,14 | 3,57 | 1,93 | 0,43 | 0,95 | 0,36 | 0,59 | 312 | 56 | 179 | 49 |
| 0,15 | 3,68 | 2,00 | 0,45 | 0,99 | 0,39 | 0,62 | 321 | 56 | 187 | 48 |
| 0,16 | 3,78 | 2,07 | 0,48 | 1,03 | 0,41 | 0,64 | 331 | 55 | 195 | 48 |
| 0,17 | 3,88 | 2,14 | 0,50 | 1,06 | 0,43 | 0,67 | 340 | 55 | 202 | 47 |
| 0,18 | 3,98 | 2,20 | 0,53 | 1,10 | 0,45 | 0,69 | 350 | 55 | 209 | 47 |
| 0,19 | 4,08 | 2,27 | 0,55 | 1,13 | 0,48 | 0,72 | 359 | 54 | 216 | 46 |
| 0,20 | 4,18 | 2,33 | 0,58 | 1,17 | 0,50 | 0,74 | 368 | 54 | 223 | 46 |
| 0,22 | 4,37 | 2,45 | 0,63 | 1,23 | 0,54 | 0,78 | 386 | 53 | 237 | 45 |
| 0,24 | 4,55 | 2,56 | 0,68 | 1,30 | 0,59 | 0,83 | 404 | 53 | 251 | 45 |
| 0,26 | 4,72 | 2,67 | 0,72 | 1,36 | 0,63 | 0,87 | 422 | 52 | 264 | 44 |
| 0,28 | 4,89 | 2,78 | 0,77 | 1,42 | 0,67 | 0,91 | 439 | 52 | 277 | 43 |
| 0,30 | 5,06 | 2,89 | 0,82 | 1,48 | 0,72 | 0,95 | 456 | 51 | 289 | 43 |
| 0,32 | 5,22 | 2,99 | 0,87 | 1,54 | 0,76 | 0,99 | 473 | 51 | 301 | 42 |
| 0,34 | 5,38 | 3,09 | 0,91 | 1,60 | 0,80 | 1,03 | 489 | 51 | 314 | 42 |
| 0,36 | 5,53 | 3,19 | 0,96 | 1,66 | 0,84 | 1,06 | 505 | 50 | 325 | 41 |
| 0,38 | 5,68 | 3,29 | 1,01 | 1,71 | 0,88 | 1,10 | 521 | 50 | 337 | 41 |
| 0,40 | 5,83 | 3,38 | 1,05 | 1,77 | 0,92 | 1,14 | 537 | 49 | 349 | 40 |
| 0,42 | 5,97 | 3,48 | 1,10 | 1,82 | 0,97 | 1,17 | 553 | 49 | 360 | 40 |
| 0,44 | 6,12 | 3,57 | 1,15 | 1,87 | 1,01 | 1,20 | 568 | 49 | 371 | 40 |
| 0,46 | 6,25 | 3,66 | 1,19 | 1,92 | 1,05 | 1,24 | 583 | 48 | 382 | 39 |
| 0,48 | 6,39 | 3,75 | 1,24 | 1,98 | 1,09 | 1,27 | 599 | 48 | 393 | 39 |
| 0,50 | 6,53 | 3,83 | 1,28 | 2,03 | 1,13 | 1,30 | 614 | 48 | 404 | 39 |
| 0,55 | 6,86 | 4,04 | 1,40 | 2,15 | 1,23 | 1,38 | 650 | 47 | 430 | 38 |
| 0,60 | 7,17 | 4,25 | 1,51 | 2,27 | 1,33 | 1,46 | 686 | 46 | 455 | 37 |
| 0,65 | 7,48 | 4,45 | 1,62 | 2,38 | 1,42 | 1,53 | 721 | 46 | 480 | 36 |
| 0,70 | 7,78 | 4,64 | 1,73 | 2,50 | 1,52 | 1,60 | 755 | 45 | 504 | 36 |
| 0,75 | 8,07 | 4,83 | 1,84 | 2,60 | 1,61 | 1,67 | 789 | 45 | 528 | 35 |
| 0,80 | 8,35 | 5,01 | 1,95 | 2,71 | 1,71 | 1,73 | 822 | 44 | 551 | 35 |
| 0,85 | 8,63 | 5,19 | 2,05 | 2,81 | 1,80 | 1,80 | 854 | 44 | 574 | 34 |
| 0,90 | 8,90 | 5,37 | 2,16 | 2,92 | 1,89 | 1,86 | 886 | 43 | 596 | 34 |
| 0,95 | 9,16 | 5,54 | 2,27 | 3,01 | 1,99 | 1,92 | 918 | 43 | 618 | 33 |
| 1,00 | 9,42 | 5,71 | 2,37 | 3,11 | 2,08 | 1,98 | 949 | 42 | 639 | 33 |

## *Inviluppi di rottura dell'ammasso roccioso*
## *(0 < $\sigma_3$ < 1 MPa)*

***SS 1 Aurelia - Variante di Imperia***
***Loc. Bonavera***

***RG 7 - parametri medi***




***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown***

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \cdot \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a$ *(Hoek et al., 2002)*

| *Materiale roccia* | | |
|---|---|---|
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_{ci}$ *[MPa]* | *89,0* |
| *resistenza a trazione (calcolata)* | $\sigma_{ti}$ *[MPa]* | *0,3* |
| *parametro dell'inviluppo di rottura* | $m_i$ *[-]* | *17,0* |

| ***Geological Strength Index*** *(Hoek e Marinos., 2000)* | ***45*** |
|---|---|

| *Parametri di resistenza dell'ammasso roccioso* | | *picco* | *post-rottura* |
|---|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ *[-]* | *0,83* | *0,27* |
| | $s$ *[-]* | *3,5E-04* | *3,5E-05* |
| | $a$ *[-]* | *0,51* | *0,51* |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ *[MPa]* | *0,04* | *0,01* |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ *[MPa]* | *1,55* | *0,48* |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ *[MPa]* | *10,46* | *5,90* |
| *modulo di deformabilità* | $E_m$ *[GPa]* | *4,60 - 1,92* | |

***DEFINIZIONE DEI PARAMETRI GEOMECCANICI DI RESISTENZA E DEFORMABILITA'***

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia - Variante di Imperia |
| **Località** | Costa Soru |
| **Data** | 22/04/10 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | RG 8 - parametri medi |

***Litologia e descrizione geologica generale***

Alternanze di arenarie micacee grigie e scure a grana da media a medio-fine in strati di spessore da decimetrico a metrico e siltiti grigio verdastre in livelli di spessore decimetrico.

***Tipo di ammasso roccioso secondo la classificazione di Hoek e Marinos, 2000 e parametri di base del materiale roccia***

| tipo ammasso | alternanze | classe | C | litotipo a | litotipo b |
|---|---|---|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | | | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 81 | 8 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | | | $m_i$ [-] | 17 | 7 |
| rapporto del modulo | | | MR [-] | 275 | 175 |
| percentuale relativa | | | [%] | 66 | 34 |

***Parametri del materiale roccia assunti per la classificazione e la parametrizzazione***

| | | |
|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 56,2 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ [-] | 13,6 |
| rapporto del modulo | MR [-] | 241 |

***Q System (Grimstad e Barton, 1993)***

| RQD [%] | $J_r$ [-] | $J_w$ [-] |
|---|---|---|
| 30 | 1,0 | 1,0 |

| $J_n$ [-] | $J_a$ [-] | SRF [-] |
|---|---|---|
| 9,0 | 5,0 | 2,5 |

**RQD** : Rock Quality Designation
$J_n$ : Joint Set Number
$J_r$ : Joint Roughness Number
$J_a$ : Joint Alteration Number
$J_w$ : Joint Water Reduction Factor
**SRF** : Stress Reduction Factor

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| **Q'** [-] | **classe** | **qualità dell'ammasso** |
| **0,67** | E | molto scadente |

**Q'** : indice di qualità intrinseco dell'ammasso roccioso ($J_w$ = 1 e SRF = 1)

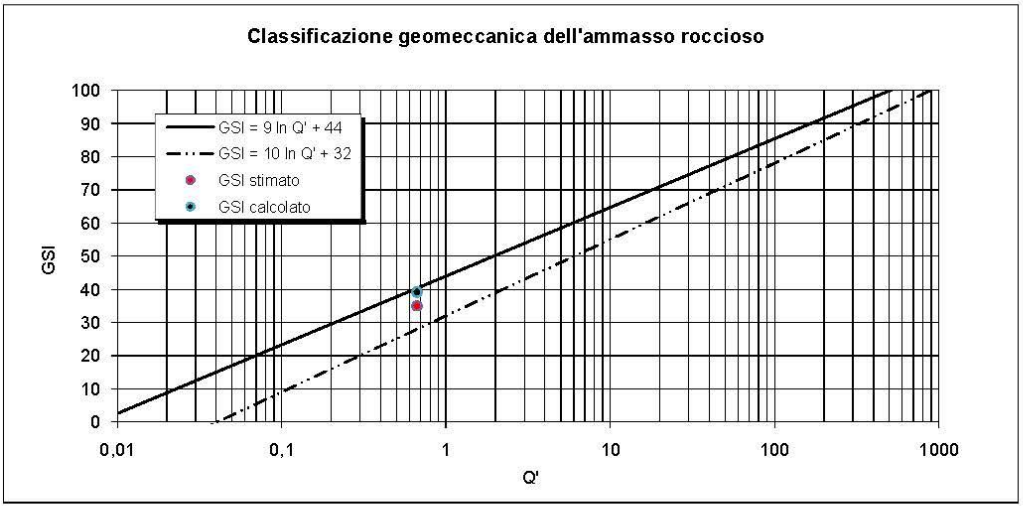
***RMR System - Geomechanics Classification (Bieniawski, 1989)***

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza a compressione monoassiale $\sigma_{ci}$ | [MPa] | 56 | 6 |
| Rock Quality Designation RQD | [%] | 30 | 7 |
| N° di famiglie di discontinuità | [-] | 3 | |
| Spaziatura delle discontinuità | [cm] | 15 | 7 |
| Condizioni delle discontinuità: | | | |
| lunghezza | [m] | 20 | 0 |
| apertura | [mm] | 100 | 0 |
| rugosità: | | | |
| descrizione | [-] | lisce | |
| JRC | [-] | 3 | 1 |
| riempimento: | | | |
| tipo | [-] | duro | |
| spessore | [mm] | 100 | 2 |
| alterazione | [-] | debolmente alterate | 5 |
| Condizioni idriche | [-] | umido | 10 |

**Rock Mass Rating intrinseco** — **RMR'** = **43**

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| **RMR'** [-] | **classe** | **qualità dell'ammasso** |
| **43** | III | discreta |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Geological Strength Index** (Hoek e Marinos., 2000) | **GSI** | calcolato | **39** |
| | | stimato | **35** |




***PARAMETRI GEOMECCANICI***

***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown***

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \cdot \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a$ *(Hoek et al., 2002)*

| *Materiale roccia* | | |
|---|---|---|
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 56,2 |
| *resistenza a trazione (calcolata)* | $\sigma_{ti}$ [MPa] | 0,2 |
| *parametro dell'inviluppo di rottura* | $m_i$ [-] | 13,6 |
| *rapporto del modulo* | MR [-] | 241 |

| *Coefficiente di disturbo* | D [-] | 0,7 |
|---|---|---|

| *Ammasso roccioso - Condizioni di picco* | | |
|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ [-] | 0,38 |
| | s [-] | 8,1E-05 |
| | a [-] | 0,52 |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ [MPa] | 0,01 |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ [MPa] | 0,44 |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ [MPa] | 4,26 |

| *Ammasso roccioso - Condizioni post-rottura* | | |
|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ [-] | 0,27 |
| | s [-] | 8,1E-06 |
| | a [-] | 0,52 |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ [MPa] | 0,00 |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ [MPa] | 0,13 |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ [MPa] | 3,53 |

***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Mohr-Coulomb***

$\tau = c' + \sigma \operatorname{tg} \varphi'$ ***Campo tensionale di validità [MPa]*** 0,0 | 0,3

| *Ammasso roccioso - Condizioni di picco* | | |
|---|---|---|
| *Angolo di resistenza al taglio efficace* | φ' [°] | 49,51 |
| *Coesione efficace* | c' [MPa] | 0,12 |

| *Ammasso roccioso - Condizioni post-rottura* | | |
|---|---|---|
| *Angolo di resistenza al taglio efficace* | φ' [°] | 46,79 |
| *Coesione efficace* | c' [MPa] | 0,09 |

***Modulo di deformabilità***

| | | |
|---|---|---|
| *(Serafim e Pereira, 1983; Hoek et al., 2002)* | $E_m$ [GPa] | 2,05 |
| *(Hoek e Diederichs, 2006)* | $E_m$ [GPa] | 0,61 |

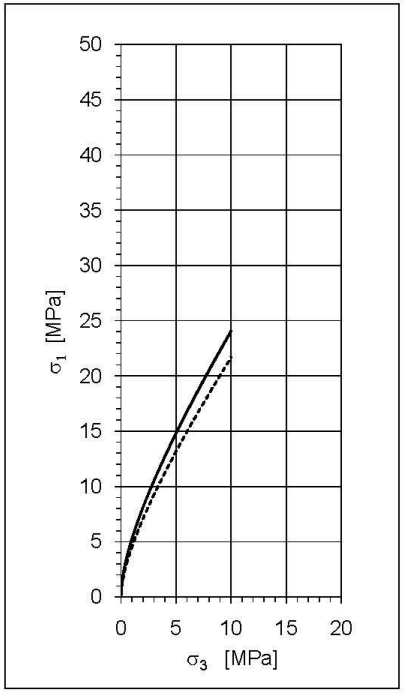
*INVILUPPO DI ROTTURA DELL'AMMASSO ROCCIOSO*

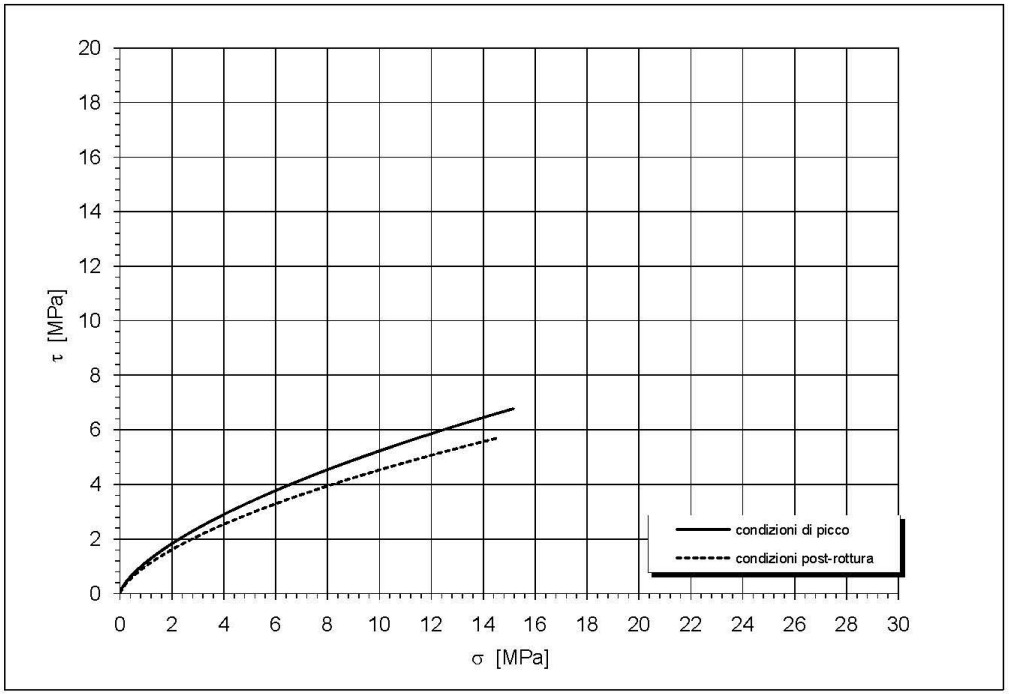
| | picco | post-rottura | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\sigma_3$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $c_i$ [MPa] | $\varphi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] | $\varphi_i$ [°] |
| | | | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,01 | | | | |
| 0,00 | 0,44 | 0,13 | 0,02 | 0,09 | 0,00 | 0,02 | 0,05 | 65 | 0,01 | 72 |
| 0,05 | 1,07 | 0,82 | 0,15 | 0,30 | 0,13 | 0,23 | 0,10 | 54 | 0,07 | 53 |
| 0,10 | 1,48 | 1,19 | 0,27 | 0,45 | 0,24 | 0,37 | 0,14 | 50 | 0,11 | 47 |
| 0,15 | 1,82 | 1,50 | 0,38 | 0,57 | 0,35 | 0,48 | 0,17 | 47 | 0,14 | 44 |
| 0,20 | 2,12 | 1,76 | 0,49 | 0,69 | 0,46 | 0,58 | 0,21 | 44 | 0,17 | 42 |
| 0,25 | 2,39 | 2,00 | 0,59 | 0,79 | 0,56 | 0,67 | 0,24 | 43 | 0,20 | 40 |
| 0,30 | 2,65 | 2,22 | 0,70 | 0,88 | 0,66 | 0,75 | 0,27 | 41 | 0,23 | 38 |
| 0,35 | 2,88 | 2,43 | 0,80 | 0,97 | 0,76 | 0,83 | 0,30 | 40 | 0,25 | 37 |
| 0,40 | 3,11 | 2,62 | 0,90 | 1,05 | 0,86 | 0,90 | 0,32 | 39 | 0,28 | 36 |
| 0,45 | 3,32 | 2,81 | 1,00 | 1,13 | 0,95 | 0,97 | 0,35 | 38 | 0,30 | 35 |
| 0,50 | 3,53 | 2,99 | 1,10 | 1,21 | 1,05 | 1,03 | 0,37 | 37 | 0,32 | 34 |
| 0,60 | 3,92 | 3,34 | 1,29 | 1,35 | 1,23 | 1,15 | 0,42 | 36 | 0,36 | 33 |
| 0,70 | 4,29 | 3,66 | 1,48 | 1,48 | 1,41 | 1,26 | 0,47 | 34 | 0,40 | 31 |
| 0,80 | 4,64 | 3,98 | 1,67 | 1,61 | 1,59 | 1,37 | 0,51 | 33 | 0,44 | 30 |
| 0,90 | 4,98 | 4,27 | 1,85 | 1,72 | 1,76 | 1,47 | 0,55 | 32 | 0,48 | 29 |
| 1,00 | 5,31 | 4,56 | 2,03 | 1,83 | 1,93 | 1,56 | 0,59 | 32 | 0,51 | 29 |
| 1,10 | 5,62 | 4,84 | 2,20 | 1,94 | 2,10 | 1,65 | 0,63 | 31 | 0,55 | 28 |
| 1,20 | 5,93 | 5,11 | 2,38 | 2,04 | 2,26 | 1,74 | 0,67 | 30 | 0,58 | 27 |
| 1,30 | 6,22 | 5,38 | 2,55 | 2,14 | 2,43 | 1,82 | 0,70 | 29 | 0,61 | 27 |
| 1,40 | 6,51 | 5,64 | 2,72 | 2,24 | 2,59 | 1,90 | 0,74 | 29 | 0,64 | 26 |
| 1,50 | 6,80 | 5,89 | 2,89 | 2,33 | 2,75 | 1,98 | 0,77 | 28 | 0,67 | 25 |
| 1,60 | 7,08 | 6,14 | 3,06 | 2,42 | 2,91 | 2,06 | 0,81 | 28 | 0,70 | 25 |
| 1,70 | 7,35 | 6,38 | 3,23 | 2,51 | 3,07 | 2,13 | 0,84 | 27 | 0,73 | 25 |
| 1,80 | 7,62 | 6,62 | 3,39 | 2,59 | 3,23 | 2,20 | 0,87 | 27 | 0,76 | 24 |
| 1,90 | 7,88 | 6,86 | 3,55 | 2,68 | 3,38 | 2,27 | 0,90 | 27 | 0,78 | 24 |
| 2,00 | 8,14 | 7,09 | 3,72 | 2,76 | 3,54 | 2,34 | 0,93 | 26 | 0,81 | 23 |
| 2,20 | 8,65 | 7,55 | 4,04 | 2,91 | 3,84 | 2,47 | 0,99 | 25 | 0,86 | 23 |
| 2,40 | 9,14 | 7,99 | 4,36 | 3,06 | 4,15 | 2,59 | 1,05 | 25 | 0,91 | 22 |
| 2,60 | 9,62 | 8,43 | 4,67 | 3,20 | 4,45 | 2,71 | 1,11 | 24 | 0,96 | 21 |
| 2,80 | 10,10 | 8,86 | 4,99 | 3,34 | 4,74 | 2,83 | 1,16 | 24 | 1,01 | 21 |
| 3,00 | 10,56 | 9,28 | 5,29 | 3,48 | 5,04 | 2,94 | 1,21 | 23 | 1,05 | 21 |
| 3,20 | 11,01 | 9,69 | 5,60 | 3,61 | 5,33 | 3,05 | 1,26 | 23 | 1,10 | 20 |
| 3,40 | 11,46 | 10,09 | 5,90 | 3,73 | 5,62 | 3,15 | 1,31 | 22 | 1,14 | 20 |
| 3,60 | 11,90 | 10,49 | 6,21 | 3,85 | 5,91 | 3,25 | 1,36 | 22 | 1,18 | 19 |
| 3,80 | 12,34 | 10,89 | 6,51 | 3,97 | 6,19 | 3,35 | 1,41 | 21 | 1,23 | 19 |
| 4,00 | 12,77 | 11,28 | 6,80 | 4,09 | 6,48 | 3,45 | 1,46 | 21 | 1,27 | 19 |
| 4,20 | 13,19 | 11,67 | 7,10 | 4,20 | 6,76 | 3,54 | 1,51 | 21 | 1,31 | 18 |
| 4,40 | 13,61 | 12,05 | 7,39 | 4,31 | 7,04 | 3,64 | 1,55 | 20 | 1,34 | 18 |
| 4,60 | 14,02 | 12,42 | 7,68 | 4,42 | 7,32 | 3,73 | 1,60 | 20 | 1,38 | 18 |
| 4,80 | 14,43 | 12,80 | 7,97 | 4,53 | 7,60 | 3,81 | 1,64 | 20 | 1,42 | 17 |
| 5,00 | 14,83 | 13,17 | 8,26 | 4,63 | 7,87 | 3,90 | 1,68 | 20 | 1,46 | 17 |
| 5,50 | 15,83 | 14,08 | 8,98 | 4,88 | 8,56 | 4,11 | 1,79 | 19 | 1,55 | 17 |
| 6,00 | 16,80 | 14,97 | 9,69 | 5,12 | 9,24 | 4,31 | 1,89 | 18 | 1,63 | 16 |
| 6,50 | 17,75 | 15,85 | 10,39 | 5,35 | 9,91 | 4,50 | 1,98 | 18 | 1,72 | 16 |
| 7,00 | 18,69 | 16,72 | 11,09 | 5,58 | 10,58 | 4,69 | 2,08 | 18 | 1,80 | 15 |
| 7,50 | 19,61 | 17,57 | 11,78 | 5,79 | 11,24 | 4,86 | 2,17 | 17 | 1,87 | 15 |
| 8,00 | 20,52 | 18,41 | 12,46 | 6,00 | 11,90 | 5,04 | 2,26 | 17 | 1,95 | 15 |
| 8,50 | 21,42 | 19,24 | 13,14 | 6,20 | 12,55 | 5,20 | 2,35 | 16 | 2,02 | 14 |
| 9,00 | 22,31 | 20,06 | 13,82 | 6,40 | 13,20 | 5,37 | 2,43 | 16 | 2,09 | 14 |
| 9,50 | 23,18 | 20,87 | 14,49 | 6,59 | 13,84 | 5,53 | 2,51 | 16 | 2,16 | 14 |
| 10,00 | 24,05 | 21,68 | 15,16 | 6,77 | 14,49 | 5,68 | 2,59 | 15 | 2,23 | 13 |

## *Inviluppi di rottura dell'ammasso roccioso*

***SS 1 Aurelia - Variante di Imperia***
***Costa Soru***

***RG 8 - parametri medi***




***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown***

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \cdot \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a$ *(Hoek et al., 2002)*

| *Materiale roccia* | | |
|---|---|---|
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_{ci}$ *[MPa]* | *56,2* |
| *resistenza a trazione (calcolata)* | $\sigma_{ti}$ *[MPa]* | *0,2* |
| *parametro dell'inviluppo di rottura* | $m_i$ *[-]* | *13,6* |

| ***Geological Strength Index*** *(Hoek e Marinos., 2000)* | ***35*** |
|---|---|

| *Parametri di resistenza dell'ammasso roccioso* | | *picco* | *post-rottura* |
|---|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ *[-]* | *0,38* | *0,27* |
| | $s$ *[-]* | *8,1E-05* | *8,1E-06* |
| | $a$ *[-]* | *0,52* | *0,52* |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ *[MPa]* | *0,01* | *0,00* |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ *[MPa]* | *0,44* | *0,13* |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ *[MPa]* | *4,26* | *3,53* |
| *modulo di deformabilità* | $E_m$ *[GPa]* | *2,05 - 0,61* | |

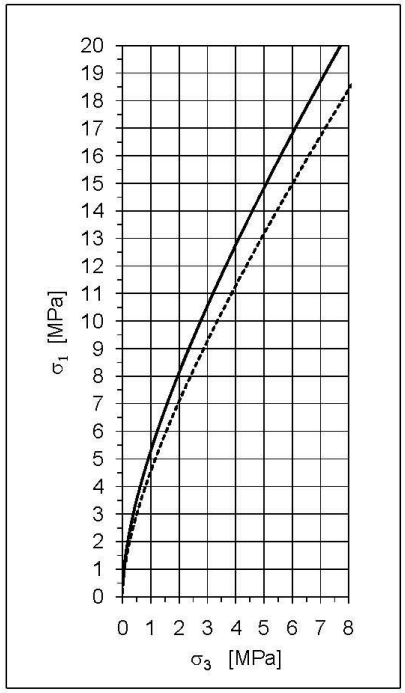
***INVILUPPO DI ROTTURA DELL'AMMASSO ROCCIOSO*** *($\sigma_3$ = 0 - 1 MPa)*

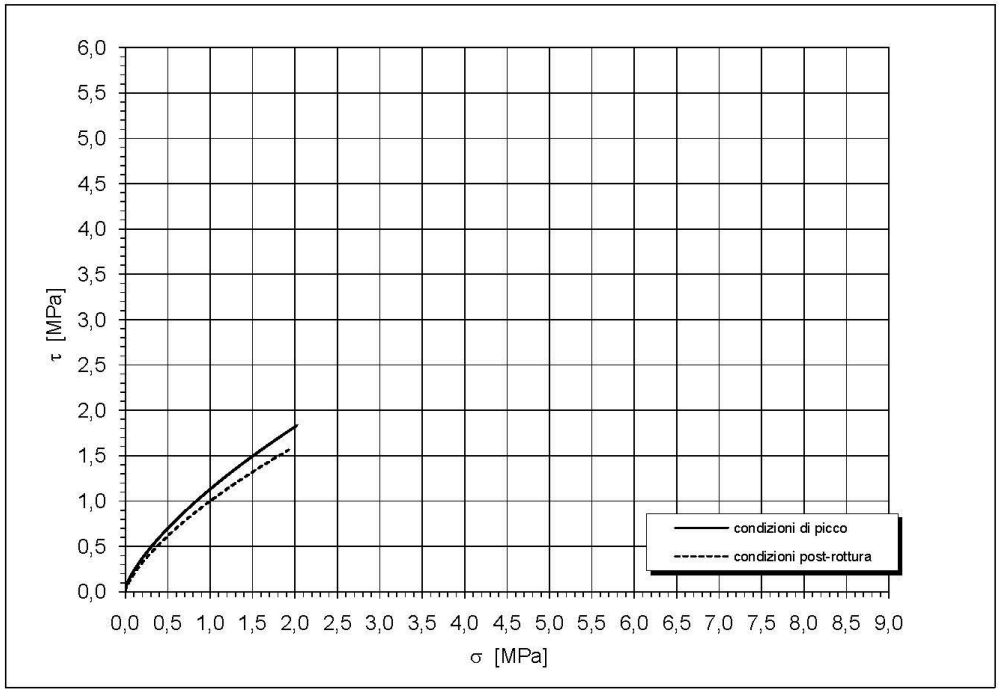
| | *picco* | *post-rottura* | *condizioni di picco* | | *condizioni post-rottura* | | *condizioni di picco* | | *condizioni post-rottura* | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\sigma_3$ *[MPa]* | $\sigma_1$ *[MPa]* | $\sigma_1$ *[MPa]* | $\sigma_n$ *[MPa]* | $\tau$ *[MPa]* | $\sigma_n$ *[MPa]* | $\tau$ *[MPa]* | $c_i$ *[kPa]* | $\varphi_i$ *[°]* | $c_i$ *[kPa]* | $\varphi_i$ *[°]* |
| | | | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,01 | | | | |
| 0,00 | 0,44 | 0,13 | 0,02 | 0,09 | 0,00 | 0,02 | 49 | 65 | 10 | 72 |
| 0,01 | 0,61 | 0,37 | 0,05 | 0,14 | 0,03 | 0,08 | 59 | 61 | 24 | 63 |
| 0,02 | 0,74 | 0,51 | 0,07 | 0,19 | 0,06 | 0,13 | 69 | 59 | 36 | 59 |
| 0,03 | 0,86 | 0,63 | 0,10 | 0,23 | 0,08 | 0,17 | 78 | 57 | 47 | 56 |
| 0,04 | 0,97 | 0,73 | 0,12 | 0,26 | 0,11 | 0,20 | 88 | 55 | 56 | 54 |
| 0,05 | 1,07 | 0,82 | 0,15 | 0,30 | 0,13 | 0,23 | 96 | 54 | 66 | 53 |
| 0,06 | 1,16 | 0,91 | 0,17 | 0,33 | 0,15 | 0,26 | 105 | 53 | 74 | 51 |
| 0,07 | 1,25 | 0,98 | 0,20 | 0,36 | 0,18 | 0,29 | 113 | 52 | 82 | 50 |
| 0,08 | 1,33 | 1,06 | 0,22 | 0,39 | 0,20 | 0,32 | 122 | 51 | 90 | 49 |
| 0,09 | 1,41 | 1,13 | 0,24 | 0,42 | 0,22 | 0,35 | 129 | 50 | 98 | 48 |
| 0,10 | 1,48 | 1,19 | 0,27 | 0,45 | 0,24 | 0,37 | 137 | 50 | 105 | 47 |
| 0,11 | 1,56 | 1,26 | 0,29 | 0,47 | 0,27 | 0,39 | 145 | 49 | 113 | 47 |
| 0,12 | 1,63 | 1,32 | 0,31 | 0,50 | 0,29 | 0,42 | 152 | 48 | 120 | 46 |
| 0,13 | 1,69 | 1,38 | 0,33 | 0,53 | 0,31 | 0,44 | 159 | 48 | 126 | 45 |
| 0,14 | 1,76 | 1,44 | 0,36 | 0,55 | 0,33 | 0,46 | 167 | 47 | 133 | 45 |
| 0,15 | 1,82 | 1,50 | 0,38 | 0,57 | 0,35 | 0,48 | 174 | 47 | 140 | 44 |
| 0,16 | 1,89 | 1,55 | 0,40 | 0,60 | 0,38 | 0,50 | 180 | 46 | 146 | 44 |
| 0,17 | 1,95 | 1,60 | 0,42 | 0,62 | 0,40 | 0,52 | 187 | 46 | 152 | 43 |
| 0,18 | 2,01 | 1,66 | 0,44 | 0,64 | 0,42 | 0,54 | 194 | 45 | 158 | 43 |
| 0,19 | 2,06 | 1,71 | 0,47 | 0,66 | 0,44 | 0,56 | 200 | 45 | 164 | 42 |
| 0,20 | 2,12 | 1,76 | 0,49 | 0,69 | 0,46 | 0,58 | 207 | 44 | 170 | 42 |
| 0,22 | 2,23 | 1,86 | 0,53 | 0,73 | 0,50 | 0,62 | 220 | 44 | 182 | 41 |
| 0,24 | 2,34 | 1,95 | 0,57 | 0,77 | 0,54 | 0,65 | 232 | 43 | 193 | 40 |
| 0,26 | 2,45 | 2,04 | 0,62 | 0,81 | 0,58 | 0,69 | 244 | 42 | 204 | 40 |
| 0,28 | 2,55 | 2,13 | 0,66 | 0,84 | 0,62 | 0,72 | 256 | 42 | 215 | 39 |
| 0,30 | 2,65 | 2,22 | 0,70 | 0,88 | 0,66 | 0,75 | 267 | 41 | 226 | 38 |
| 0,32 | 2,74 | 2,30 | 0,74 | 0,92 | 0,70 | 0,78 | 279 | 41 | 236 | 38 |
| 0,34 | 2,84 | 2,39 | 0,78 | 0,95 | 0,74 | 0,81 | 290 | 40 | 246 | 37 |
| 0,36 | 2,93 | 2,47 | 0,82 | 0,99 | 0,78 | 0,84 | 301 | 40 | 256 | 37 |
| 0,38 | 3,02 | 2,55 | 0,86 | 1,02 | 0,82 | 0,87 | 312 | 39 | 266 | 36 |
| 0,40 | 3,11 | 2,62 | 0,90 | 1,05 | 0,86 | 0,90 | 322 | 39 | 275 | 36 |
| 0,42 | 3,20 | 2,70 | 0,94 | 1,08 | 0,90 | 0,93 | 333 | 39 | 285 | 36 |
| 0,44 | 3,28 | 2,77 | 0,98 | 1,12 | 0,93 | 0,95 | 343 | 38 | 294 | 35 |
| 0,46 | 3,37 | 2,85 | 1,02 | 1,15 | 0,97 | 0,98 | 353 | 38 | 303 | 35 |
| 0,48 | 3,45 | 2,92 | 1,06 | 1,18 | 1,01 | 1,01 | 363 | 38 | 312 | 35 |
| 0,50 | 3,53 | 2,99 | 1,10 | 1,21 | 1,05 | 1,03 | 373 | 37 | 321 | 34 |
| 0,55 | 3,73 | 3,17 | 1,20 | 1,28 | 1,14 | 1,09 | 397 | 36 | 342 | 33 |
| 0,60 | 3,92 | 3,34 | 1,29 | 1,35 | 1,23 | 1,15 | 421 | 36 | 363 | 33 |
| 0,65 | 4,11 | 3,50 | 1,39 | 1,42 | 1,32 | 1,21 | 444 | 35 | 384 | 32 |
| 0,70 | 4,29 | 3,66 | 1,48 | 1,48 | 1,41 | 1,26 | 466 | 34 | 403 | 31 |
| 0,75 | 4,47 | 3,82 | 1,57 | 1,54 | 1,50 | 1,32 | 488 | 34 | 423 | 31 |
| 0,80 | 4,64 | 3,98 | 1,67 | 1,61 | 1,59 | 1,37 | 509 | 33 | 442 | 30 |
| 0,85 | 4,81 | 4,13 | 1,76 | 1,66 | 1,67 | 1,42 | 530 | 33 | 460 | 30 |
| 0,90 | 4,98 | 4,27 | 1,85 | 1,72 | 1,76 | 1,47 | 551 | 32 | 478 | 29 |
| 0,95 | 5,15 | 4,42 | 1,94 | 1,78 | 1,84 | 1,52 | 571 | 32 | 496 | 29 |
| 1,00 | 5,31 | 4,56 | 2,03 | 1,83 | 1,93 | 1,56 | 590 | 32 | 513 | 29 |

## *Inviluppi di rottura dell'ammasso roccioso*
## *(0 < $\sigma_3$ < 1 MPa)*

***SS 1 Aurelia - Variante di Imperia***
***Costa Soru***

***RG 8 - parametri medi***




***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown***

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b * \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a$ *(Hoek et al., 2002)*

| *Materiale roccia* | | |
|---|---|---|
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_{ci}$ *[MPa]* | *56,2* |
| *resistenza a trazione (calcolata)* | $\sigma_{ti}$ *[MPa]* | *0,2* |
| *parametro dell'inviluppo di rottura* | $m_i$ *[-]* | *13,6* |

| ***Geological Strength Index*** *(Hoek e Marinos., 2000)* | ***35*** |
|---|---|

| *Parametri di resistenza dell'ammasso roccioso* | | *picco* | *post-rottura* |
|---|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ *[-]* | *0,38* | *0,27* |
| | $s$ *[-]* | *8,1E-05* | *8,1E-06* |
| | $a$ *[-]* | *0,52* | *0,52* |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ *[MPa]* | *0,01* | *0,00* |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ *[MPa]* | *0,44* | *0,13* |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ *[MPa]* | *4,26* | *3,53* |
| *modulo di deformabilità* | $E_m$ *[GPa]* | *2,05 - 0,61* | |

***DEFINIZIONE DEI PARAMETRI GEOMECCANICI DI RESISTENZA E DEFORMABILITA'***

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia - Variante di Imperia |
| **Località** | Fornace |
| **Data** | 22/04/10 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | RG9 - parametri medi |

***Litologia e descrizione geologica generale***

Alternanze di arenarie grigie a grana da media a fine, gradate e laminate, in strati di spessore da decimetrico a metrico, marne in banchi metrici e strati decimetrici e siltiti grigio verdastre in livelli di spessore da decimetrico a metrico.

***Tipo di ammasso roccioso secondo la classificazione di Hoek e Marinos, 2000 e parametri di base del materiale roccia***

| tipo ammasso | alternanze | classe | C | litotipo a | litotipo b |
|---|---|---|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | | | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 57 | 9 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | | | $m_i$ [-] | 17 | 7 |
| rapporto del modulo | | | MR [-] | 275 | 175 |
| percentuale relativa | | | [%] | 45 | 55 |

***Parametri del materiale roccia assunti per la classificazione e la parametrizzazione***

| | | |
|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 30,6 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ [-] | 11,5 |
| rapporto del modulo | MR [-] | 220 |

***Q System (Grimstad e Barton, 1993)***

| RQD [%] | $J_r$ [-] | $J_w$ [-] |
|---|---|---|
| 75 | 1,0 | 1,0 |

| $J_n$ [-] | $J_a$ [-] | SRF [-] |
|---|---|---|
| 9,0 | 5,0 | 2,5 |

**RQD** : Rock Quality Designation
$J_n$ : Joint Set Number
$J_r$ : Joint Roughness Number
$J_a$ : Joint Alteration Number
$J_w$ : Joint Water Reduction Factor
**SRF** : Stress Reduction Factor

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| **Q'** [-] | **classe** | **qualità dell'ammasso** |
| **1,67** | D | scadente |

**Q'** : indice di qualità intrinseco dell'ammasso roccioso ($J_w$ = 1 e SRF = 1)

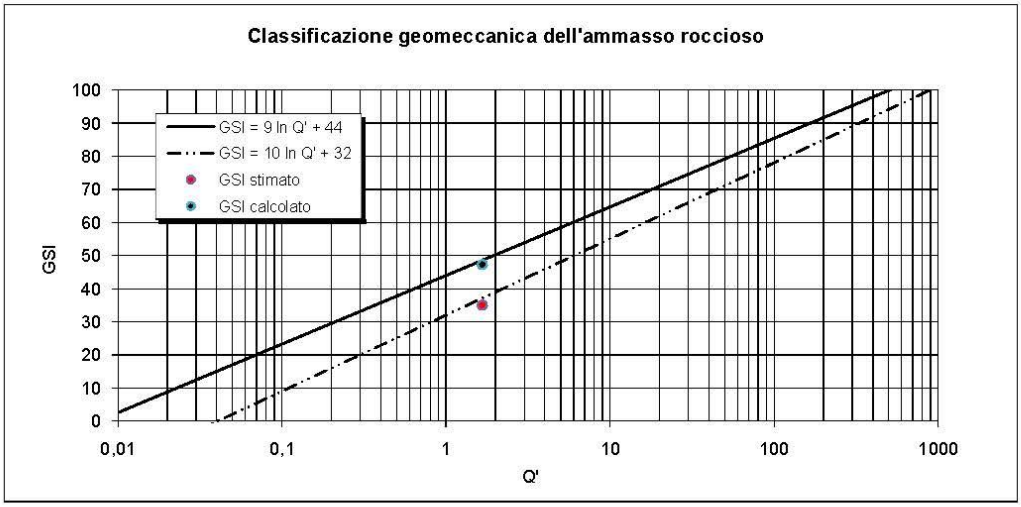
***RMR System - Geomechanics Classification (Bieniawski, 1989)***

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza a compressione monoassiale $\sigma_{ci}$ | [MPa] | 31 | 4 |
| Rock Quality Designation RQD | [%] | 75 | 15 |
| N° di famiglie di discontinuità | [-] | 3 | |
| Spaziatura delle discontinuità | [cm] | 30 | 9 |
| Condizioni delle discontinuità: | | | |
| lunghezza | [m] | 20 | 0 |
| apertura | [mm] | 300 | 0 |
| rugosità: | | | |
| descrizione | [-] | lisce | |
| JRC | [-] | 3 | 1 |
| riempimento: | | | |
| tipo | [-] | duro | |
| spessore | [mm] | 300 | 2 |
| alterazione | [-] | debolmente alterate | 5 |
| Condizioni idriche | [-] | umido | 10 |

**Rock Mass Rating intrinseco** — **RMR'** **51**

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| **RMR'** [-] | **classe** | **qualità dell'ammasso** |
| **51** | III | discreta |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Geological Strength Index*** *(Hoek e Marinos., 2000)* | **GSI** | calcolato | **47** |
| | | stimato | **35** |




***PARAMETRI GEOMECCANICI***

***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown***

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \cdot \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a$ *(Hoek et al., 2002)*

| *Materiale roccia* | | |
|---|---|---|
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 30,6 |
| *resistenza a trazione (calcolata)* | $\sigma_{ti}$ [MPa] | 0,1 |
| *parametro dell'inviluppo di rottura* | $m_i$ [-] | 11,5 |
| *rapporto del modulo* | MR [-] | 220 |

| *Coefficiente di disturbo* | D [-] | 0,7 |
|---|---|---|

| *Ammasso roccioso - Condizioni di picco* | | |
|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ [-] | 0,32 |
| | s [-] | 8,1E-05 |
| | a [-] | 0,52 |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ [MPa] | 0,01 |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ [MPa] | 0,24 |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ [MPa] | 2,13 |

| *Ammasso roccioso - Condizioni post-rottura* | | |
|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ [-] | 0,23 |
| | s [-] | 8,1E-06 |
| | a [-] | 0,52 |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ [MPa] | 0,00 |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ [MPa] | 0,07 |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ [MPa] | 1,77 |

***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Mohr-Coulomb***

$\tau = c' + \sigma \operatorname{tg} \varphi'$ ***Campo tensionale di validità [MPa]*** 0,0 | 0,3

| *Ammasso roccioso - Condizioni di picco* | | |
|---|---|---|
| *Angolo di resistenza al taglio efficace* | $\varphi'$ [°] | 43,33 |
| *Coesione efficace* | c' [MPa] | 0,09 |

| *Ammasso roccioso - Condizioni post-rottura* | | |
|---|---|---|
| *Angolo di resistenza al taglio efficace* | $\varphi'$ [°] | 40,37 |
| *Coesione efficace* | c' [MPa] | 0,07 |

***Modulo di deformabilità***

| | | |
|---|---|---|
| *(Serafim e Pereira, 1983; Hoek et al., 2002)* | $E_m$ [GPa] | 1,52 |
| *(Hoek e Diederichs, 2006)* | $E_m$ [GPa] | 0,30 |

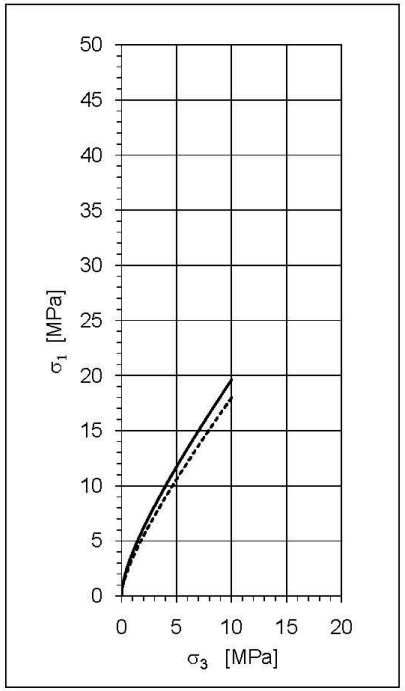
*INVILUPPO DI ROTTURA DELL'AMMASSO ROCCIOSO*

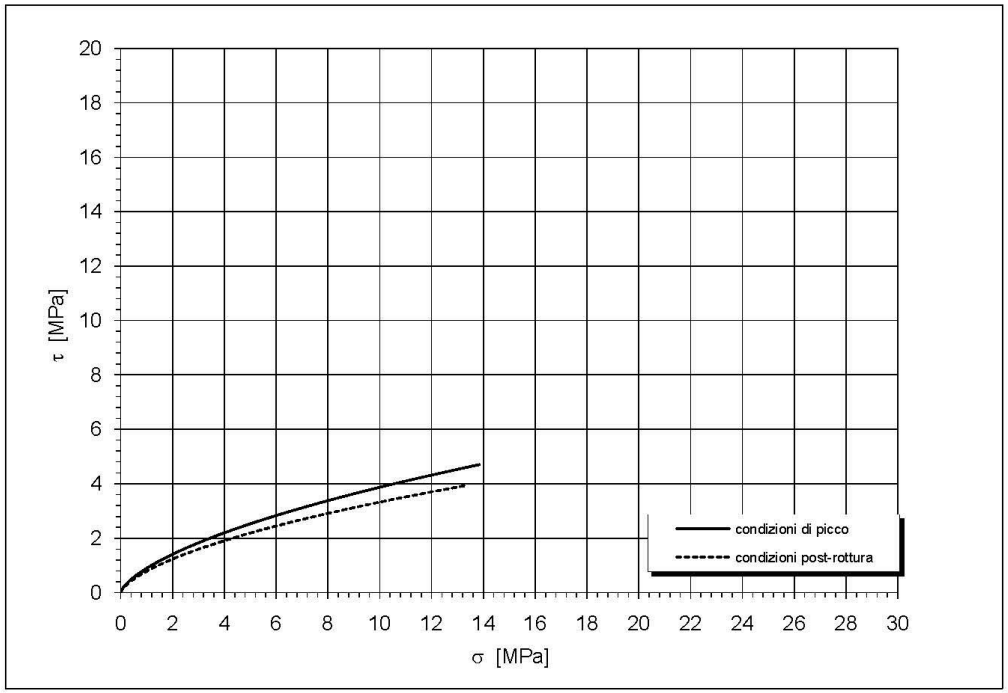
| | picco | post-rottura | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\sigma_3$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $c_i$ [MPa] | $\varphi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] | $\varphi_i$ [°] |
| | | | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,01 | | | | |
| 0,00 | 0,24 | 0,07 | 0,01 | 0,05 | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 63 | 0,01 | 71 |
| 0,05 | 0,72 | 0,57 | 0,13 | 0,22 | 0,12 | 0,18 | 0,07 | 49 | 0,05 | 47 |
| 0,10 | 1,03 | 0,85 | 0,24 | 0,34 | 0,23 | 0,28 | 0,10 | 44 | 0,08 | 41 |
| 0,15 | 1,28 | 1,07 | 0,35 | 0,43 | 0,33 | 0,36 | 0,13 | 40 | 0,11 | 38 |
| 0,20 | 1,50 | 1,26 | 0,45 | 0,51 | 0,42 | 0,43 | 0,16 | 38 | 0,13 | 35 |
| 0,25 | 1,70 | 1,44 | 0,55 | 0,59 | 0,52 | 0,50 | 0,18 | 36 | 0,16 | 33 |
| 0,30 | 1,89 | 1,61 | 0,64 | 0,65 | 0,61 | 0,56 | 0,21 | 35 | 0,18 | 32 |
| 0,35 | 2,07 | 1,77 | 0,73 | 0,72 | 0,70 | 0,61 | 0,23 | 34 | 0,20 | 31 |
| 0,40 | 2,24 | 1,92 | 0,83 | 0,78 | 0,78 | 0,66 | 0,25 | 33 | 0,21 | 30 |
| 0,45 | 2,40 | 2,06 | 0,91 | 0,83 | 0,87 | 0,71 | 0,27 | 32 | 0,23 | 29 |
| 0,50 | 2,56 | 2,20 | 1,00 | 0,89 | 0,95 | 0,75 | 0,29 | 31 | 0,25 | 28 |
| 0,60 | 2,86 | 2,47 | 1,18 | 0,99 | 1,12 | 0,84 | 0,32 | 29 | 0,28 | 26 |
| 0,70 | 3,15 | 2,73 | 1,35 | 1,08 | 1,28 | 0,92 | 0,36 | 28 | 0,31 | 25 |
| 0,80 | 3,42 | 2,97 | 1,51 | 1,17 | 1,44 | 0,99 | 0,39 | 27 | 0,34 | 24 |
| 0,90 | 3,68 | 3,21 | 1,68 | 1,25 | 1,59 | 1,06 | 0,42 | 26 | 0,37 | 23 |
| 1,00 | 3,94 | 3,43 | 1,84 | 1,33 | 1,75 | 1,12 | 0,45 | 25 | 0,39 | 23 |
| 1,10 | 4,18 | 3,66 | 2,00 | 1,40 | 1,90 | 1,19 | 0,48 | 25 | 0,42 | 22 |
| 1,20 | 4,42 | 3,87 | 2,15 | 1,47 | 2,05 | 1,24 | 0,51 | 24 | 0,44 | 21 |
| 1,30 | 4,66 | 4,09 | 2,31 | 1,54 | 2,20 | 1,30 | 0,54 | 23 | 0,47 | 21 |
| 1,40 | 4,89 | 4,29 | 2,46 | 1,61 | 2,34 | 1,36 | 0,56 | 23 | 0,49 | 20 |
| 1,50 | 5,12 | 4,50 | 2,62 | 1,67 | 2,49 | 1,41 | 0,59 | 22 | 0,51 | 20 |
| 1,60 | 5,34 | 4,70 | 2,77 | 1,73 | 2,63 | 1,46 | 0,61 | 22 | 0,53 | 19 |
| 1,70 | 5,56 | 4,90 | 2,92 | 1,79 | 2,78 | 1,51 | 0,64 | 22 | 0,55 | 19 |
| 1,80 | 5,77 | 5,10 | 3,07 | 1,85 | 2,92 | 1,56 | 0,66 | 21 | 0,57 | 19 |
| 1,90 | 5,98 | 5,29 | 3,22 | 1,91 | 3,06 | 1,61 | 0,68 | 21 | 0,59 | 18 |
| 2,00 | 6,19 | 5,48 | 3,36 | 1,96 | 3,20 | 1,65 | 0,71 | 20 | 0,61 | 18 |
| 2,20 | 6,60 | 5,85 | 3,65 | 2,07 | 3,48 | 1,74 | 0,75 | 20 | 0,65 | 17 |
| 2,40 | 7,00 | 6,22 | 3,94 | 2,17 | 3,75 | 1,83 | 0,79 | 19 | 0,69 | 17 |
| 2,60 | 7,40 | 6,58 | 4,23 | 2,27 | 4,03 | 1,91 | 0,83 | 19 | 0,72 | 16 |
| 2,80 | 7,78 | 6,94 | 4,51 | 2,37 | 4,30 | 1,99 | 0,87 | 18 | 0,75 | 16 |
| 3,00 | 8,16 | 7,29 | 4,79 | 2,46 | 4,57 | 2,07 | 0,91 | 18 | 0,79 | 16 |
| 3,20 | 8,54 | 7,63 | 5,07 | 2,55 | 4,83 | 2,14 | 0,95 | 17 | 0,82 | 15 |
| 3,40 | 8,91 | 7,97 | 5,34 | 2,63 | 5,10 | 2,21 | 0,99 | 17 | 0,85 | 15 |
| 3,60 | 9,27 | 8,31 | 5,62 | 2,71 | 5,36 | 2,28 | 1,02 | 17 | 0,88 | 15 |
| 3,80 | 9,63 | 8,64 | 5,89 | 2,80 | 5,62 | 2,35 | 1,06 | 16 | 0,91 | 14 |
| 4,00 | 9,99 | 8,97 | 6,16 | 2,88 | 5,88 | 2,41 | 1,09 | 16 | 0,94 | 14 |
| 4,20 | 10,34 | 9,30 | 6,43 | 2,95 | 6,14 | 2,48 | 1,12 | 16 | 0,97 | 14 |
| 4,40 | 10,69 | 9,63 | 6,70 | 3,03 | 6,40 | 2,54 | 1,16 | 16 | 1,00 | 14 |
| 4,60 | 11,03 | 9,95 | 6,97 | 3,10 | 6,66 | 2,60 | 1,19 | 15 | 1,02 | 13 |
| 4,80 | 11,38 | 10,27 | 7,23 | 3,17 | 6,91 | 2,66 | 1,22 | 15 | 1,05 | 13 |
| 5,00 | 11,72 | 10,58 | 7,49 | 3,25 | 7,17 | 2,72 | 1,25 | 15 | 1,08 | 13 |
| 5,50 | 12,55 | 11,36 | 8,15 | 3,42 | 7,80 | 2,86 | 1,33 | 14 | 1,14 | 12 |
| 6,00 | 13,38 | 12,13 | 8,80 | 3,58 | 8,43 | 3,00 | 1,40 | 14 | 1,20 | 12 |
| 6,50 | 14,19 | 12,89 | 9,45 | 3,74 | 9,05 | 3,13 | 1,47 | 14 | 1,26 | 12 |
| 7,00 | 14,99 | 13,64 | 10,09 | 3,89 | 9,67 | 3,25 | 1,54 | 13 | 1,32 | 11 |
| 7,50 | 15,78 | 14,38 | 10,72 | 4,04 | 10,28 | 3,38 | 1,60 | 13 | 1,37 | 11 |
| 8,00 | 16,56 | 15,11 | 11,35 | 4,18 | 10,89 | 3,49 | 1,66 | 12 | 1,43 | 11 |
| 8,50 | 17,33 | 15,84 | 11,98 | 4,31 | 11,50 | 3,61 | 1,73 | 12 | 1,48 | 10 |
| 9,00 | 18,09 | 16,56 | 12,61 | 4,45 | 12,11 | 3,72 | 1,79 | 12 | 1,53 | 10 |
| 9,50 | 18,85 | 17,27 | 13,23 | 4,58 | 12,71 | 3,83 | 1,84 | 12 | 1,58 | 10 |
| 10,00 | 19,60 | 17,98 | 13,85 | 4,70 | 13,31 | 3,93 | 1,90 | 11 | 1,63 | 10 |

# Inviluppi di rottura dell'ammasso roccioso

**SS 1 Aurelia - Variante di Imperia**
**Fornace**

**RG9 - parametri medi**




***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown***

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \cdot \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a$ *(Hoek et al., 2002)*

| *Materiale roccia* | | |
|---|---|---|
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_{ci}$ *[MPa]* | *30,6* |
| *resistenza a trazione (calcolata)* | $\sigma_{ti}$ *[MPa]* | *0,1* |
| *parametro dell'inviluppo di rottura* | $m_i$ *[-]* | *11,5* |

| ***Geological Strength Index*** *(Hoek e Marinos., 2000)* | ***35*** |
|---|---|

| *Parametri di resistenza dell'ammasso roccioso* | | *picco* | *post-rottura* |
|---|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ *[-]* | *0,32* | *0,23* |
| | $s$ *[-]* | *8,1E-05* | *8,1E-06* |
| | $a$ *[-]* | *0,52* | *0,52* |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ *[MPa]* | *0,01* | *0,00* |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ *[MPa]* | *0,24* | *0,07* |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ *[MPa]* | *2,13* | *1,77* |
| *modulo di deformabilità* | $E_m$ *[GPa]* | *1,52 - 0,30* | |

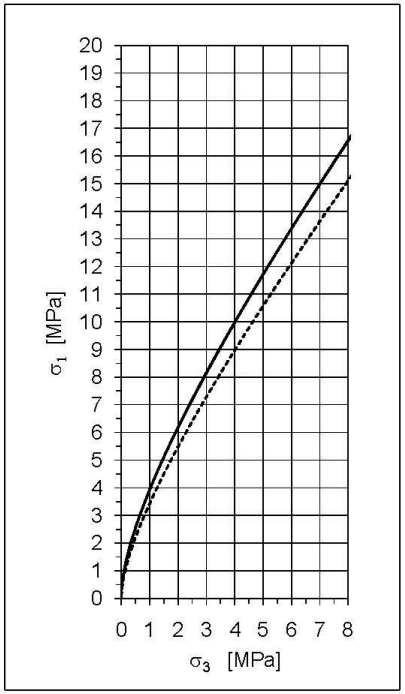
***INVILUPPO DI ROTTURA DELL'AMMASSO ROCCIOSO*** ($\sigma_3$ = 0 - 1 MPa)

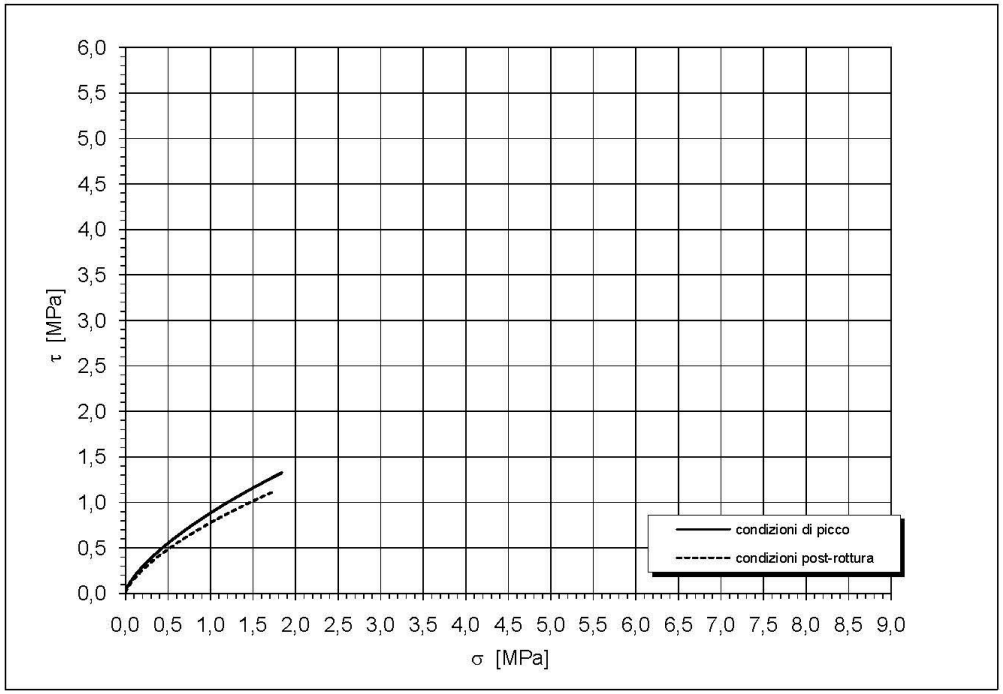
| | picco | post-rottura | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\sigma_3$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $c_i$ [kPa] | $\varphi_i$ [°] | $c_i$ [kPa] | $\varphi_i$ [°] |
| | | | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,01 | | | | |
| 0,00 | 0,24 | 0,07 | 0,01 | 0,05 | 0,00 | 0,01 | 29 | 63 | 6 | 71 |
| 0,01 | 0,37 | 0,25 | 0,04 | 0,10 | 0,03 | 0,06 | 38 | 57 | 18 | 58 |
| 0,02 | 0,48 | 0,35 | 0,06 | 0,13 | 0,05 | 0,10 | 47 | 54 | 28 | 53 |
| 0,03 | 0,57 | 0,44 | 0,09 | 0,17 | 0,08 | 0,13 | 55 | 52 | 37 | 50 |
| 0,04 | 0,65 | 0,51 | 0,11 | 0,20 | 0,10 | 0,16 | 63 | 50 | 44 | 48 |
| 0,05 | 0,72 | 0,57 | 0,13 | 0,22 | 0,12 | 0,18 | 70 | 49 | 52 | 47 |
| 0,06 | 0,79 | 0,64 | 0,16 | 0,25 | 0,14 | 0,20 | 77 | 47 | 59 | 45 |
| 0,07 | 0,85 | 0,69 | 0,18 | 0,27 | 0,17 | 0,22 | 84 | 46 | 65 | 44 |
| 0,08 | 0,91 | 0,75 | 0,20 | 0,29 | 0,19 | 0,24 | 91 | 45 | 71 | 43 |
| 0,09 | 0,97 | 0,80 | 0,22 | 0,31 | 0,21 | 0,26 | 97 | 44 | 77 | 42 |
| 0,10 | 1,03 | 0,85 | 0,24 | 0,34 | 0,23 | 0,28 | 103 | 44 | 83 | 41 |
| 0,11 | 1,08 | 0,89 | 0,27 | 0,36 | 0,25 | 0,30 | 110 | 43 | 89 | 40 |
| 0,12 | 1,13 | 0,94 | 0,29 | 0,37 | 0,27 | 0,32 | 115 | 42 | 94 | 39 |
| 0,13 | 1,18 | 0,98 | 0,31 | 0,39 | 0,29 | 0,33 | 121 | 42 | 100 | 39 |
| 0,14 | 1,23 | 1,03 | 0,33 | 0,41 | 0,31 | 0,35 | 127 | 41 | 105 | 38 |
| 0,15 | 1,28 | 1,07 | 0,35 | 0,43 | 0,33 | 0,36 | 133 | 40 | 110 | 38 |
| 0,16 | 1,32 | 1,11 | 0,37 | 0,45 | 0,35 | 0,38 | 138 | 40 | 115 | 37 |
| 0,17 | 1,37 | 1,15 | 0,39 | 0,46 | 0,37 | 0,39 | 143 | 39 | 120 | 37 |
| 0,18 | 1,41 | 1,19 | 0,41 | 0,48 | 0,39 | 0,41 | 149 | 39 | 125 | 36 |
| 0,19 | 1,46 | 1,23 | 0,43 | 0,50 | 0,41 | 0,42 | 154 | 39 | 129 | 36 |
| 0,20 | 1,50 | 1,26 | 0,45 | 0,51 | 0,42 | 0,43 | 159 | 38 | 134 | 35 |
| 0,22 | 1,58 | 1,34 | 0,49 | 0,54 | 0,46 | 0,46 | 169 | 37 | 143 | 34 |
| 0,24 | 1,66 | 1,41 | 0,53 | 0,57 | 0,50 | 0,49 | 179 | 37 | 152 | 34 |
| 0,26 | 1,74 | 1,48 | 0,57 | 0,60 | 0,54 | 0,51 | 188 | 36 | 160 | 33 |
| 0,28 | 1,82 | 1,54 | 0,60 | 0,63 | 0,57 | 0,53 | 197 | 35 | 169 | 32 |
| 0,30 | 1,89 | 1,61 | 0,64 | 0,65 | 0,61 | 0,56 | 207 | 35 | 177 | 32 |
| 0,32 | 1,96 | 1,67 | 0,68 | 0,68 | 0,64 | 0,58 | 215 | 34 | 185 | 31 |
| 0,34 | 2,04 | 1,74 | 0,72 | 0,70 | 0,68 | 0,60 | 224 | 34 | 192 | 31 |
| 0,36 | 2,11 | 1,80 | 0,75 | 0,73 | 0,71 | 0,62 | 233 | 33 | 200 | 30 |
| 0,38 | 2,17 | 1,86 | 0,79 | 0,75 | 0,75 | 0,64 | 241 | 33 | 207 | 30 |
| 0,40 | 2,24 | 1,92 | 0,83 | 0,78 | 0,78 | 0,66 | 249 | 33 | 214 | 30 |
| 0,42 | 2,31 | 1,98 | 0,86 | 0,80 | 0,82 | 0,68 | 257 | 32 | 222 | 29 |
| 0,44 | 2,37 | 2,03 | 0,90 | 0,82 | 0,85 | 0,70 | 265 | 32 | 229 | 29 |
| 0,46 | 2,44 | 2,09 | 0,93 | 0,84 | 0,89 | 0,72 | 273 | 31 | 236 | 29 |
| 0,48 | 2,50 | 2,15 | 0,97 | 0,86 | 0,92 | 0,74 | 281 | 31 | 242 | 28 |
| 0,50 | 2,56 | 2,20 | 1,00 | 0,89 | 0,95 | 0,75 | 288 | 31 | 249 | 28 |
| 0,55 | 2,71 | 2,34 | 1,09 | 0,94 | 1,04 | 0,80 | 307 | 30 | 265 | 27 |
| 0,60 | 2,86 | 2,47 | 1,18 | 0,99 | 1,12 | 0,84 | 325 | 29 | 281 | 26 |
| 0,65 | 3,01 | 2,60 | 1,26 | 1,03 | 1,20 | 0,88 | 342 | 29 | 296 | 26 |
| 0,70 | 3,15 | 2,73 | 1,35 | 1,08 | 1,28 | 0,92 | 359 | 28 | 311 | 25 |
| 0,75 | 3,28 | 2,85 | 1,43 | 1,12 | 1,36 | 0,95 | 376 | 28 | 326 | 25 |
| 0,80 | 3,42 | 2,97 | 1,51 | 1,17 | 1,44 | 0,99 | 392 | 27 | 340 | 24 |
| 0,85 | 3,55 | 3,09 | 1,60 | 1,21 | 1,52 | 1,02 | 407 | 27 | 353 | 24 |
| 0,90 | 3,68 | 3,21 | 1,68 | 1,25 | 1,59 | 1,06 | 423 | 26 | 367 | 23 |
| 0,95 | 3,81 | 3,32 | 1,76 | 1,29 | 1,67 | 1,09 | 438 | 26 | 380 | 23 |
| 1,00 | 3,94 | 3,43 | 1,84 | 1,33 | 1,75 | 1,12 | 453 | 25 | 393 | 23 |

## *Inviluppi di rottura dell'ammasso roccioso*
## *($0 < \sigma_3 < 1$ MPa)*

***SS 1 Aurelia - Variante di Imperia***
***Fornace***

***RG9 - parametri medi***




***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown***

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \cdot \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a$ *(Hoek et al., 2002)*

| *Materiale roccia* | | |
|---|---|---|
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_{ci}$ *[MPa]* | *30,6* |
| *resistenza a trazione (calcolata)* | $\sigma_{ti}$ *[MPa]* | *0,1* |
| *parametro dell'inviluppo di rottura* | $m_i$ *[-]* | *11,5* |

| ***Geological Strength Index*** *(Hoek e Marinos., 2000)* | ***35*** |
|---|---|

| *Parametri di resistenza dell'ammasso roccioso* | | *picco* | *post-rottura* |
|---|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ *[-]* | *0,32* | *0,23* |
| | ***s*** *[-]* | *8,1E-05* | *8,1E-06* |
| | ***a*** *[-]* | *0,52* | *0,52* |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ *[MPa]* | *0,01* | *0,00* |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ *[MPa]* | *0,24* | *0,07* |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ *[MPa]* | *2,13* | *1,77* |
| *modulo di deformabilità* | $E_m$ *[GPa]* | *1,52 - 0,30* | |

***DEFINIZIONE DEI PARAMETRI GEOMECCANICI DI RESISTENZA E DEFORMABILITA'***

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia - Variante di Imperia |
| **Località** | Strada per Gilagorio |
| **Data** | 23/04/10 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | RG10 - parametri medi |

***Litologia e descrizione geologica generale***

Siltiti debolmente marnose di aspetto scaglioso grigie, nocciola in alterazione, fittamente laminate, con sporadici sottili straterelli di arenarie fini a laminazione parallela di spessore da centimetrico a decimetrico.

***Tipo di ammasso roccioso secondo la classificazione di Hoek e Marinos, 2000 e parametri di base del materiale roccia***

| tipo ammasso | alternanze | classe | G | litotipo a | litotipo b |
|---|---|---|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | | | $\sigma_{ci}$ [MPa] | - | 8 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | | | $m_i$ [-] | - | 7 |
| rapporto del modulo | | | MR [-] | - | 175 |
| percentuale relativa | | | [%] | 5 | 95 |

***Parametri del materiale roccia assunti per la classificazione e la parametrizzazione***

| | | |
|---|---|---|
| resistenza a compressione monoassiale | $\sigma_{ci}$ [MPa] | 8,0 |
| parametro dell'inviluppo di rottura | $m_i$ [-] | 7 |
| rapporto del modulo | MR [-] | 175 |

***Q System (Grimstad e Barton, 1993)***

| RQD [%] | $J_r$ [-] | $J_w$ [-] |
|---|---|---|
| 10 | 1,0 | 1,0 |

| $J_n$ [-] | $J_a$ [-] | SRF [-] |
|---|---|---|
| 15,0 | 4,0 | 2,5 |

**RQD** : Rock Quality Designation
$J_n$ : Joint Set Number
$J_r$ : Joint Roughness Number
$J_a$ : Joint Alteration Number
$J_w$ : Joint Water Reduction Factor
**SRF** : Stress Reduction Factor

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| **Q'** [-] | **classe** | **qualità dell'ammasso** |
| **0,17** | E | molto scadente |

**Q'** : indice di qualità intrinseco dell'ammasso roccioso ($J_w$ = 1 e SRF = 1)

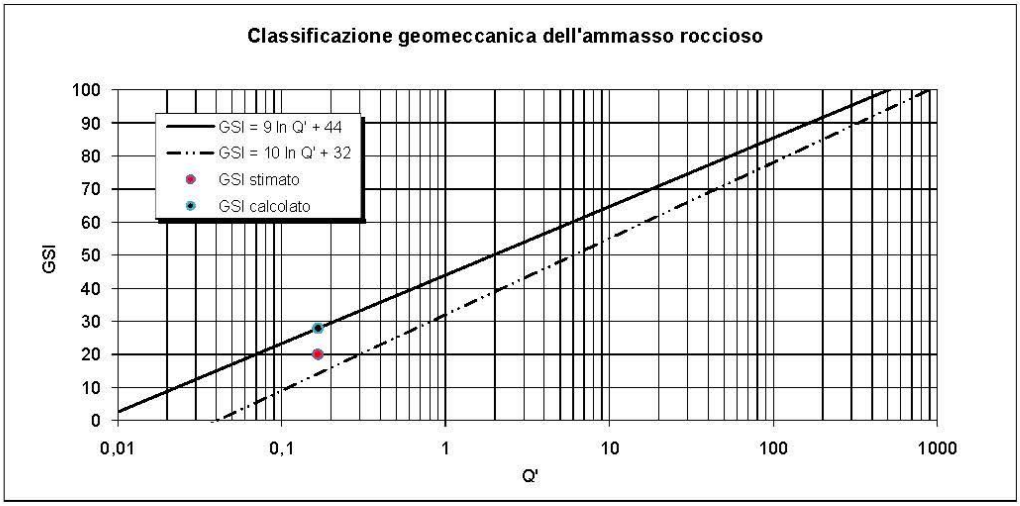
***RMR System - Geomechanics Classification (Bieniawski, 1989)***

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistenza a compressione monoassiale $\sigma_{ci}$ | [MPa] | 8 | 2 |
| Rock Quality Designation RQD | [%] | 10 | 4 |
| N° di famiglie di discontinuità | [-] | 3 | |
| Spaziatura delle discontinuità | [cm] | 1 | 5 |
| Condizioni delle discontinuità: | | | |
| lunghezza | [m] | 20 | 0 |
| apertura | [mm] | 10 | 0 |
| rugosità: | | | |
| descrizione | [-] | liscie | |
| JRC | [-] | 3 | 1 |
| riempimento: | | | |
| tipo | [-] | tenero | |
| spessore | [mm] | 10 | 0 |
| alterazione | [-] | debolmente alterate | 5 |
| Condizioni idriche | [-] | umido | 10 |

**Rock Mass Rating intrinseco** — **RMR'** = **32**

| Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso | | |
|---|---|---|
| **RMR'** [-] | **classe** | **qualità dell'ammasso** |
| **32** | IV | scadente |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Geological Strength Index*** *(Hoek e Marinos., 2000)* | **GSI** | calcolato | **28** |
| | | stimato | **20** |




***PARAMETRI GEOMECCANICI***

***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown***

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \cdot \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a$ *(Hoek et al., 2002)*

| *Materiale roccia* | | |
|---|---|---|
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_{ci}$ [MPa] | *8,0* |
| *resistenza a trazione (calcolata)* | $\sigma_{ti}$ [MPa] | *0,0* |
| *parametro dell'inviluppo di rottura* | $m_i$ [-] | *7* |
| *rapporto del modulo* | MR [-] | *175* |

| *Coefficiente di disturbo* | D [-] | *0,7* |
|---|---|---|

| *Ammasso roccioso - Condizioni di picco* | | |
|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ [-] | *0,09* |
| | s [-] | *9,2E-06* |
| | a [-] | *0,54* |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ [MPa] | *0,00* |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ [MPa] | *0,01* |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ [MPa] | *0,23* |

| *Ammasso roccioso - Condizioni post-rottura* | | |
|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ [-] | *0,09* |
| | s [-] | *9,2E-06* |
| | a [-] | *0,54* |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ [MPa] | *0,00* |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ [MPa] | *0,01* |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ [MPa] | *0,23* |

***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Mohr-Coulomb***

$\tau = c' + \sigma tg\varphi'$ ***Campo tensionale di validità [MPa]*** | *0,0* | *0,3*

| *Ammasso roccioso - Condizioni di picco* | | |
|---|---|---|
| *Angolo di resistenza al taglio efficace* | $\varphi'$ [°] | *19,72* |
| *Coesione efficace* | $c'$ [MPa] | *0,03* |

| *Ammasso roccioso - Condizioni post-rottura* | | |
|---|---|---|
| *Angolo di resistenza al taglio efficace* | $\varphi'$ [°] | *19,72* |
| *Coesione efficace* | $c'$ [MPa] | *0,03* |

***Modulo di deformabilità***

| | | |
|---|---|---|
| *(Serafim e Pereira, 1983; Hoek et al., 2002)* | $E_m$ [GPa] | *0,33* |
| *(Hoek e Diederichs, 2006)* | $E_m$ [GPa] | *0,04* |

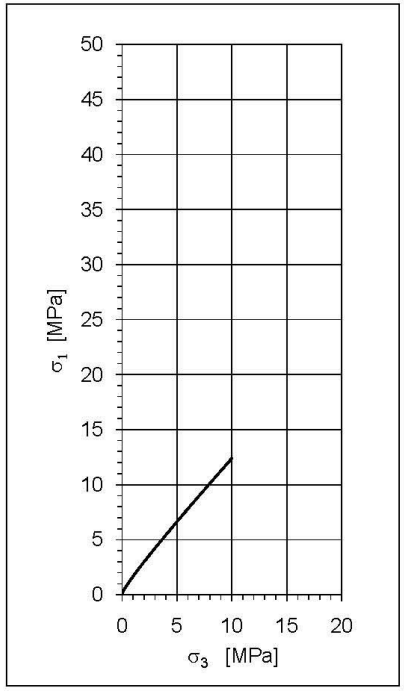
*INVILUPPO DI ROTTURA DELL'AMMASSO ROCCIOSO*

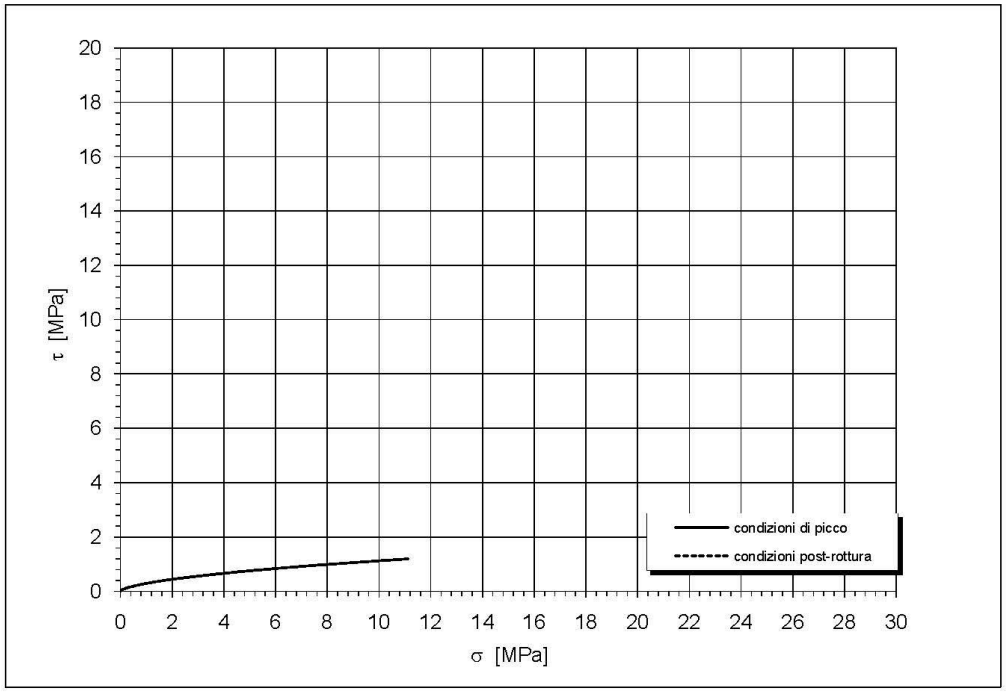
| | picco | post-rottura | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\sigma_3$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $c_i$ [MPa] | $\varphi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] | $\varphi_i$ [°] |
| | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | | |
| 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 55 | 0,00 | 55 |
| 0,05 | 0,18 | 0,18 | 0,09 | 0,06 | 0,09 | 0,06 | 0,02 | 25 | 0,02 | 25 |
| 0,10 | 0,30 | 0,30 | 0,16 | 0,09 | 0,16 | 0,09 | 0,03 | 20 | 0,03 | 20 |
| 0,15 | 0,39 | 0,39 | 0,23 | 0,12 | 0,23 | 0,12 | 0,04 | 18 | 0,04 | 18 |
| 0,20 | 0,48 | 0,48 | 0,30 | 0,14 | 0,30 | 0,14 | 0,05 | 16 | 0,05 | 16 |
| 0,25 | 0,57 | 0,57 | 0,37 | 0,16 | 0,37 | 0,16 | 0,06 | 15 | 0,06 | 15 |
| 0,30 | 0,65 | 0,65 | 0,43 | 0,17 | 0,43 | 0,17 | 0,06 | 14 | 0,06 | 14 |
| 0,35 | 0,74 | 0,74 | 0,50 | 0,19 | 0,50 | 0,19 | 0,07 | 13 | 0,07 | 13 |
| 0,40 | 0,81 | 0,81 | 0,56 | 0,20 | 0,56 | 0,20 | 0,08 | 13 | 0,08 | 13 |
| 0,45 | 0,89 | 0,89 | 0,62 | 0,22 | 0,62 | 0,22 | 0,08 | 12 | 0,08 | 12 |
| 0,50 | 0,97 | 0,97 | 0,69 | 0,23 | 0,69 | 0,23 | 0,09 | 12 | 0,09 | 12 |
| 0,60 | 1,12 | 1,12 | 0,81 | 0,25 | 0,81 | 0,25 | 0,10 | 11 | 0,10 | 11 |
| 0,70 | 1,26 | 1,26 | 0,93 | 0,28 | 0,93 | 0,28 | 0,11 | 10 | 0,11 | 10 |
| 0,80 | 1,40 | 1,40 | 1,05 | 0,30 | 1,05 | 0,30 | 0,12 | 10 | 0,12 | 10 |
| 0,90 | 1,54 | 1,54 | 1,17 | 0,32 | 1,17 | 0,32 | 0,12 | 9 | 0,12 | 9 |
| 1,00 | 1,68 | 1,68 | 1,29 | 0,34 | 1,29 | 0,34 | 0,13 | 9 | 0,13 | 9 |
| 1,10 | 1,82 | 1,82 | 1,41 | 0,36 | 1,41 | 0,36 | 0,14 | 9 | 0,14 | 9 |
| 1,20 | 1,95 | 1,95 | 1,52 | 0,37 | 1,52 | 0,37 | 0,15 | 8 | 0,15 | 8 |
| 1,30 | 2,09 | 2,09 | 1,64 | 0,39 | 1,64 | 0,39 | 0,16 | 8 | 0,16 | 8 |
| 1,40 | 2,22 | 2,22 | 1,75 | 0,41 | 1,75 | 0,41 | 0,16 | 8 | 0,16 | 8 |
| 1,50 | 2,35 | 2,35 | 1,87 | 0,42 | 1,87 | 0,42 | 0,17 | 8 | 0,17 | 8 |
| 1,60 | 2,48 | 2,48 | 1,98 | 0,44 | 1,98 | 0,44 | 0,18 | 7 | 0,18 | 7 |
| 1,70 | 2,61 | 2,61 | 2,10 | 0,45 | 2,10 | 0,45 | 0,18 | 7 | 0,18 | 7 |
| 1,80 | 2,74 | 2,74 | 2,21 | 0,47 | 2,21 | 0,47 | 0,19 | 7 | 0,19 | 7 |
| 1,90 | 2,87 | 2,87 | 2,32 | 0,48 | 2,32 | 0,48 | 0,20 | 7 | 0,20 | 7 |
| 2,00 | 2,99 | 2,99 | 2,44 | 0,49 | 2,44 | 0,49 | 0,20 | 7 | 0,20 | 7 |
| 2,20 | 3,25 | 3,25 | 2,66 | 0,52 | 2,66 | 0,52 | 0,21 | 7 | 0,21 | 7 |
| 2,40 | 3,50 | 3,50 | 2,89 | 0,55 | 2,89 | 0,55 | 0,22 | 6 | 0,22 | 6 |
| 2,60 | 3,75 | 3,75 | 3,11 | 0,57 | 3,11 | 0,57 | 0,23 | 6 | 0,23 | 6 |
| 2,80 | 3,99 | 3,99 | 3,33 | 0,59 | 3,33 | 0,59 | 0,25 | 6 | 0,25 | 6 |
| 3,00 | 4,24 | 4,24 | 3,56 | 0,62 | 3,56 | 0,62 | 0,26 | 6 | 0,26 | 6 |
| 3,20 | 4,48 | 4,48 | 3,78 | 0,64 | 3,78 | 0,64 | 0,27 | 6 | 0,27 | 6 |
| 3,40 | 4,73 | 4,73 | 4,00 | 0,66 | 4,00 | 0,66 | 0,27 | 6 | 0,27 | 6 |
| 3,60 | 4,97 | 4,97 | 4,22 | 0,68 | 4,22 | 0,68 | 0,28 | 5 | 0,28 | 5 |
| 3,80 | 5,21 | 5,21 | 4,44 | 0,70 | 4,44 | 0,70 | 0,29 | 5 | 0,29 | 5 |
| 4,00 | 5,45 | 5,45 | 4,66 | 0,72 | 4,66 | 0,72 | 0,30 | 5 | 0,30 | 5 |
| 4,20 | 5,69 | 5,69 | 4,88 | 0,74 | 4,88 | 0,74 | 0,31 | 5 | 0,31 | 5 |
| 4,40 | 5,93 | 5,93 | 5,10 | 0,76 | 5,10 | 0,76 | 0,32 | 5 | 0,32 | 5 |
| 4,60 | 6,16 | 6,16 | 5,32 | 0,78 | 5,32 | 0,78 | 0,33 | 5 | 0,33 | 5 |
| 4,80 | 6,40 | 6,40 | 5,53 | 0,80 | 5,53 | 0,80 | 0,34 | 5 | 0,34 | 5 |
| 5,00 | 6,64 | 6,64 | 5,75 | 0,82 | 5,75 | 0,82 | 0,34 | 5 | 0,34 | 5 |
| 5,50 | 7,22 | 7,22 | 6,29 | 0,86 | 6,29 | 0,86 | 0,36 | 4 | 0,36 | 4 |
| 6,00 | 7,81 | 7,81 | 6,83 | 0,90 | 6,83 | 0,90 | 0,38 | 4 | 0,38 | 4 |
| 6,50 | 8,39 | 8,39 | 7,37 | 0,94 | 7,37 | 0,94 | 0,40 | 4 | 0,40 | 4 |
| 7,00 | 8,96 | 8,96 | 7,91 | 0,98 | 7,91 | 0,98 | 0,42 | 4 | 0,42 | 4 |
| 7,50 | 9,54 | 9,54 | 8,45 | 1,02 | 8,45 | 1,02 | 0,43 | 4 | 0,43 | 4 |
| 8,00 | 10,11 | 10,11 | 8,99 | 1,05 | 8,99 | 1,05 | 0,45 | 4 | 0,45 | 4 |
| 8,50 | 10,68 | 10,68 | 9,52 | 1,09 | 9,52 | 1,09 | 0,47 | 4 | 0,47 | 4 |
| 9,00 | 11,25 | 11,25 | 10,05 | 1,12 | 10,05 | 1,12 | 0,48 | 4 | 0,48 | 4 |
| 9,50 | 11,82 | 11,82 | 10,59 | 1,16 | 10,59 | 1,16 | 0,50 | 4 | 0,50 | 4 |
| 10,00 | 12,38 | 12,38 | 11,12 | 1,19 | 11,12 | 1,19 | 0,51 | 3 | 0,51 | 3 |

# Inviluppi di rottura dell'ammasso roccioso

**SS 1 Aurelia - Variante di Imperia**
**Strada per Gilagorio**

**RG10 - parametri medi**




***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown***

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \cdot \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a$ *(Hoek et al., 2002)*

| *Materiale roccia* | | |
|---|---|---|
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_{ci}$ *[MPa]* | *8,0* |
| *resistenza a trazione (calcolata)* | $\sigma_{ti}$ *[MPa]* | *0,0* |
| *parametro dell'inviluppo di rottura* | $m_i$ *[-]* | *7,0* |

| ***Geological Strength Index*** *(Hoek e Marinos., 2000)* | ***20*** |
|---|---|

| *Parametri di resistenza dell'ammasso roccioso* | | *picco* | *post-rottura* |
|---|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ *[-]* | *0,09* | *0,09* |
| | $s$ *[-]* | *9,2E-06* | *9,2E-06* |
| | $a$ *[-]* | *0,54* | *0,54* |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ *[MPa]* | *0,00* | *0,00* |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ *[MPa]* | *0,01* | *0,01* |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ *[MPa]* | *0,23* | *0,23* |
| *modulo di deformabilità* | $E_m$ *[GPa]* | *0,33 - 0,04* | |

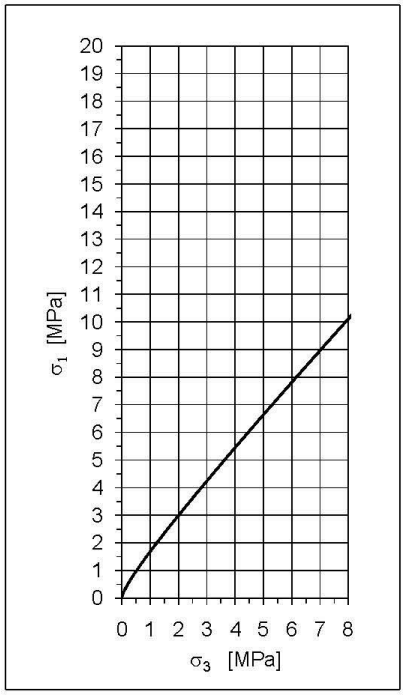
***INVILUPPO DI ROTTURA DELL'AMMASSO ROCCIOSO*** ($\sigma_3$ = 0 - 1 MPa)

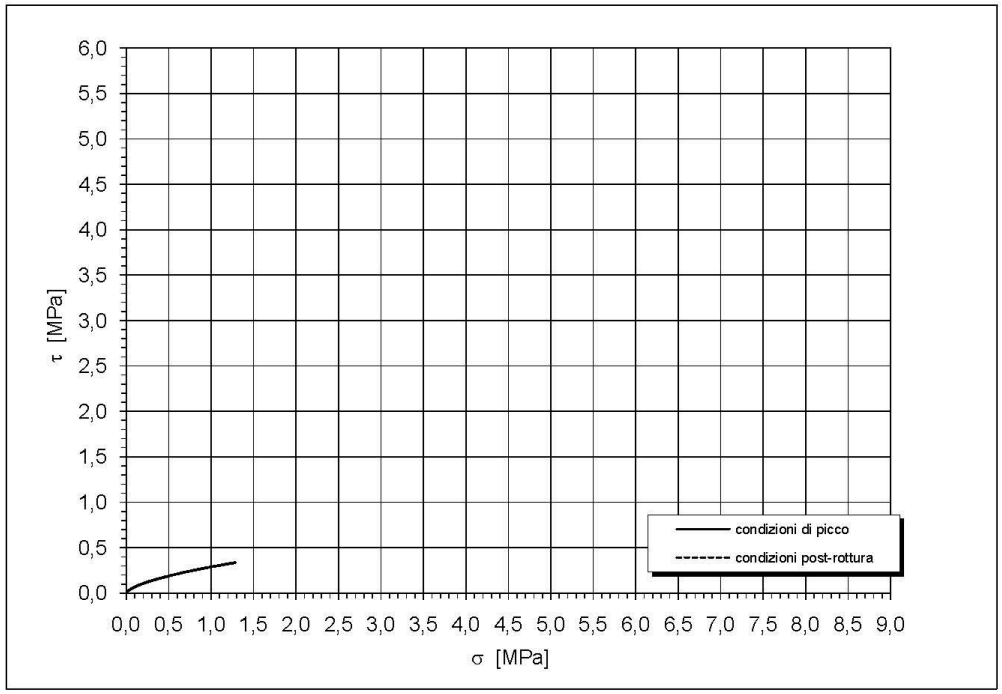
| | picco | post-rottura | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | | condizioni di picco | | condizioni post-rottura | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\sigma_3$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_1$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\sigma_n$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $c_i$ [kPa] | $\varphi_i$ [°] | $c_i$ [kPa] | $\varphi_i$ [°] |
| | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | | |
| 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2 | 55 | 2 | 55 |
| 0,01 | 0,07 | 0,07 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 7 | 36 | 7 | 36 |
| 0,02 | 0,10 | 0,10 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 11 | 31 | 11 | 31 |
| 0,03 | 0,13 | 0,13 | 0,06 | 0,05 | 0,06 | 0,05 | 14 | 28 | 14 | 28 |
| 0,04 | 0,16 | 0,16 | 0,07 | 0,05 | 0,07 | 0,05 | 17 | 26 | 17 | 26 |
| 0,05 | 0,18 | 0,18 | 0,09 | 0,06 | 0,09 | 0,06 | 20 | 25 | 20 | 25 |
| 0,06 | 0,21 | 0,21 | 0,10 | 0,07 | 0,10 | 0,07 | 23 | 24 | 23 | 24 |
| 0,07 | 0,23 | 0,23 | 0,12 | 0,07 | 0,12 | 0,07 | 25 | 23 | 25 | 23 |
| 0,08 | 0,25 | 0,25 | 0,13 | 0,08 | 0,13 | 0,08 | 27 | 22 | 27 | 22 |
| 0,09 | 0,28 | 0,28 | 0,15 | 0,09 | 0,15 | 0,09 | 29 | 21 | 29 | 21 |
| 0,10 | 0,30 | 0,30 | 0,16 | 0,09 | 0,16 | 0,09 | 31 | 20 | 31 | 20 |
| 0,11 | 0,32 | 0,32 | 0,18 | 0,10 | 0,18 | 0,10 | 33 | 20 | 33 | 20 |
| 0,12 | 0,34 | 0,34 | 0,19 | 0,10 | 0,19 | 0,10 | 35 | 19 | 35 | 19 |
| 0,13 | 0,36 | 0,36 | 0,21 | 0,11 | 0,21 | 0,11 | 37 | 19 | 37 | 19 |
| 0,14 | 0,37 | 0,37 | 0,22 | 0,11 | 0,22 | 0,11 | 39 | 18 | 39 | 18 |
| 0,15 | 0,39 | 0,39 | 0,23 | 0,12 | 0,23 | 0,12 | 41 | 18 | 41 | 18 |
| 0,16 | 0,41 | 0,41 | 0,25 | 0,12 | 0,25 | 0,12 | 43 | 17 | 43 | 17 |
| 0,17 | 0,43 | 0,43 | 0,26 | 0,12 | 0,26 | 0,12 | 44 | 17 | 44 | 17 |
| 0,18 | 0,45 | 0,45 | 0,28 | 0,13 | 0,28 | 0,13 | 46 | 17 | 46 | 17 |
| 0,19 | 0,47 | 0,47 | 0,29 | 0,13 | 0,29 | 0,13 | 47 | 16 | 47 | 16 |
| 0,20 | 0,48 | 0,48 | 0,30 | 0,14 | 0,30 | 0,14 | 49 | 16 | 49 | 16 |
| 0,22 | 0,52 | 0,52 | 0,33 | 0,14 | 0,33 | 0,14 | 52 | 16 | 52 | 16 |
| 0,24 | 0,55 | 0,55 | 0,36 | 0,15 | 0,36 | 0,15 | 55 | 15 | 55 | 15 |
| 0,26 | 0,59 | 0,59 | 0,38 | 0,16 | 0,38 | 0,16 | 58 | 15 | 58 | 15 |
| 0,28 | 0,62 | 0,62 | 0,41 | 0,17 | 0,41 | 0,17 | 61 | 14 | 61 | 14 |
| 0,30 | 0,65 | 0,65 | 0,43 | 0,17 | 0,43 | 0,17 | 63 | 14 | 63 | 14 |
| 0,32 | 0,69 | 0,69 | 0,46 | 0,18 | 0,46 | 0,18 | 66 | 14 | 66 | 14 |
| 0,34 | 0,72 | 0,72 | 0,49 | 0,18 | 0,49 | 0,18 | 69 | 13 | 69 | 13 |
| 0,36 | 0,75 | 0,75 | 0,51 | 0,19 | 0,51 | 0,19 | 71 | 13 | 71 | 13 |
| 0,38 | 0,78 | 0,78 | 0,54 | 0,20 | 0,54 | 0,20 | 73 | 13 | 73 | 13 |
| 0,40 | 0,81 | 0,81 | 0,56 | 0,20 | 0,56 | 0,20 | 76 | 13 | 76 | 13 |
| 0,42 | 0,85 | 0,85 | 0,59 | 0,21 | 0,59 | 0,21 | 78 | 12 | 78 | 12 |
| 0,44 | 0,88 | 0,88 | 0,61 | 0,21 | 0,61 | 0,21 | 81 | 12 | 81 | 12 |
| 0,46 | 0,91 | 0,91 | 0,64 | 0,22 | 0,64 | 0,22 | 83 | 12 | 83 | 12 |
| 0,48 | 0,94 | 0,94 | 0,66 | 0,22 | 0,66 | 0,22 | 85 | 12 | 85 | 12 |
| 0,50 | 0,97 | 0,97 | 0,69 | 0,23 | 0,69 | 0,23 | 87 | 12 | 87 | 12 |
| 0,55 | 1,04 | 1,04 | 0,75 | 0,24 | 0,75 | 0,24 | 92 | 11 | 92 | 11 |
| 0,60 | 1,12 | 1,12 | 0,81 | 0,25 | 0,81 | 0,25 | 97 | 11 | 97 | 11 |
| 0,65 | 1,19 | 1,19 | 0,87 | 0,27 | 0,87 | 0,27 | 102 | 11 | 102 | 11 |
| 0,70 | 1,26 | 1,26 | 0,93 | 0,28 | 0,93 | 0,28 | 107 | 10 | 107 | 10 |
| 0,75 | 1,33 | 1,33 | 0,99 | 0,29 | 0,99 | 0,29 | 112 | 10 | 112 | 10 |
| 0,80 | 1,40 | 1,40 | 1,05 | 0,30 | 1,05 | 0,30 | 116 | 10 | 116 | 10 |
| 0,85 | 1,47 | 1,47 | 1,11 | 0,31 | 1,11 | 0,31 | 121 | 10 | 121 | 10 |
| 0,90 | 1,54 | 1,54 | 1,17 | 0,32 | 1,17 | 0,32 | 125 | 9 | 125 | 9 |
| 0,95 | 1,61 | 1,61 | 1,23 | 0,33 | 1,23 | 0,33 | 129 | 9 | 129 | 9 |
| 1,00 | 1,68 | 1,68 | 1,29 | 0,34 | 1,29 | 0,34 | 133 | 9 | 133 | 9 |

## *Inviluppi di rottura dell'ammasso roccioso*
## *($0 < \sigma_3 < 1$ MPa)*

***SS 1 Aurelia - Variante di Imperia***
***Strada per Gilagorio***

***RG10 - parametri medi***




***Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown***

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b * \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a$ *(Hoek et al., 2002)*

| *Materiale roccia* | | |
|---|---|---|
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_{ci}$ *[MPa]* | *8,0* |
| *resistenza a trazione (calcolata)* | $\sigma_{ti}$ *[MPa]* | *0,0* |
| *parametro dell'inviluppo di rottura* | $m_i$ *[-]* | *7,0* |

| ***Geological Strength Index*** *(Hoek e Marinos., 2000)* | ***20*** |
|---|---|

| *Parametri di resistenza dell'ammasso roccioso* | | *picco* | | *post-rottura* |
|---|---|---|---|---|
| *parametri dell'inviluppo di rottura* | $m_b$ *[-]* | *0,09* | | *0,09* |
| | $s$ *[-]* | *9,2E-06* | | *9,2E-06* |
| | $a$ *[-]* | *0,54* | | *0,54* |
| *resistenza a trazione* | $\sigma_t$ *[MPa]* | *0,00* | | *0,00* |
| *resistenza a compressione monoassiale* | $\sigma_c$ *[MPa]* | *0,01* | | *0,01* |
| *resistenza globale* | $\sigma_{cm}$ *[MPa]* | *0,23* | | *0,23* |
| *modulo di deformabilità* | $E_m$ *[GPa]* | *0,33 - 0,04* | | |

## 9.5 Allegato 5 – Rilievi geomeccanici – Determinazione della resistenza a taglio lungo i giunti – Risultati

***DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA AL TAGLIO LUNGO GIUNTI NATURALI***
***Equazione empirica di Barton (1973)***

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia variante di Imperia |
| **Località** | Cascina Bastia |
| **Data** | 26/07/10 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | RG1 |

***Caratteristiche del giunto***

| | | |
|---|---|---|
| **Set** | | S |
| **Descrizione** | | planare liscio |
| $\varphi_b$ | [°] | 27 |
| **JRC** | [-] | 3 |
| **JCS** | [MPa] | 29 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | | |
| 0,05 | 0,04 | 34 | 0,002 |
| 0,10 | 0,07 | 33 | 0,003 |
| 0,15 | 0,10 | 33 | 0,005 |
| 0,20 | 0,13 | 32 | 0,007 |
| 0,25 | 0,16 | 32 | 0,008 |
| 0,30 | 0,19 | 32 | 0,010 |
| 0,35 | 0,23 | 31 | 0,011 |
| 0,40 | 0,26 | 31 | 0,013 |
| 0,45 | 0,29 | 31 | 0,014 |
| 0,50 | 0,32 | 31 | 0,016 |
| 0,55 | 0,35 | 31 | 0,017 |
| 0,60 | 0,38 | 31 | 0,019 |
| 0,65 | 0,41 | 31 | 0,021 |
| 0,70 | 0,43 | 31 | 0,022 |
| 0,75 | 0,46 | 30 | 0,024 |
| 0,80 | 0,49 | 30 | 0,025 |
| 0,85 | 0,52 | 30 | 0,027 |
| 0,90 | 0,55 | 30 | 0,028 |
| 0,95 | 0,58 | 30 | 0,030 |
| 1,00 | 0,61 | 30 | 0,031 |
| 1,05 | 0,64 | 30 | 0,033 |
| 1,10 | 0,67 | 30 | 0,034 |
| 1,15 | 0,70 | 30 | 0,036 |
| 1,20 | 0,73 | 30 | 0,037 |
| 1,25 | 0,75 | 30 | 0,039 |
| 1,30 | 0,78 | 30 | 0,040 |
| 1,35 | 0,81 | 30 | 0,042 |
| 1,40 | 0,84 | 30 | 0,043 |
| 1,45 | 0,87 | 30 | 0,045 |
| 1,50 | 0,90 | 30 | 0,046 |
| 1,55 | 0,92 | 29 | 0,048 |
| 1,60 | 0,95 | 29 | 0,049 |
| 1,65 | 0,98 | 29 | 0,051 |
| 1,70 | 1,01 | 29 | 0,052 |
| 1,75 | 1,04 | 29 | 0,054 |
| 1,80 | 1,07 | 29 | 0,055 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 1,85 | 1,09 | 29 | 0,057 |
| 1,90 | 1,12 | 29 | 0,058 |
| 1,95 | 1,15 | 29 | 0,060 |
| 2,00 | 1,18 | 29 | 0,061 |
| 2,10 | 1,23 | 29 | 0,064 |
| 2,20 | 1,29 | 29 | 0,067 |
| 2,30 | 1,34 | 29 | 0,070 |
| 2,40 | 1,40 | 29 | 0,073 |
| 2,50 | 1,45 | 29 | 0,076 |
| 2,60 | 1,51 | 29 | 0,079 |
| 2,70 | 1,56 | 29 | 0,082 |
| 2,80 | 1,62 | 29 | 0,085 |
| 2,90 | 1,67 | 29 | 0,088 |
| 3,00 | 1,73 | 29 | 0,091 |
| 3,20 | 1,84 | 29 | 0,097 |
| 3,40 | 1,95 | 28 | 0,103 |
| 3,60 | 2,05 | 28 | 0,109 |
| 3,80 | 2,16 | 28 | 0,114 |
| 4,00 | 2,27 | 28 | 0,120 |
| 4,20 | 2,38 | 28 | 0,126 |
| 4,40 | 2,49 | 28 | 0,132 |
| 4,60 | 2,59 | 28 | 0,138 |
| 4,80 | 2,70 | 28 | 0,144 |
| 5,00 | 2,80 | 28 | 0,149 |
| 5,50 | 3,07 | 28 | 0,164 |
| 6,00 | 3,33 | 28 | 0,179 |
| 6,50 | 3,60 | 28 | 0,193 |
| 7,00 | 3,86 | 28 | 0,207 |
| 7,50 | 4,12 | 27 | 0,222 |
| 8,00 | 4,38 | 27 | 0,236 |
| 8,50 | 4,63 | 27 | 0,251 |
| 9,00 | 4,89 | 27 | 0,265 |
| 9,50 | 5,15 | 27 | 0,279 |
| 10,00 | 5,40 | 27 | 0,294 |
| 10,50 | 5,66 | 27 | 0,308 |
| 11,00 | 5,91 | 27 | 0,322 |
| 11,50 | 6,17 | 27 | 0,337 |

**Caratteristiche del giunto**

| | | |
|---|---|---|
| **Set** | | K1 |
| **Descrizione** | | planare liscio |
| $\varphi_b$ | [°] | 30 |
| **JRC** | [-] | 3 |
| **JCS** | [MPa] | 15 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | | |
| 0,05 | 0,04 | 36 | 0,002 |
| 0,10 | 0,07 | 35 | 0,004 |
| 0,15 | 0,11 | 35 | 0,005 |
| 0,20 | 0,14 | 34 | 0,007 |
| 0,25 | 0,18 | 34 | 0,009 |
| 0,30 | 0,21 | 34 | 0,010 |
| 0,35 | 0,24 | 34 | 0,012 |
| 0,40 | 0,28 | 33 | 0,013 |
| 0,45 | 0,31 | 33 | 0,015 |
| 0,50 | 0,34 | 33 | 0,017 |
| 0,55 | 0,38 | 33 | 0,018 |
| 0,60 | 0,41 | 33 | 0,020 |
| 0,65 | 0,44 | 33 | 0,022 |
| 0,70 | 0,47 | 33 | 0,023 |
| 0,75 | 0,50 | 33 | 0,025 |
| 0,80 | 0,54 | 32 | 0,026 |
| 0,85 | 0,57 | 32 | 0,028 |
| 0,90 | 0,60 | 32 | 0,030 |
| 0,95 | 0,63 | 32 | 0,031 |
| 1,00 | 0,66 | 32 | 0,033 |
| 1,05 | 0,69 | 32 | 0,034 |
| 1,10 | 0,73 | 32 | 0,036 |
| 1,15 | 0,76 | 32 | 0,037 |
| 1,20 | 0,79 | 32 | 0,039 |
| 1,25 | 0,82 | 32 | 0,041 |
| 1,30 | 0,85 | 32 | 0,042 |
| 1,35 | 0,88 | 32 | 0,044 |
| 1,40 | 0,91 | 32 | 0,045 |
| 1,45 | 0,94 | 32 | 0,047 |
| 1,50 | 0,97 | 32 | 0,048 |
| 1,55 | 1,00 | 32 | 0,050 |
| 1,60 | 1,04 | 32 | 0,052 |
| 1,65 | 1,07 | 32 | 0,053 |
| 1,70 | 1,10 | 32 | 0,055 |
| 1,75 | 1,13 | 31 | 0,056 |
| 1,80 | 1,16 | 31 | 0,058 |

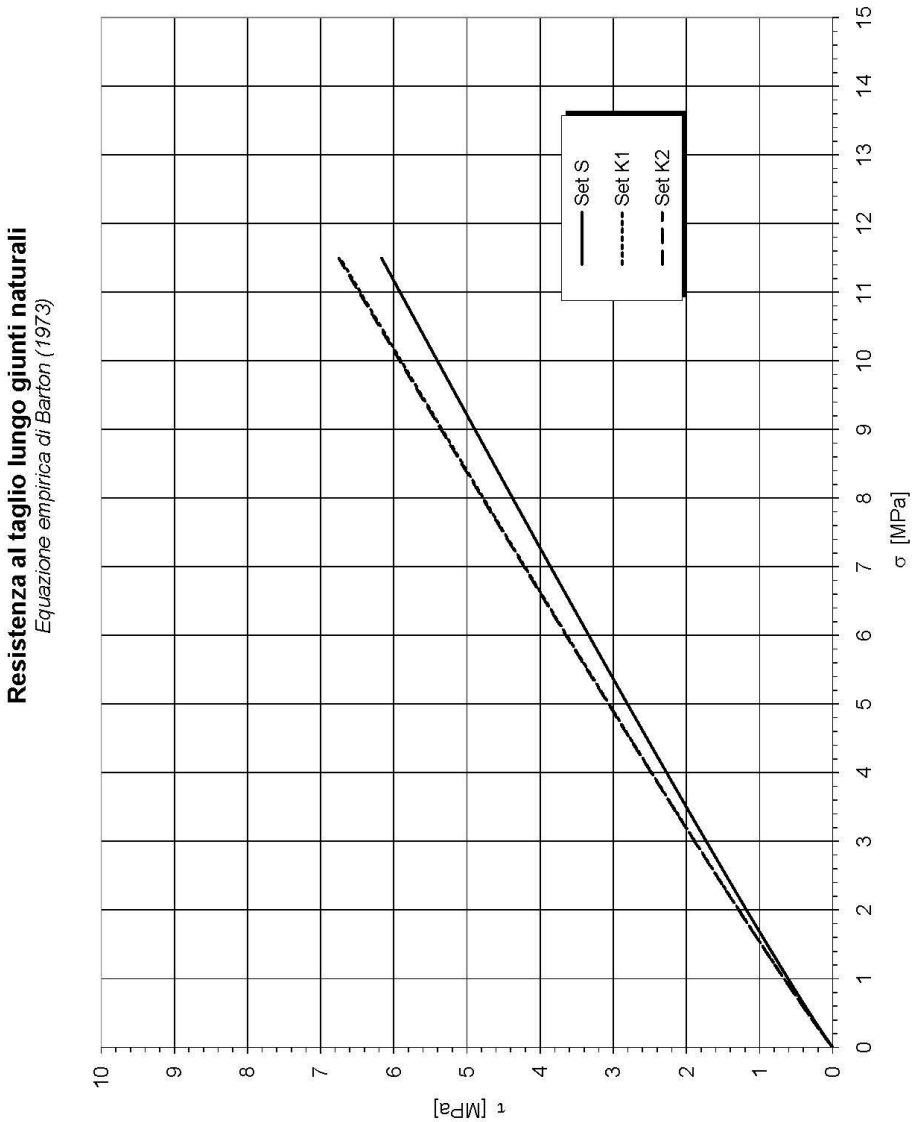
| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 1,85 | 1,19 | 31 | 0,059 |
| 1,90 | 1,22 | 31 | 0,061 |
| 1,95 | 1,25 | 31 | 0,063 |
| 2,00 | 1,28 | 31 | 0,064 |
| 2,10 | 1,34 | 31 | 0,067 |
| 2,20 | 1,40 | 31 | 0,070 |
| 2,30 | 1,46 | 31 | 0,073 |
| 2,40 | 1,52 | 31 | 0,077 |
| 2,50 | 1,58 | 31 | 0,080 |
| 2,60 | 1,64 | 31 | 0,083 |
| 2,70 | 1,70 | 31 | 0,086 |
| 2,80 | 1,76 | 31 | 0,089 |
| 2,90 | 1,82 | 31 | 0,092 |
| 3,00 | 1,88 | 31 | 0,095 |
| 3,20 | 2,00 | 31 | 0,101 |
| 3,40 | 2,12 | 31 | 0,107 |
| 3,60 | 2,24 | 31 | 0,113 |
| 3,80 | 2,36 | 30 | 0,120 |
| 4,00 | 2,47 | 30 | 0,126 |
| 4,20 | 2,59 | 30 | 0,132 |
| 4,40 | 2,71 | 30 | 0,138 |
| 4,60 | 2,82 | 30 | 0,144 |
| 4,80 | 2,94 | 30 | 0,150 |
| 5,00 | 3,06 | 30 | 0,156 |
| 5,50 | 3,34 | 30 | 0,171 |
| 6,00 | 3,63 | 30 | 0,186 |
| 6,50 | 3,92 | 30 | 0,202 |
| 7,00 | 4,20 | 30 | 0,217 |
| 7,50 | 4,49 | 30 | 0,232 |
| 8,00 | 4,77 | 29 | 0,247 |
| 8,50 | 5,05 | 29 | 0,262 |
| 9,00 | 5,34 | 29 | 0,277 |
| 9,50 | 5,62 | 29 | 0,292 |
| 10,00 | 5,90 | 29 | 0,306 |
| 10,50 | 6,18 | 29 | 0,321 |
| 11,00 | 6,45 | 29 | 0,336 |
| 11,50 | 6,73 | 29 | 0,351 |

**Caratteristiche del giunto**

| | | |
|---|---|---|
| **Set** | | K2 |
| **Descrizione** | | planare liscio |
| $\varphi_b$ | [°] | 30 |
| **JRC** | [-] | 3 |
| **JCS** | [MPa] | 16 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | | |
| 0,05 | 0,04 | 36 | 0,002 |
| 0,10 | 0,07 | 35 | 0,004 |
| 0,15 | 0,11 | 35 | 0,005 |
| 0,20 | 0,14 | 34 | 0,007 |
| 0,25 | 0,18 | 34 | 0,009 |
| 0,30 | 0,21 | 34 | 0,010 |
| 0,35 | 0,24 | 34 | 0,012 |
| 0,40 | 0,28 | 33 | 0,013 |
| 0,45 | 0,31 | 33 | 0,015 |
| 0,50 | 0,34 | 33 | 0,017 |
| 0,55 | 0,38 | 33 | 0,018 |
| 0,60 | 0,41 | 33 | 0,020 |
| 0,65 | 0,44 | 33 | 0,022 |
| 0,70 | 0,47 | 33 | 0,023 |
| 0,75 | 0,51 | 33 | 0,025 |
| 0,80 | 0,54 | 33 | 0,026 |
| 0,85 | 0,57 | 33 | 0,028 |
| 0,90 | 0,60 | 32 | 0,030 |
| 0,95 | 0,63 | 32 | 0,031 |
| 1,00 | 0,66 | 32 | 0,033 |
| 1,05 | 0,70 | 32 | 0,034 |
| 1,10 | 0,73 | 32 | 0,036 |
| 1,15 | 0,76 | 32 | 0,038 |
| 1,20 | 0,79 | 32 | 0,039 |
| 1,25 | 0,82 | 32 | 0,041 |
| 1,30 | 0,85 | 32 | 0,042 |
| 1,35 | 0,88 | 32 | 0,044 |
| 1,40 | 0,92 | 32 | 0,045 |
| 1,45 | 0,95 | 32 | 0,047 |
| 1,50 | 0,98 | 32 | 0,049 |
| 1,55 | 1,01 | 32 | 0,050 |
| 1,60 | 1,04 | 32 | 0,052 |
| 1,65 | 1,07 | 32 | 0,053 |
| 1,70 | 1,10 | 32 | 0,055 |
| 1,75 | 1,13 | 32 | 0,056 |
| 1,80 | 1,16 | 32 | 0,058 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 1,85 | 1,19 | 31 | 0,060 |
| 1,90 | 1,22 | 31 | 0,061 |
| 1,95 | 1,25 | 31 | 0,063 |
| 2,00 | 1,28 | 31 | 0,064 |
| 2,10 | 1,35 | 31 | 0,067 |
| 2,20 | 1,41 | 31 | 0,070 |
| 2,30 | 1,47 | 31 | 0,074 |
| 2,40 | 1,53 | 31 | 0,077 |
| 2,50 | 1,59 | 31 | 0,080 |
| 2,60 | 1,65 | 31 | 0,083 |
| 2,70 | 1,71 | 31 | 0,086 |
| 2,80 | 1,77 | 31 | 0,089 |
| 2,90 | 1,83 | 31 | 0,092 |
| 3,00 | 1,89 | 31 | 0,095 |
| 3,20 | 2,01 | 31 | 0,101 |
| 3,40 | 2,13 | 31 | 0,108 |
| 3,60 | 2,24 | 31 | 0,114 |
| 3,80 | 2,36 | 31 | 0,120 |
| 4,00 | 2,48 | 30 | 0,126 |
| 4,20 | 2,60 | 30 | 0,132 |
| 4,40 | 2,72 | 30 | 0,138 |
| 4,60 | 2,83 | 30 | 0,144 |
| 4,80 | 2,95 | 30 | 0,150 |
| 5,00 | 3,07 | 30 | 0,156 |
| 5,50 | 3,36 | 30 | 0,172 |
| 6,00 | 3,64 | 30 | 0,187 |
| 6,50 | 3,93 | 30 | 0,202 |
| 7,00 | 4,22 | 30 | 0,217 |
| 7,50 | 4,50 | 30 | 0,232 |
| 8,00 | 4,79 | 30 | 0,247 |
| 8,50 | 5,07 | 30 | 0,262 |
| 9,00 | 5,35 | 29 | 0,277 |
| 9,50 | 5,64 | 29 | 0,292 |
| 10,00 | 5,92 | 29 | 0,307 |
| 10,50 | 6,20 | 29 | 0,322 |
| 11,00 | 6,48 | 29 | 0,337 |
| 11,50 | 6,76 | 29 | 0,352 |


Resistenza al taglio lungo giunti naturali
Equazione empirica di Barton (1973)
Set S
Set K1
Set K2
σ [MPa]
τ [MPa]
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

***DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA AL TAGLIO LUNGO GIUNTI NATURALI***
***Equazione empirica di Barton (1973)***

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia variante di Imperia |
| **Località** | Costa Murata |
| **Data** | 26/07/10 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | RG2 |

**Caratteristiche del giunto**

| | | |
|---|---|---|
| **Set** | | S |
| **Descrizione** | | planare liscio |
| $\varphi_b$ | [°] | 27 |
| **JRC** | [-] | 4 |
| **JCS** | [MPa] | 58 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | | |
| 0,05 | 0,04 | 37 | 0,003 |
| 0,10 | 0,08 | 36 | 0,005 |
| 0,15 | 0,11 | 36 | 0,007 |
| 0,20 | 0,15 | 35 | 0,009 |
| 0,25 | 0,18 | 35 | 0,012 |
| 0,30 | 0,22 | 34 | 0,014 |
| 0,35 | 0,25 | 34 | 0,016 |
| 0,40 | 0,29 | 34 | 0,018 |
| 0,45 | 0,32 | 34 | 0,021 |
| 0,50 | 0,35 | 33 | 0,023 |
| 0,55 | 0,39 | 33 | 0,025 |
| 0,60 | 0,42 | 33 | 0,027 |
| 0,65 | 0,45 | 33 | 0,029 |
| 0,70 | 0,48 | 33 | 0,031 |
| 0,75 | 0,52 | 33 | 0,034 |
| 0,80 | 0,55 | 33 | 0,036 |
| 0,85 | 0,58 | 33 | 0,038 |
| 0,90 | 0,61 | 32 | 0,040 |
| 0,95 | 0,64 | 32 | 0,042 |
| 1,00 | 0,68 | 32 | 0,044 |
| 1,05 | 0,71 | 32 | 0,046 |
| 1,10 | 0,74 | 32 | 0,048 |
| 1,15 | 0,77 | 32 | 0,051 |
| 1,20 | 0,80 | 32 | 0,053 |
| 1,25 | 0,83 | 32 | 0,055 |
| 1,30 | 0,86 | 32 | 0,057 |
| 1,35 | 0,89 | 32 | 0,059 |
| 1,40 | 0,93 | 32 | 0,061 |
| 1,45 | 0,96 | 32 | 0,063 |
| 1,50 | 0,99 | 32 | 0,065 |
| 1,55 | 1,02 | 32 | 0,067 |
| 1,60 | 1,05 | 31 | 0,069 |
| 1,65 | 1,08 | 31 | 0,071 |
| 1,70 | 1,11 | 31 | 0,074 |
| 1,75 | 1,14 | 31 | 0,076 |
| 1,80 | 1,17 | 31 | 0,078 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 1,85 | 1,20 | 31 | 0,080 |
| 1,90 | 1,23 | 31 | 0,082 |
| 1,95 | 1,26 | 31 | 0,084 |
| 2,00 | 1,29 | 31 | 0,086 |
| 2,10 | 1,35 | 31 | 0,090 |
| 2,20 | 1,41 | 31 | 0,094 |
| 2,30 | 1,47 | 31 | 0,098 |
| 2,40 | 1,53 | 31 | 0,102 |
| 2,50 | 1,59 | 31 | 0,106 |
| 2,60 | 1,65 | 31 | 0,111 |
| 2,70 | 1,71 | 31 | 0,115 |
| 2,80 | 1,77 | 30 | 0,119 |
| 2,90 | 1,83 | 30 | 0,123 |
| 3,00 | 1,89 | 30 | 0,127 |
| 3,20 | 2,00 | 30 | 0,135 |
| 3,40 | 2,12 | 30 | 0,143 |
| 3,60 | 2,23 | 30 | 0,151 |
| 3,80 | 2,35 | 30 | 0,159 |
| 4,00 | 2,47 | 30 | 0,167 |
| 4,20 | 2,58 | 30 | 0,175 |
| 4,40 | 2,69 | 30 | 0,183 |
| 4,60 | 2,81 | 30 | 0,191 |
| 4,80 | 2,92 | 30 | 0,199 |
| 5,00 | 3,04 | 29 | 0,207 |
| 5,50 | 3,32 | 29 | 0,227 |
| 6,00 | 3,60 | 29 | 0,247 |
| 6,50 | 3,88 | 29 | 0,267 |
| 7,00 | 4,15 | 29 | 0,287 |
| 7,50 | 4,43 | 29 | 0,307 |
| 8,00 | 4,70 | 29 | 0,326 |
| 8,50 | 4,97 | 29 | 0,346 |
| 9,00 | 5,25 | 28 | 0,366 |
| 9,50 | 5,52 | 28 | 0,385 |
| 10,00 | 5,79 | 28 | 0,405 |
| 10,50 | 6,05 | 28 | 0,424 |
| 11,00 | 6,32 | 28 | 0,444 |
| 11,50 | 6,59 | 28 | 0,463 |

**Caratteristiche del giunto**

| | | |
|---|---|---|
| **Set** | | K1 |
| **Descrizione** | | ondulato debolmente rugoso |
| $\varphi_b$ | [°] | 30 |
| **JRC** | [-] | 8 |
| **JCS** | [MPa] | 75 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | | |
| 0,05 | 0,07 | 52 | 0,009 |
| 0,10 | 0,13 | 49 | 0,017 |
| 0,15 | 0,19 | 48 | 0,024 |
| 0,20 | 0,24 | 47 | 0,030 |
| 0,25 | 0,30 | 46 | 0,036 |
| 0,30 | 0,35 | 45 | 0,043 |
| 0,35 | 0,40 | 45 | 0,049 |
| 0,40 | 0,45 | 44 | 0,055 |
| 0,45 | 0,50 | 44 | 0,060 |
| 0,50 | 0,54 | 44 | 0,066 |
| 0,55 | 0,59 | 43 | 0,072 |
| 0,60 | 0,64 | 43 | 0,078 |
| 0,65 | 0,68 | 43 | 0,083 |
| 0,70 | 0,73 | 43 | 0,089 |
| 0,75 | 0,78 | 42 | 0,094 |
| 0,80 | 0,82 | 42 | 0,100 |
| 0,85 | 0,87 | 42 | 0,105 |
| 0,90 | 0,91 | 42 | 0,111 |
| 0,95 | 0,96 | 41 | 0,116 |
| 1,00 | 1,00 | 41 | 0,121 |
| 1,05 | 1,04 | 41 | 0,127 |
| 1,10 | 1,09 | 41 | 0,132 |
| 1,15 | 1,13 | 41 | 0,137 |
| 1,20 | 1,17 | 41 | 0,142 |
| 1,25 | 1,22 | 41 | 0,148 |
| 1,30 | 1,26 | 40 | 0,153 |
| 1,35 | 1,30 | 40 | 0,158 |
| 1,40 | 1,34 | 40 | 0,163 |
| 1,45 | 1,39 | 40 | 0,168 |
| 1,50 | 1,43 | 40 | 0,173 |
| 1,55 | 1,47 | 40 | 0,179 |
| 1,60 | 1,51 | 40 | 0,184 |
| 1,65 | 1,55 | 40 | 0,189 |
| 1,70 | 1,59 | 39 | 0,194 |
| 1,75 | 1,64 | 39 | 0,199 |
| 1,80 | 1,68 | 39 | 0,204 |

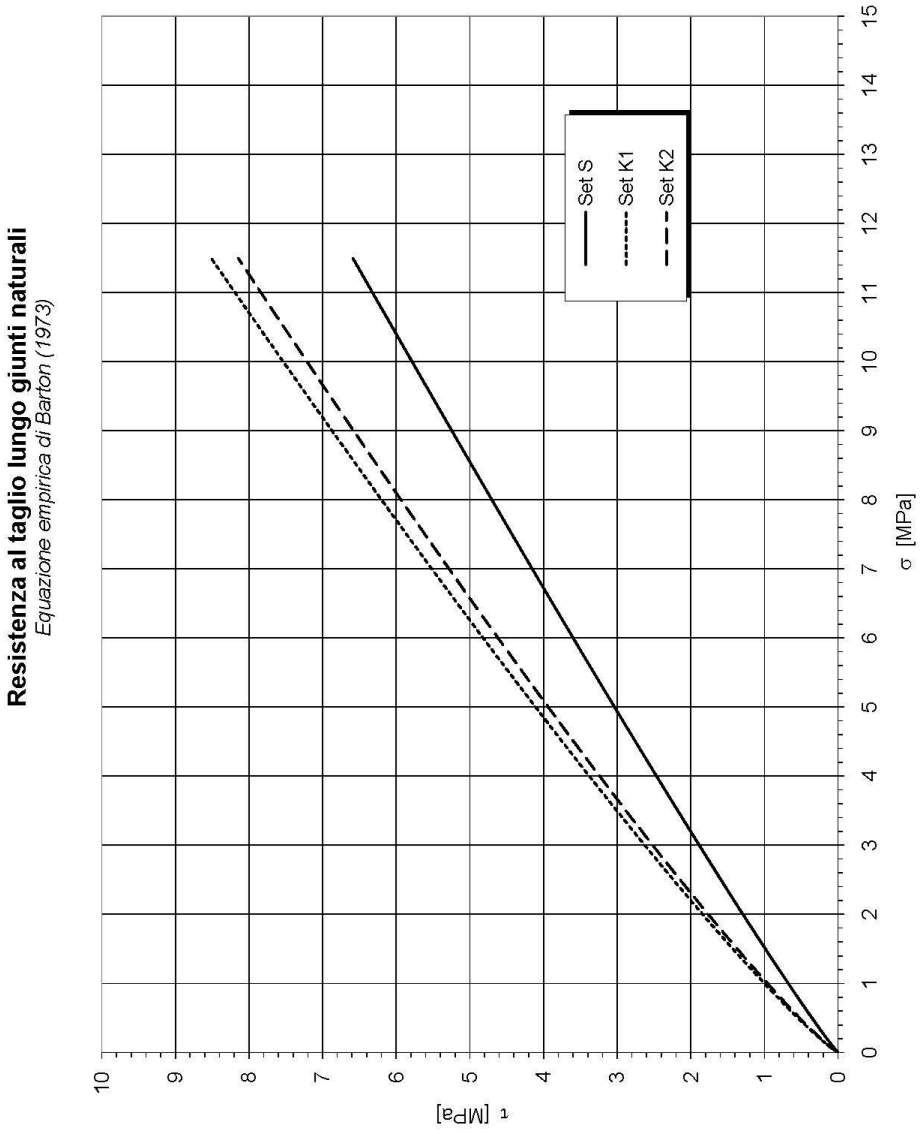
| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 1,85 | 1,72 | 39 | 0,209 |
| 1,90 | 1,76 | 39 | 0,214 |
| 1,95 | 1,80 | 39 | 0,219 |
| 2,00 | 1,84 | 39 | 0,224 |
| 2,10 | 1,92 | 39 | 0,234 |
| 2,20 | 2,00 | 39 | 0,244 |
| 2,30 | 2,08 | 38 | 0,253 |
| 2,40 | 2,16 | 38 | 0,263 |
| 2,50 | 2,24 | 38 | 0,273 |
| 2,60 | 2,31 | 38 | 0,283 |
| 2,70 | 2,39 | 38 | 0,292 |
| 2,80 | 2,47 | 38 | 0,302 |
| 2,90 | 2,55 | 38 | 0,312 |
| 3,00 | 2,62 | 38 | 0,321 |
| 3,20 | 2,78 | 37 | 0,340 |
| 3,40 | 2,93 | 37 | 0,359 |
| 3,60 | 3,08 | 37 | 0,378 |
| 3,80 | 3,23 | 37 | 0,397 |
| 4,00 | 3,38 | 37 | 0,416 |
| 4,20 | 3,53 | 36 | 0,434 |
| 4,40 | 3,67 | 36 | 0,453 |
| 4,60 | 3,82 | 36 | 0,471 |
| 4,80 | 3,96 | 36 | 0,490 |
| 5,00 | 4,11 | 36 | 0,508 |
| 5,50 | 4,47 | 35 | 0,553 |
| 6,00 | 4,82 | 35 | 0,599 |
| 6,50 | 5,17 | 35 | 0,643 |
| 7,00 | 5,52 | 35 | 0,688 |
| 7,50 | 5,86 | 34 | 0,732 |
| 8,00 | 6,20 | 34 | 0,776 |
| 8,50 | 6,54 | 34 | 0,820 |
| 9,00 | 6,87 | 34 | 0,864 |
| 9,50 | 7,21 | 34 | 0,907 |
| 10,00 | 7,54 | 33 | 0,951 |
| 10,50 | 7,86 | 33 | 0,994 |
| 11,00 | 8,19 | 33 | 1,037 |
| 11,50 | 8,51 | 33 | 1,080 |

**Caratteristiche del giunto**

| | | |
|---|---|---|
| **Set** | | K2 |
| **Descrizione** | | planare debolmente rugoso |
| $\varphi_b$ | [°] | 30 |
| **JRC** | [-] | 8 |
| **JCS** | [MPa] | 53 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | | |
| 0,05 | 0,07 | 50 | 0,009 |
| 0,10 | 0,13 | 48 | 0,016 |
| 0,15 | 0,18 | 47 | 0,022 |
| 0,20 | 0,23 | 46 | 0,029 |
| 0,25 | 0,28 | 45 | 0,035 |
| 0,30 | 0,33 | 44 | 0,041 |
| 0,35 | 0,38 | 44 | 0,046 |
| 0,40 | 0,43 | 43 | 0,052 |
| 0,45 | 0,48 | 43 | 0,058 |
| 0,50 | 0,52 | 42 | 0,063 |
| 0,55 | 0,57 | 42 | 0,069 |
| 0,60 | 0,61 | 42 | 0,074 |
| 0,65 | 0,66 | 42 | 0,080 |
| 0,70 | 0,70 | 41 | 0,085 |
| 0,75 | 0,74 | 41 | 0,090 |
| 0,80 | 0,79 | 41 | 0,096 |
| 0,85 | 0,83 | 41 | 0,101 |
| 0,90 | 0,87 | 40 | 0,106 |
| 0,95 | 0,92 | 40 | 0,111 |
| 1,00 | 0,96 | 40 | 0,116 |
| 1,05 | 1,00 | 40 | 0,122 |
| 1,10 | 1,04 | 40 | 0,127 |
| 1,15 | 1,08 | 40 | 0,132 |
| 1,20 | 1,13 | 39 | 0,137 |
| 1,25 | 1,17 | 39 | 0,142 |
| 1,30 | 1,21 | 39 | 0,147 |
| 1,35 | 1,25 | 39 | 0,152 |
| 1,40 | 1,29 | 39 | 0,157 |
| 1,45 | 1,33 | 39 | 0,162 |
| 1,50 | 1,37 | 39 | 0,167 |
| 1,55 | 1,41 | 39 | 0,172 |
| 1,60 | 1,45 | 38 | 0,177 |
| 1,65 | 1,49 | 38 | 0,181 |
| 1,70 | 1,53 | 38 | 0,186 |
| 1,75 | 1,57 | 38 | 0,191 |
| 1,80 | 1,61 | 38 | 0,196 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 1,85 | 1,65 | 38 | 0,201 |
| 1,90 | 1,68 | 38 | 0,206 |
| 1,95 | 1,72 | 38 | 0,211 |
| 2,00 | 1,76 | 38 | 0,215 |
| 2,10 | 1,84 | 38 | 0,225 |
| 2,20 | 1,92 | 37 | 0,235 |
| 2,30 | 1,99 | 37 | 0,244 |
| 2,40 | 2,07 | 37 | 0,254 |
| 2,50 | 2,14 | 37 | 0,263 |
| 2,60 | 2,22 | 37 | 0,272 |
| 2,70 | 2,29 | 37 | 0,282 |
| 2,80 | 2,37 | 37 | 0,291 |
| 2,90 | 2,44 | 36 | 0,301 |
| 3,00 | 2,52 | 36 | 0,310 |
| 3,20 | 2,66 | 36 | 0,328 |
| 3,40 | 2,81 | 36 | 0,347 |
| 3,60 | 2,95 | 36 | 0,365 |
| 3,80 | 3,09 | 36 | 0,383 |
| 4,00 | 3,24 | 35 | 0,401 |
| 4,20 | 3,38 | 35 | 0,419 |
| 4,40 | 3,52 | 35 | 0,437 |
| 4,60 | 3,66 | 35 | 0,455 |
| 4,80 | 3,80 | 35 | 0,473 |
| 5,00 | 3,93 | 35 | 0,491 |
| 5,50 | 4,28 | 34 | 0,535 |
| 6,00 | 4,62 | 34 | 0,579 |
| 6,50 | 4,95 | 34 | 0,623 |
| 7,00 | 5,28 | 33 | 0,666 |
| 7,50 | 5,61 | 33 | 0,709 |
| 8,00 | 5,93 | 33 | 0,752 |
| 8,50 | 6,26 | 33 | 0,795 |
| 9,00 | 6,58 | 33 | 0,837 |
| 9,50 | 6,90 | 32 | 0,880 |
| 10,00 | 7,21 | 32 | 0,922 |
| 10,50 | 7,52 | 32 | 0,964 |
| 11,00 | 7,84 | 32 | '1,005 |
| 11,50 | 8,15 | 32 | 1,047 |


Resistenza al taglio lungo giunti naturali
Equazione empirica di Barton (1973)
Set S
Set K1
Set K2
σ [MPa]
τ [MPa]
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

***DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA AL TAGLIO LUNGO GIUNTI NATURALI***
***Equazione empirica di Barton (1973)***

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia variante di Imperia |
| **Località** | Artallo |
| **Data** | 26/07/10 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | RG3 |

***Caratteristiche del giunto***

| | | |
|---|---|---|
| **Set** | | S |
| **Descrizione** | | planare liscio |
| $\varphi_b$ | [°] | 27 |
| **JRC** | [-] | 6 |
| **JCS** | [MPa] | 29 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | | |
| 0,05 | 0,05 | 41 | 0,004 |
| 0,10 | 0,09 | 39 | 0,008 |
| 0,15 | 0,13 | 38 | 0,012 |
| 0,20 | 0,17 | 37 | 0,015 |
| 0,25 | 0,21 | 37 | 0,019 |
| 0,30 | 0,24 | 36 | 0,023 |
| 0,35 | 0,28 | 36 | 0,026 |
| 0,40 | 0,31 | 35 | 0,029 |
| 0,45 | 0,35 | 35 | 0,033 |
| 0,50 | 0,38 | 35 | 0,036 |
| 0,55 | 0,42 | 35 | 0,040 |
| 0,60 | 0,45 | 34 | 0,043 |
| 0,65 | 0,49 | 34 | 0,046 |
| 0,70 | 0,52 | 34 | 0,050 |
| 0,75 | 0,56 | 34 | 0,053 |
| 0,80 | 0,59 | 34 | 0,056 |
| 0,85 | 0,62 | 34 | 0,059 |
| 0,90 | 0,66 | 33 | 0,063 |
| 0,95 | 0,69 | 33 | 0,066 |
| 1,00 | 0,72 | 33 | 0,069 |
| 1,05 | 0,75 | 33 | 0,072 |
| 1,10 | 0,79 | 33 | 0,076 |
| 1,15 | 0,82 | 33 | 0,079 |
| 1,20 | 0,85 | 33 | 0,082 |
| 1,25 | 0,88 | 33 | 0,085 |
| 1,30 | 0,91 | 32 | 0,088 |
| 1,35 | 0,95 | 32 | 0,091 |
| 1,40 | 0,98 | 32 | 0,095 |
| 1,45 | 1,01 | 32 | 0,098 |
| 1,50 | 1,04 | 32 | 0,101 |
| 1,55 | 1,07 | 32 | 0,104 |
| 1,60 | 1,10 | 32 | 0,107 |
| 1,65 | 1,13 | 32 | 0,110 |
| 1,70 | 1,16 | 32 | 0,114 |
| 1,75 | 1,19 | 32 | 0,117 |
| 1,80 | 1,23 | 32 | 0,120 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 1,85 | 1,26 | 31 | 0,123 |
| 1,90 | 1,29 | 31 | 0,126 |
| 1,95 | 1,32 | 31 | 0,129 |
| 2,00 | 1,35 | 31 | 0,132 |
| 2,10 | 1,41 | 31 | 0,138 |
| 2,20 | 1,47 | 31 | 0,145 |
| 2,30 | 1,53 | 31 | 0,151 |
| 2,40 | 1,59 | 31 | 0,157 |
| 2,50 | 1,65 | 31 | 0,163 |
| 2,60 | 1,71 | 31 | 0,169 |
| 2,70 | 1,77 | 31 | 0,175 |
| 2,80 | 1,82 | 30 | 0,181 |
| 2,90 | 1,88 | 30 | 0,188 |
| 3,00 | 1,94 | 30 | 0,194 |
| 3,20 | 2,06 | 30 | 0,206 |
| 3,40 | 2,17 | 30 | 0,218 |
| 3,60 | 2,29 | 30 | 0,230 |
| 3,80 | 2,40 | 30 | 0,242 |
| 4,00 | 2,52 | 29 | 0,254 |
| 4,20 | 2,63 | 29 | 0,266 |
| 4,40 | 2,74 | 29 | 0,278 |
| 4,60 | 2,85 | 29 | 0,290 |
| 4,80 | 2,96 | 29 | 0,301 |
| 5,00 | 3,07 | 29 | 0,313 |
| 5,50 | 3,35 | 29 | 0,343 |
| 6,00 | 3,62 | 28 | 0,372 |
| 6,50 | 3,89 | 28 | 0,401 |
| 7,00 | 4,16 | 28 | 0,431 |
| 7,50 | 4,42 | 28 | 0,460 |
| 8,00 | 4,69 | 28 | 0,489 |
| 8,50 | 4,95 | 28 | 0,517 |
| 9,00 | 5,21 | 27 | 0,546 |
| 9,50 | 5,46 | 27 | 0,575 |
| 10,00 | 5,72 | 27 | 0,604 |
| 10,50 | 5,98 | 27 | 0,632 |
| 11,00 | 6,23 | 27 | 0,661 |
| 11,50 | 6,48 | 27 | 0,689 |

**Caratteristiche del giunto**

| | | |
|---|---|---|
| **Set** | | K1 |
| **Descrizione** | | planare liscio |
| $\varphi_b$ | [°] | 30 |
| **JRC** | [-] | 4 |
| **JCS** | [MPa] | 23 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | | |
| 0,05 | 0,04 | 39 | 0,003 |
| 0,10 | 0,08 | 38 | 0,005 |
| 0,15 | 0,12 | 37 | 0,007 |
| 0,20 | 0,16 | 36 | 0,010 |
| 0,25 | 0,19 | 36 | 0,012 |
| 0,30 | 0,23 | 36 | 0,014 |
| 0,35 | 0,27 | 35 | 0,017 |
| 0,40 | 0,30 | 35 | 0,019 |
| 0,45 | 0,34 | 35 | 0,021 |
| 0,50 | 0,37 | 35 | 0,024 |
| 0,55 | 0,41 | 35 | 0,026 |
| 0,60 | 0,44 | 35 | 0,028 |
| 0,65 | 0,48 | 34 | 0,030 |
| 0,70 | 0,51 | 34 | 0,032 |
| 0,75 | 0,54 | 34 | 0,035 |
| 0,80 | 0,58 | 34 | 0,037 |
| 0,85 | 0,61 | 34 | 0,039 |
| 0,90 | 0,65 | 34 | 0,041 |
| 0,95 | 0,68 | 34 | 0,043 |
| 1,00 | 0,71 | 34 | 0,046 |
| 1,05 | 0,75 | 34 | 0,048 |
| 1,10 | 0,78 | 34 | 0,050 |
| 1,15 | 0,81 | 33 | 0,052 |
| 1,20 | 0,84 | 33 | 0,054 |
| 1,25 | 0,88 | 33 | 0,057 |
| 1,30 | 0,91 | 33 | 0,059 |
| 1,35 | 0,94 | 33 | 0,061 |
| 1,40 | 0,98 | 33 | 0,063 |
| 1,45 | 1,01 | 33 | 0,065 |
| 1,50 | 1,04 | 33 | 0,067 |
| 1,55 | 1,07 | 33 | 0,070 |
| 1,60 | 1,11 | 33 | 0,072 |
| 1,65 | 1,14 | 33 | 0,074 |
| 1,70 | 1,17 | 33 | 0,076 |
| 1,75 | 1,20 | 33 | 0,078 |
| 1,80 | 1,23 | 33 | 0,080 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 1,85 | 1,27 | 33 | 0,082 |
| 1,90 | 1,30 | 33 | 0,084 |
| 1,95 | 1,33 | 33 | 0,087 |
| 2,00 | 1,36 | 32 | 0,089 |
| 2,10 | 1,42 | 32 | 0,093 |
| 2,20 | 1,49 | 32 | 0,097 |
| 2,30 | 1,55 | 32 | 0,101 |
| 2,40 | 1,61 | 32 | 0,106 |
| 2,50 | 1,68 | 32 | 0,110 |
| 2,60 | 1,74 | 32 | 0,114 |
| 2,70 | 1,80 | 32 | 0,118 |
| 2,80 | 1,86 | 32 | 0,123 |
| 2,90 | 1,93 | 32 | 0,127 |
| 3,00 | 1,99 | 32 | 0,131 |
| 3,20 | 2,11 | 32 | 0,139 |
| 3,40 | 2,24 | 32 | 0,148 |
| 3,60 | 2,36 | 31 | 0,156 |
| 3,80 | 2,48 | 31 | 0,164 |
| 4,00 | 2,60 | 31 | 0,173 |
| 4,20 | 2,72 | 31 | 0,181 |
| 4,40 | 2,84 | 31 | 0,189 |
| 4,60 | 2,96 | 31 | 0,197 |
| 4,80 | 3,08 | 31 | 0,206 |
| 5,00 | 3,20 | 31 | 0,214 |
| 5,50 | 3,50 | 31 | 0,234 |
| 6,00 | 3,80 | 31 | 0,255 |
| 6,50 | 4,09 | 30 | 0,275 |
| 7,00 | 4,39 | 30 | 0,296 |
| 7,50 | 4,68 | 30 | 0,316 |
| 8,00 | 4,97 | 30 | 0,336 |
| 8,50 | 5,26 | 30 | 0,356 |
| 9,00 | 5,54 | 30 | 0,376 |
| 9,50 | 5,83 | 30 | 0,397 |
| 10,00 | 6,12 | 30 | 0,417 |
| 10,50 | 6,40 | 30 | 0,437 |
| 11,00 | 6,68 | 30 | 0,457 |
| 11,50 | 6,97 | 29 | 0,477 |

**Caratteristiche del giunto**

| | | |
|---|---|---|
| **Set** | | K2 |
| **Descrizione** | | planare liscio |
| $\varphi_b$ | [°] | 30 |
| **JRC** | [-] | 6 |
| **JCS** | [MPa] | 15 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | | |
| 0,05 | 0,05 | 42 | 0,005 |
| 0,10 | 0,09 | 40 | 0,009 |
| 0,15 | 0,14 | 39 | 0,012 |
| 0,20 | 0,18 | 39 | 0,016 |
| 0,25 | 0,21 | 38 | 0,020 |
| 0,30 | 0,25 | 37 | 0,023 |
| 0,35 | 0,29 | 37 | 0,027 |
| 0,40 | 0,33 | 37 | 0,031 |
| 0,45 | 0,37 | 36 | 0,034 |
| 0,50 | 0,40 | 36 | 0,038 |
| 0,55 | 0,44 | 36 | 0,041 |
| 0,60 | 0,48 | 36 | 0,044 |
| 0,65 | 0,51 | 35 | 0,048 |
| 0,70 | 0,55 | 35 | 0,051 |
| 0,75 | 0,58 | 35 | 0,055 |
| 0,80 | 0,62 | 35 | 0,058 |
| 0,85 | 0,65 | 35 | 0,061 |
| 0,90 | 0,69 | 35 | 0,065 |
| 0,95 | 0,72 | 34 | 0,068 |
| 1,00 | 0,76 | 34 | 0,071 |
| 1,05 | 0,79 | 34 | 0,075 |
| 1,10 | 0,82 | 34 | 0,078 |
| 1,15 | 0,86 | 34 | 0,081 |
| 1,20 | 0,89 | 34 | 0,085 |
| 1,25 | 0,92 | 34 | 0,088 |
| 1,30 | 0,96 | 34 | 0,091 |
| 1,35 | 0,99 | 34 | 0,094 |
| 1,40 | 1,02 | 33 | 0,098 |
| 1,45 | 1,06 | 33 | 0,101 |
| 1,50 | 1,09 | 33 | 0,104 |
| 1,55 | 1,12 | 33 | 0,107 |
| 1,60 | 1,16 | 33 | 0,111 |
| 1,65 | 1,19 | 33 | 0,114 |
| 1,70 | 1,22 | 33 | 0,117 |
| 1,75 | 1,25 | 33 | 0,120 |
| 1,80 | 1,29 | 33 | 0,124 |

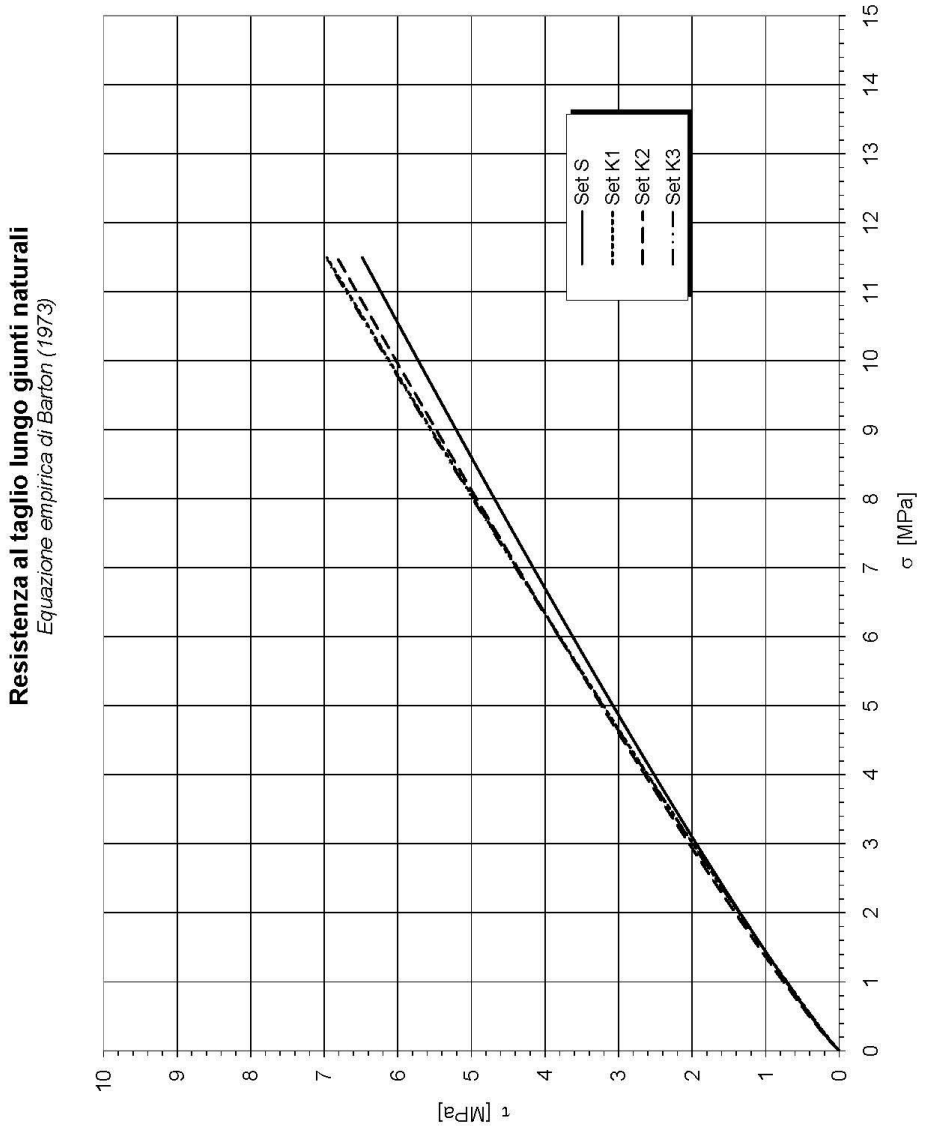
| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 1,85 | 1,32 | 33 | 0,127 |
| 1,90 | 1,35 | 33 | 0,130 |
| 1,95 | 1,38 | 33 | 0,133 |
| 2,00 | 1,41 | 33 | 0,136 |
| 2,10 | 1,48 | 32 | 0,143 |
| 2,20 | 1,54 | 32 | 0,149 |
| 2,30 | 1,60 | 32 | 0,155 |
| 2,40 | 1,67 | 32 | 0,162 |
| 2,50 | 1,73 | 32 | 0,168 |
| 2,60 | 1,79 | 32 | 0,174 |
| 2,70 | 1,85 | 32 | 0,181 |
| 2,80 | 1,92 | 32 | 0,187 |
| 2,90 | 1,98 | 32 | 0,193 |
| 3,00 | 2,04 | 32 | 0,199 |
| 3,20 | 2,16 | 31 | 0,212 |
| 3,40 | 2,28 | 31 | 0,224 |
| 3,60 | 2,40 | 31 | 0,237 |
| 3,80 | 2,52 | 31 | 0,249 |
| 4,00 | 2,64 | 31 | 0,261 |
| 4,20 | 2,76 | 31 | 0,274 |
| 4,40 | 2,88 | 31 | 0,286 |
| 4,60 | 3,00 | 30 | 0,298 |
| 4,80 | 3,11 | 30 | 0,310 |
| 5,00 | 3,23 | 30 | 0,322 |
| 5,50 | 3,52 | 30 | 0,353 |
| 6,00 | 3,81 | 30 | 0,383 |
| 6,50 | 4,09 | 29 | 0,413 |
| 7,00 | 4,37 | 29 | 0,443 |
| 7,50 | 4,65 | 29 | 0,472 |
| 8,00 | 4,93 | 29 | 0,502 |
| 8,50 | 5,20 | 29 | 0,532 |
| 9,00 | 5,48 | 29 | 0,561 |
| 9,50 | 5,75 | 29 | 0,590 |
| 10,00 | 6,02 | 28 | 0,620 |
| 10,50 | 6,29 | 28 | 0,649 |
| 11,00 | 6,56 | 28 | 0,678 |
| 11,50 | 6,83 | 28 | 0,707 |

**Caratteristiche del giunto**

| | | |
|---|---|---|
| **Set** | | K3 |
| **Descrizione** | | planare liscio |
| $\varphi_b$ | [°] | 30 |
| **JRC** | [-] | 4 |
| **JCS** | [MPa] | 24 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | | |
| 0,05 | 0,04 | 39 | 0,003 |
| 0,10 | 0,08 | 38 | 0,005 |
| 0,15 | 0,12 | 37 | 0,007 |
| 0,20 | 0,16 | 37 | 0,010 |
| 0,25 | 0,19 | 36 | 0,012 |
| 0,30 | 0,23 | 36 | 0,014 |
| 0,35 | 0,27 | 36 | 0,017 |
| 0,40 | 0,30 | 35 | 0,019 |
| 0,45 | 0,34 | 35 | 0,021 |
| 0,50 | 0,37 | 35 | 0,024 |
| 0,55 | 0,41 | 35 | 0,026 |
| 0,60 | 0,44 | 35 | 0,028 |
| 0,65 | 0,48 | 34 | 0,030 |
| 0,70 | 0,51 | 34 | 0,033 |
| 0,75 | 0,55 | 34 | 0,035 |
| 0,80 | 0,58 | 34 | 0,037 |
| 0,85 | 0,61 | 34 | 0,039 |
| 0,90 | 0,65 | 34 | 0,041 |
| 0,95 | 0,68 | 34 | 0,044 |
| 1,00 | 0,71 | 34 | 0,046 |
| 1,05 | 0,75 | 34 | 0,048 |
| 1,10 | 0,78 | 34 | 0,050 |
| 1,15 | 0,81 | 34 | 0,052 |
| 1,20 | 0,85 | 33 | 0,054 |
| 1,25 | 0,88 | 33 | 0,057 |
| 1,30 | 0,91 | 33 | 0,059 |
| 1,35 | 0,95 | 33 | 0,061 |
| 1,40 | 0,98 | 33 | 0,063 |
| 1,45 | 1,01 | 33 | 0,065 |
| 1,50 | 1,04 | 33 | 0,067 |
| 1,55 | 1,08 | 33 | 0,070 |
| 1,60 | 1,11 | 33 | 0,072 |
| 1,65 | 1,14 | 33 | 0,074 |
| 1,70 | 1,17 | 33 | 0,076 |
| 1,75 | 1,20 | 33 | 0,078 |
| 1,80 | 1,24 | 33 | 0,080 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 1,85 | 1,27 | 33 | 0,082 |
| 1,90 | 1,30 | 33 | 0,085 |
| 1,95 | 1,33 | 33 | 0,087 |
| 2,00 | 1,37 | 33 | 0,089 |
| 2,10 | 1,43 | 32 | 0,093 |
| 2,20 | 1,49 | 32 | 0,097 |
| 2,30 | 1,56 | 32 | 0,102 |
| 2,40 | 1,62 | 32 | 0,106 |
| 2,50 | 1,68 | 32 | 0,110 |
| 2,60 | 1,74 | 32 | 0,114 |
| 2,70 | 1,81 | 32 | 0,119 |
| 2,80 | 1,87 | 32 | 0,123 |
| 2,90 | 1,93 | 32 | 0,127 |
| 3,00 | 1,99 | 32 | 0,131 |
| 3,20 | 2,12 | 32 | 0,140 |
| 3,40 | 2,24 | 32 | 0,148 |
| 3,60 | 2,36 | 32 | 0,156 |
| 3,80 | 2,49 | 31 | 0,165 |
| 4,00 | 2,61 | 31 | 0,173 |
| 4,20 | 2,73 | 31 | 0,181 |
| 4,40 | 2,85 | 31 | 0,189 |
| 4,60 | 2,97 | 31 | 0,198 |
| 4,80 | 3,09 | 31 | 0,206 |
| 5,00 | 3,21 | 31 | 0,214 |
| 5,50 | 3,51 | 31 | 0,235 |
| 6,00 | 3,81 | 31 | 0,255 |
| 6,50 | 4,10 | 30 | 0,276 |
| 7,00 | 4,40 | 30 | 0,296 |
| 7,50 | 4,69 | 30 | 0,316 |
| 8,00 | 4,98 | 30 | 0,337 |
| 8,50 | 5,27 | 30 | 0,357 |
| 9,00 | 5,56 | 30 | 0,377 |
| 9,50 | 5,85 | 30 | 0,397 |
| 10,00 | 6,13 | 30 | 0,417 |
| 10,50 | 6,42 | 30 | 0,437 |
| 11,00 | 6,70 | 30 | 0,457 |
| 11,50 | 6,99 | 30 | 0,477 |


Resistenza al taglio lungo giunti naturali
Equazione empirica di Barton (1973)
Set S
Set K1
Set K2
Set K3
σ [MPa]
τ [MPa]
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

***DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA AL TAGLIO LUNGO GIUNTI NATURALI***
***Equazione empirica di Barton (1973)***

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia variante di Imperia |
| **Località** | Bardellini |
| **Data** | 26/07/10 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | RG4 |

**Caratteristiche del giunto**

| | | |
|---|---|---|
| **Set** | | S |
| **Descrizione** | | planare liscio |
| $\varphi_b$ | [°] | 27 |
| **JRC** | [-] | 4 |
| **JCS** | [MPa] | 55 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | | |
| 0,05 | 0,04 | 37 | 0,003 |
| 0,10 | 0,08 | 36 | 0,005 |
| 0,15 | 0,11 | 35 | 0,007 |
| 0,20 | 0,15 | 35 | 0,009 |
| 0,25 | 0,18 | 35 | 0,012 |
| 0,30 | 0,22 | 34 | 0,014 |
| 0,35 | 0,25 | 34 | 0,016 |
| 0,40 | 0,29 | 34 | 0,018 |
| 0,45 | 0,32 | 34 | 0,021 |
| 0,50 | 0,35 | 33 | 0,023 |
| 0,55 | 0,39 | 33 | 0,025 |
| 0,60 | 0,42 | 33 | 0,027 |
| 0,65 | 0,45 | 33 | 0,029 |
| 0,70 | 0,48 | 33 | 0,031 |
| 0,75 | 0,51 | 33 | 0,033 |
| 0,80 | 0,55 | 33 | 0,036 |
| 0,85 | 0,58 | 32 | 0,038 |
| 0,90 | 0,61 | 32 | 0,040 |
| 0,95 | 0,64 | 32 | 0,042 |
| 1,00 | 0,67 | 32 | 0,044 |
| 1,05 | 0,70 | 32 | 0,046 |
| 1,10 | 0,74 | 32 | 0,048 |
| 1,15 | 0,77 | 32 | 0,050 |
| 1,20 | 0,80 | 32 | 0,052 |
| 1,25 | 0,83 | 32 | 0,055 |
| 1,30 | 0,86 | 32 | 0,057 |
| 1,35 | 0,89 | 32 | 0,059 |
| 1,40 | 0,92 | 32 | 0,061 |
| 1,45 | 0,95 | 32 | 0,063 |
| 1,50 | 0,98 | 31 | 0,065 |
| 1,55 | 1,01 | 31 | 0,067 |
| 1,60 | 1,04 | 31 | 0,069 |
| 1,65 | 1,08 | 31 | 0,071 |
| 1,70 | 1,11 | 31 | 0,073 |
| 1,75 | 1,14 | 31 | 0,075 |
| 1,80 | 1,17 | 31 | 0,077 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 1,85 | 1,20 | 31 | 0,080 |
| 1,90 | 1,23 | 31 | 0,082 |
| 1,95 | 1,26 | 31 | 0,084 |
| 2,00 | 1,29 | 31 | 0,086 |
| 2,10 | 1,35 | 31 | 0,090 |
| 2,20 | 1,41 | 31 | 0,094 |
| 2,30 | 1,47 | 31 | 0,098 |
| 2,40 | 1,53 | 31 | 0,102 |
| 2,50 | 1,58 | 31 | 0,106 |
| 2,60 | 1,64 | 31 | 0,110 |
| 2,70 | 1,70 | 30 | 0,114 |
| 2,80 | 1,76 | 30 | 0,118 |
| 2,90 | 1,82 | 30 | 0,123 |
| 3,00 | 1,88 | 30 | 0,127 |
| 3,20 | 1,99 | 30 | 0,135 |
| 3,40 | 2,11 | 30 | 0,143 |
| 3,60 | 2,23 | 30 | 0,151 |
| 3,80 | 2,34 | 30 | 0,159 |
| 4,00 | 2,46 | 30 | 0,167 |
| 4,20 | 2,57 | 30 | 0,175 |
| 4,40 | 2,68 | 30 | 0,183 |
| 4,60 | 2,80 | 30 | 0,191 |
| 4,80 | 2,91 | 29 | 0,199 |
| 5,00 | 3,02 | 29 | 0,207 |
| 5,50 | 3,30 | 29 | 0,227 |
| 6,00 | 3,58 | 29 | 0,247 |
| 6,50 | 3,86 | 29 | 0,267 |
| 7,00 | 4,14 | 29 | 0,286 |
| 7,50 | 4,41 | 29 | 0,306 |
| 8,00 | 4,68 | 29 | 0,326 |
| 8,50 | 4,96 | 28 | 0,345 |
| 9,00 | 5,23 | 28 | 0,365 |
| 9,50 | 5,50 | 28 | 0,384 |
| 10,00 | 5,76 | 28 | 0,404 |
| 10,50 | 6,03 | 28 | 0,423 |
| 11,00 | 6,30 | 28 | 0,443 |
| 11,50 | 6,56 | 28 | 0,462 |

**Caratteristiche del giunto**

| | | |
|---|---|---|
| **Set** | | K1 |
| **Descrizione** | | planare liscio |
| $\varphi_b$ | [°] | 30 |
| **JRC** | [-] | 4 |
| **JCS** | [MPa] | 46 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | | |
| 0,05 | 0,04 | 40 | 0,003 |
| 0,10 | 0,09 | 39 | 0,005 |
| 0,15 | 0,13 | 38 | 0,008 |
| 0,20 | 0,16 | 38 | 0,010 |
| 0,25 | 0,20 | 37 | 0,013 |
| 0,30 | 0,24 | 37 | 0,015 |
| 0,35 | 0,28 | 37 | 0,017 |
| 0,40 | 0,32 | 36 | 0,020 |
| 0,45 | 0,35 | 36 | 0,022 |
| 0,50 | 0,39 | 36 | 0,024 |
| 0,55 | 0,42 | 36 | 0,027 |
| 0,60 | 0,46 | 36 | 0,029 |
| 0,65 | 0,50 | 36 | 0,031 |
| 0,70 | 0,53 | 35 | 0,034 |
| 0,75 | 0,57 | 35 | 0,036 |
| 0,80 | 0,60 | 35 | 0,038 |
| 0,85 | 0,64 | 35 | 0,040 |
| 0,90 | 0,67 | 35 | 0,043 |
| 0,95 | 0,71 | 35 | 0,045 |
| 1,00 | 0,74 | 35 | 0,047 |
| 1,05 | 0,78 | 35 | 0,049 |
| 1,10 | 0,81 | 35 | 0,052 |
| 1,15 | 0,85 | 35 | 0,054 |
| 1,20 | 0,88 | 35 | 0,056 |
| 1,25 | 0,92 | 34 | 0,058 |
| 1,30 | 0,95 | 34 | 0,061 |
| 1,35 | 0,99 | 34 | 0,063 |
| 1,40 | 1,02 | 34 | 0,065 |
| 1,45 | 1,05 | 34 | 0,067 |
| 1,50 | 1,09 | 34 | 0,069 |
| 1,55 | 1,12 | 34 | 0,072 |
| 1,60 | 1,16 | 34 | 0,074 |
| 1,65 | 1,19 | 34 | 0,076 |
| 1,70 | 1,22 | 34 | 0,078 |
| 1,75 | 1,26 | 34 | 0,080 |
| 1,80 | 1,29 | 34 | 0,083 |

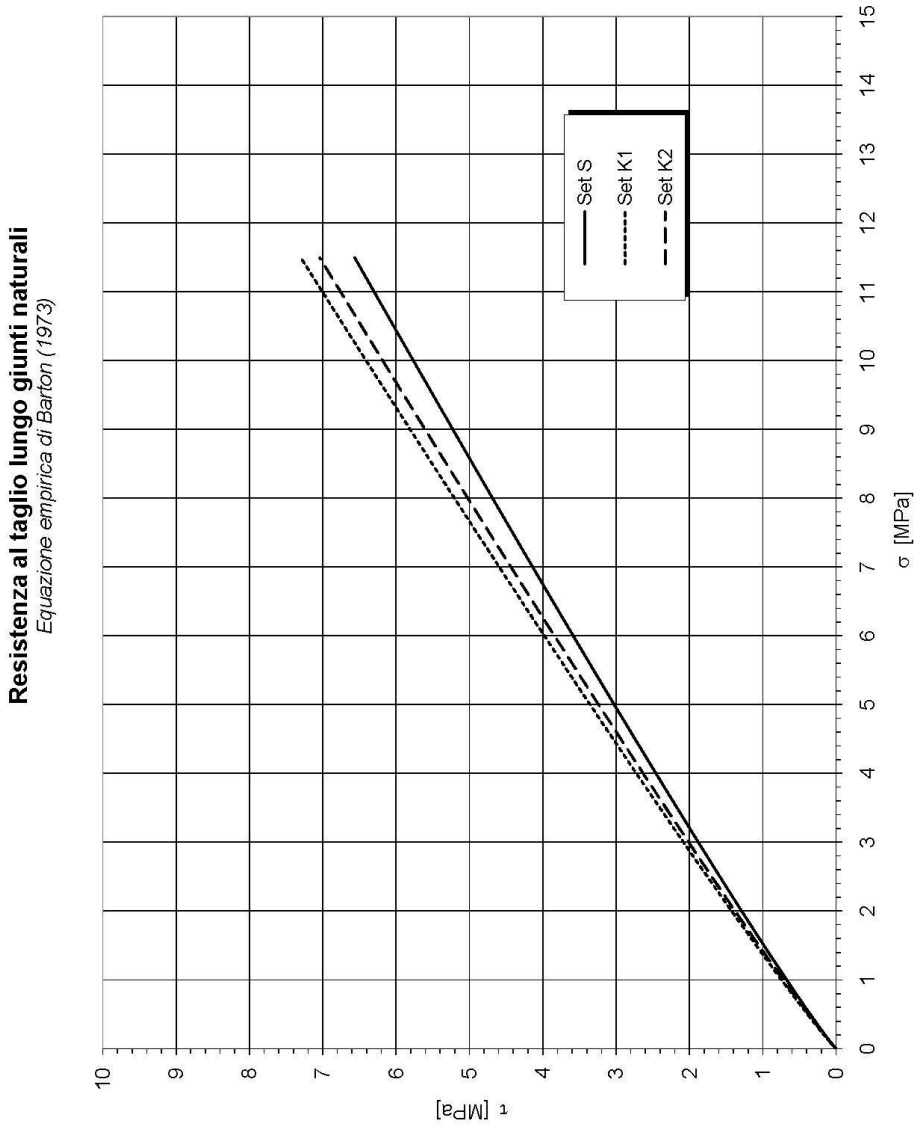
| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 1,85 | 1,32 | 34 | 0,085 |
| 1,90 | 1,36 | 34 | 0,087 |
| 1,95 | 1,39 | 34 | 0,089 |
| 2,00 | 1,42 | 34 | 0,091 |
| 2,10 | 1,49 | 34 | 0,096 |
| 2,20 | 1,56 | 34 | 0,100 |
| 2,30 | 1,62 | 33 | 0,104 |
| 2,40 | 1,69 | 33 | 0,109 |
| 2,50 | 1,75 | 33 | 0,113 |
| 2,60 | 1,82 | 33 | 0,117 |
| 2,70 | 1,89 | 33 | 0,122 |
| 2,80 | 1,95 | 33 | 0,126 |
| 2,90 | 2,02 | 33 | 0,130 |
| 3,00 | 2,08 | 33 | 0,135 |
| 3,20 | 2,21 | 33 | 0,143 |
| 3,40 | 2,34 | 33 | 0,152 |
| 3,60 | 2,47 | 33 | 0,160 |
| 3,80 | 2,60 | 33 | 0,169 |
| 4,00 | 2,72 | 32 | 0,177 |
| 4,20 | 2,85 | 32 | 0,186 |
| 4,40 | 2,98 | 32 | 0,194 |
| 4,60 | 3,10 | 32 | 0,203 |
| 4,80 | 3,23 | 32 | 0,211 |
| 5,00 | 3,35 | 32 | 0,220 |
| 5,50 | 3,67 | 32 | 0,241 |
| 6,00 | 3,98 | 32 | 0,262 |
| 6,50 | 4,29 | 32 | 0,283 |
| 7,00 | 4,59 | 31 | 0,304 |
| 7,50 | 4,90 | 31 | 0,324 |
| 8,00 | 5,20 | 31 | 0,345 |
| 8,50 | 5,51 | 31 | 0,366 |
| 9,00 | 5,81 | 31 | 0,387 |
| 9,50 | 6,11 | 31 | 0,407 |
| 10,00 | 6,41 | 31 | 0,428 |
| 10,50 | 6,71 | 31 | 0,448 |
| 11,00 | 7,00 | 31 | 0,469 |
| 11,50 | 7,30 | 31 | 0,489 |

**Caratteristiche del giunto**

| | | |
|---|---|---|
| **Set** | | K2 |
| **Descrizione** | | planare liscio |
| $\varphi_b$ | [°] | 30 |
| **JRC** | [-] | 4 |
| **JCS** | [MPa] | 27 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | | |
| 0,05 | 0,04 | 39 | 0,003 |
| 0,10 | 0,08 | 38 | 0,005 |
| 0,15 | 0,12 | 37 | 0,008 |
| 0,20 | 0,16 | 37 | 0,010 |
| 0,25 | 0,20 | 36 | 0,012 |
| 0,30 | 0,23 | 36 | 0,015 |
| 0,35 | 0,27 | 36 | 0,017 |
| 0,40 | 0,30 | 36 | 0,019 |
| 0,45 | 0,34 | 35 | 0,021 |
| 0,50 | 0,38 | 35 | 0,024 |
| 0,55 | 0,41 | 35 | 0,026 |
| 0,60 | 0,45 | 35 | 0,028 |
| 0,65 | 0,48 | 35 | 0,030 |
| 0,70 | 0,52 | 35 | 0,033 |
| 0,75 | 0,55 | 34 | 0,035 |
| 0,80 | 0,58 | 34 | 0,037 |
| 0,85 | 0,62 | 34 | 0,039 |
| 0,90 | 0,65 | 34 | 0,042 |
| 0,95 | 0,69 | 34 | 0,044 |
| 1,00 | 0,72 | 34 | 0,046 |
| 1,05 | 0,75 | 34 | 0,048 |
| 1,10 | 0,79 | 34 | 0,050 |
| 1,15 | 0,82 | 34 | 0,053 |
| 1,20 | 0,85 | 34 | 0,055 |
| 1,25 | 0,89 | 34 | 0,057 |
| 1,30 | 0,92 | 33 | 0,059 |
| 1,35 | 0,95 | 33 | 0,061 |
| 1,40 | 0,99 | 33 | 0,063 |
| 1,45 | 1,02 | 33 | 0,066 |
| 1,50 | 1,05 | 33 | 0,068 |
| 1,55 | 1,08 | 33 | 0,070 |
| 1,60 | 1,12 | 33 | 0,072 |
| 1,65 | 1,15 | 33 | 0,074 |
| 1,70 | 1,18 | 33 | 0,076 |
| 1,75 | 1,21 | 33 | 0,079 |
| 1,80 | 1,25 | 33 | 0,081 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 1,85 | 1,28 | 33 | 0,083 |
| 1,90 | 1,31 | 33 | 0,085 |
| 1,95 | 1,34 | 33 | 0,087 |
| 2,00 | 1,38 | 33 | 0,089 |
| 2,10 | 1,44 | 33 | 0,094 |
| 2,20 | 1,50 | 33 | 0,098 |
| 2,30 | 1,57 | 33 | 0,102 |
| 2,40 | 1,63 | 32 | 0,106 |
| 2,50 | 1,69 | 32 | 0,111 |
| 2,60 | 1,76 | 32 | 0,115 |
| 2,70 | 1,82 | 32 | 0,119 |
| 2,80 | 1,88 | 32 | 0,123 |
| 2,90 | 1,95 | 32 | 0,128 |
| 3,00 | 2,01 | 32 | 0,132 |
| 3,20 | 2,13 | 32 | 0,140 |
| 3,40 | 2,26 | 32 | 0,149 |
| 3,60 | 2,38 | 32 | 0,157 |
| 3,80 | 2,51 | 32 | 0,165 |
| 4,00 | 2,63 | 32 | 0,174 |
| 4,20 | 2,75 | 31 | 0,182 |
| 4,40 | 2,87 | 31 | 0,190 |
| 4,60 | 3,00 | 31 | 0,199 |
| 4,80 | 3,12 | 31 | 0,207 |
| 5,00 | 3,24 | 31 | 0,215 |
| 5,50 | 3,54 | 31 | 0,236 |
| 6,00 | 3,84 | 31 | 0,256 |
| 6,50 | 4,14 | 31 | 0,277 |
| 7,00 | 4,43 | 31 | 0,297 |
| 7,50 | 4,73 | 30 | 0,318 |
| 8,00 | 5,02 | 30 | 0,338 |
| 8,50 | 5,31 | 30 | 0,358 |
| 9,00 | 5,60 | 30 | 0,379 |
| 9,50 | 5,89 | 30 | 0,399 |
| 10,00 | 6,18 | 30 | 0,419 |
| 10,50 | 6,47 | 30 | 0,439 |
| 11,00 | 6,76 | 30 | 0,459 |
| 11,50 | 7,04 | 30 | 0,479 |


Resistenza al taglio lungo giunti naturali
Equazione empirica di Barton (1973)
Set S
Set K1
Set K2
σ [MPa]
τ [MPa]
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

***DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA AL TAGLIO LUNGO GIUNTI NATURALI***
***Equazione empirica di Barton (1973)***

| | |
|---|---|
| ***Committente*** | *Anas S.p.A.* |
| ***Commessa*** | *SS 1 Aurelia variante di Imperia* |
| ***Località*** | *SS 28* |
| ***Data*** | *26/07/10* |
| ***Area di rilievo geomeccanico*** | *RG5* |

***Caratteristiche del giunto***

| | | |
|---|---|---|
| ***Set*** | | *S* |
| ***Descrizione*** | | *planare liscio* |
| $\varphi_b$ | *[°]* | *27* |
| ***JRC*** | *[-]* | *3* |
| ***JCS*** | *[MPa]* | *35* |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | | |
| 0,05 | 0,04 | 34 | 0,002 |
| 0,10 | 0,07 | 33 | 0,003 |
| 0,15 | 0,10 | 33 | 0,005 |
| 0,20 | 0,13 | 32 | 0,007 |
| 0,25 | 0,17 | 32 | 0,008 |
| 0,30 | 0,20 | 32 | 0,010 |
| 0,35 | 0,23 | 32 | 0,011 |
| 0,40 | 0,26 | 32 | 0,013 |
| 0,45 | 0,29 | 31 | 0,014 |
| 0,50 | 0,32 | 31 | 0,016 |
| 0,55 | 0,35 | 31 | 0,018 |
| 0,60 | 0,38 | 31 | 0,019 |
| 0,65 | 0,41 | 31 | 0,021 |
| 0,70 | 0,44 | 31 | 0,022 |
| 0,75 | 0,47 | 31 | 0,024 |
| 0,80 | 0,50 | 31 | 0,025 |
| 0,85 | 0,53 | 31 | 0,027 |
| 0,90 | 0,56 | 30 | 0,028 |
| 0,95 | 0,59 | 30 | 0,030 |
| 1,00 | 0,62 | 30 | 0,031 |
| 1,05 | 0,65 | 30 | 0,033 |
| 1,10 | 0,67 | 30 | 0,034 |
| 1,15 | 0,70 | 30 | 0,036 |
| 1,20 | 0,73 | 30 | 0,037 |
| 1,25 | 0,76 | 30 | 0,039 |
| 1,30 | 0,79 | 30 | 0,040 |
| 1,35 | 0,82 | 30 | 0,042 |
| 1,40 | 0,85 | 30 | 0,044 |
| 1,45 | 0,88 | 30 | 0,045 |
| 1,50 | 0,90 | 30 | 0,047 |
| 1,55 | 0,93 | 30 | 0,048 |
| 1,60 | 0,96 | 30 | 0,050 |
| 1,65 | 0,99 | 30 | 0,051 |
| 1,70 | 1,02 | 30 | 0,053 |
| 1,75 | 1,05 | 30 | 0,054 |
| 1,80 | 1,08 | 30 | 0,056 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 1,85 | 1,10 | 30 | 0,057 |
| 1,90 | 1,13 | 29 | 0,059 |
| 1,95 | 1,16 | 29 | 0,060 |
| 2,00 | 1,19 | 29 | 0,062 |
| 2,10 | 1,25 | 29 | 0,065 |
| 2,20 | 1,30 | 29 | 0,068 |
| 2,30 | 1,36 | 29 | 0,071 |
| 2,40 | 1,41 | 29 | 0,073 |
| 2,50 | 1,47 | 29 | 0,076 |
| 2,60 | 1,52 | 29 | 0,079 |
| 2,70 | 1,58 | 29 | 0,082 |
| 2,80 | 1,64 | 29 | 0,085 |
| 2,90 | 1,69 | 29 | 0,088 |
| 3,00 | 1,75 | 29 | 0,091 |
| 3,20 | 1,86 | 29 | 0,097 |
| 3,40 | 1,97 | 29 | 0,103 |
| 3,60 | 2,08 | 29 | 0,109 |
| 3,80 | 2,18 | 29 | 0,115 |
| 4,00 | 2,29 | 29 | 0,121 |
| 4,20 | 2,40 | 28 | 0,127 |
| 4,40 | 2,51 | 28 | 0,133 |
| 4,60 | 2,62 | 28 | 0,138 |
| 4,80 | 2,73 | 28 | 0,144 |
| 5,00 | 2,83 | 28 | 0,150 |
| 5,50 | 3,10 | 28 | 0,165 |
| 6,00 | 3,37 | 28 | 0,179 |
| 6,50 | 3,63 | 28 | 0,194 |
| 7,00 | 3,90 | 28 | 0,208 |
| 7,50 | 4,16 | 28 | 0,223 |
| 8,00 | 4,42 | 28 | 0,237 |
| 8,50 | 4,68 | 28 | 0,252 |
| 9,00 | 4,94 | 27 | 0,266 |
| 9,50 | 5,20 | 27 | 0,281 |
| 10,00 | 5,46 | 27 | 0,295 |
| 10,50 | 5,72 | 27 | 0,310 |
| 11,00 | 5,97 | 27 | 0,324 |
| 11,50 | 6,23 | 27 | 0,338 |

**Caratteristiche del giunto**

| | | |
|---|---|---|
| **Set** | | K1 |
| **Descrizione** | | planare liscio |
| $\varphi_b$ | [°] | 30 |
| **JRC** | [-] | 4 |
| **JCS** | [MPa] | 28 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | | |
| 0,05 | 0,04 | 39 | 0,003 |
| 0,10 | 0,08 | 38 | 0,005 |
| 0,15 | 0,12 | 37 | 0,008 |
| 0,20 | 0,16 | 37 | 0,010 |
| 0,25 | 0,20 | 36 | 0,012 |
| 0,30 | 0,23 | 36 | 0,015 |
| 0,35 | 0,27 | 36 | 0,017 |
| 0,40 | 0,31 | 36 | 0,019 |
| 0,45 | 0,34 | 35 | 0,021 |
| 0,50 | 0,38 | 35 | 0,024 |
| 0,55 | 0,41 | 35 | 0,026 |
| 0,60 | 0,45 | 35 | 0,028 |
| 0,65 | 0,48 | 35 | 0,031 |
| 0,70 | 0,52 | 35 | 0,033 |
| 0,75 | 0,55 | 35 | 0,035 |
| 0,80 | 0,59 | 34 | 0,037 |
| 0,85 | 0,62 | 34 | 0,039 |
| 0,90 | 0,65 | 34 | 0,042 |
| 0,95 | 0,69 | 34 | 0,044 |
| 1,00 | 0,72 | 34 | 0,046 |
| 1,05 | 0,75 | 34 | 0,048 |
| 1,10 | 0,79 | 34 | 0,050 |
| 1,15 | 0,82 | 34 | 0,053 |
| 1,20 | 0,86 | 34 | 0,055 |
| 1,25 | 0,89 | 34 | 0,057 |
| 1,30 | 0,92 | 34 | 0,059 |
| 1,35 | 0,95 | 33 | 0,061 |
| 1,40 | 0,99 | 33 | 0,064 |
| 1,45 | 1,02 | 33 | 0,066 |
| 1,50 | 1,05 | 33 | 0,068 |
| 1,55 | 1,09 | 33 | 0,070 |
| 1,60 | 1,12 | 33 | 0,072 |
| 1,65 | 1,15 | 33 | 0,074 |
| 1,70 | 1,18 | 33 | 0,077 |
| 1,75 | 1,22 | 33 | 0,079 |
| 1,80 | 1,25 | 33 | 0,081 |

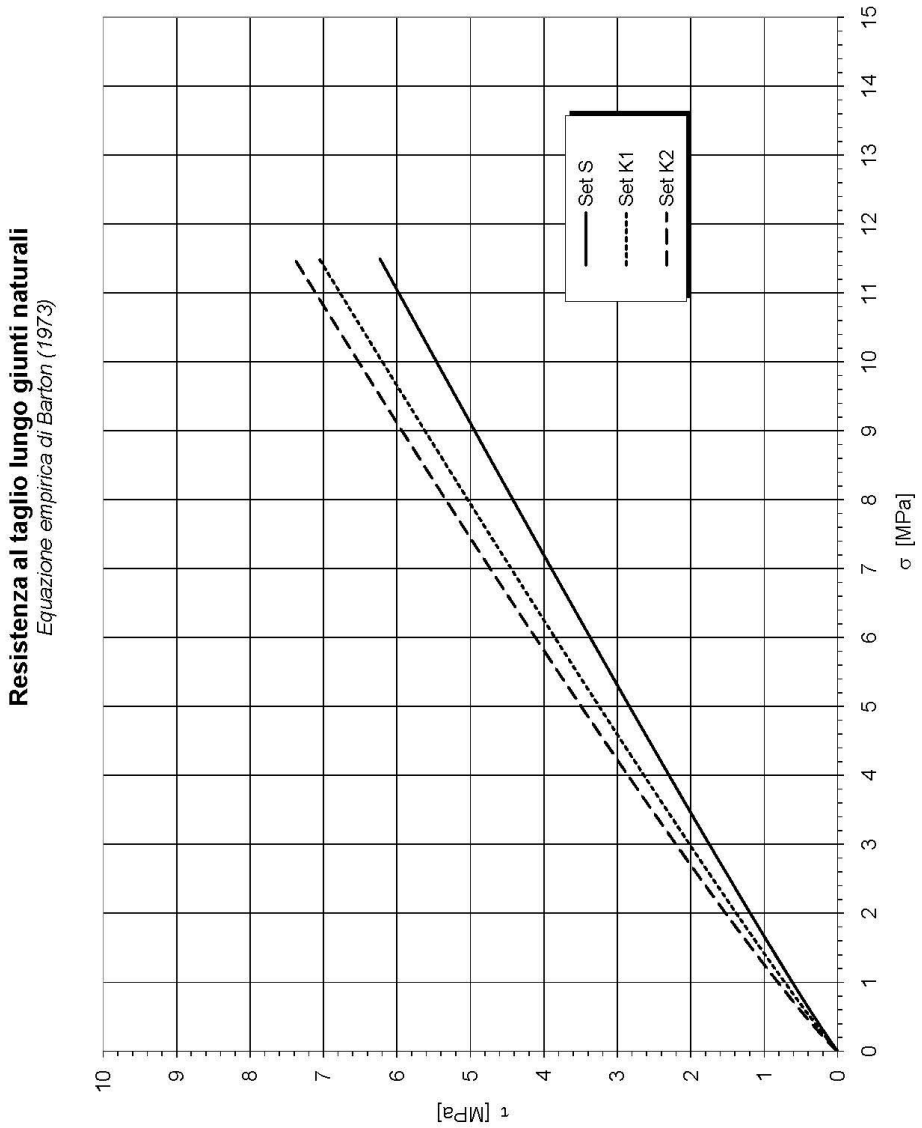
| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 1,85 | 1,28 | 33 | 0,083 |
| 1,90 | 1,31 | 33 | 0,085 |
| 1,95 | 1,35 | 33 | 0,087 |
| 2,00 | 1,38 | 33 | 0,089 |
| 2,10 | 1,44 | 33 | 0,094 |
| 2,20 | 1,51 | 33 | 0,098 |
| 2,30 | 1,57 | 33 | 0,102 |
| 2,40 | 1,64 | 32 | 0,107 |
| 2,50 | 1,70 | 32 | 0,111 |
| 2,60 | 1,76 | 32 | 0,115 |
| 2,70 | 1,83 | 32 | 0,119 |
| 2,80 | 1,89 | 32 | 0,124 |
| 2,90 | 1,95 | 32 | 0,128 |
| 3,00 | 2,01 | 32 | 0,132 |
| 3,20 | 2,14 | 32 | 0,140 |
| 3,40 | 2,26 | 32 | 0,149 |
| 3,60 | 2,39 | 32 | 0,157 |
| 3,80 | 2,51 | 32 | 0,166 |
| 4,00 | 2,64 | 32 | 0,174 |
| 4,20 | 2,76 | 32 | 0,182 |
| 4,40 | 2,88 | 31 | 0,191 |
| 4,60 | 3,00 | 31 | 0,199 |
| 4,80 | 3,12 | 31 | 0,207 |
| 5,00 | 3,25 | 31 | 0,215 |
| 5,50 | 3,55 | 31 | 0,236 |
| 6,00 | 3,85 | 31 | 0,257 |
| 6,50 | 4,15 | 31 | 0,277 |
| 7,00 | 4,44 | 31 | 0,298 |
| 7,50 | 4,74 | 31 | 0,318 |
| 8,00 | 5,03 | 30 | 0,339 |
| 8,50 | 5,33 | 30 | 0,359 |
| 9,00 | 5,62 | 30 | 0,379 |
| 9,50 | 5,91 | 30 | 0,399 |
| 10,00 | 6,20 | 30 | 0,420 |
| 10,50 | 6,49 | 30 | 0,440 |
| 11,00 | 6,77 | 30 | 0,460 |
| 11,50 | 7,06 | 30 | 0,480 |

**Caratteristiche del giunto**

| | | |
|---|---|---|
| **Set** | | K2 |
| **Descrizione** | | planare liscio |
| $\varphi_b$ | [°] | 30 |
| **JRC** | [-] | 6 |
| **JCS** | [MPa] | 33 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | | |
| 0,05 | 0,05 | 44 | 0,005 |
| 0,10 | 0,10 | 42 | 0,009 |
| 0,15 | 0,15 | 41 | 0,013 |
| 0,20 | 0,19 | 41 | 0,017 |
| 0,25 | 0,23 | 40 | 0,021 |
| 0,30 | 0,27 | 40 | 0,025 |
| 0,35 | 0,31 | 39 | 0,029 |
| 0,40 | 0,35 | 39 | 0,032 |
| 0,45 | 0,39 | 38 | 0,036 |
| 0,50 | 0,43 | 38 | 0,040 |
| 0,55 | 0,47 | 38 | 0,043 |
| 0,60 | 0,51 | 38 | 0,047 |
| 0,65 | 0,55 | 38 | 0,051 |
| 0,70 | 0,59 | 37 | 0,054 |
| 0,75 | 0,63 | 37 | 0,058 |
| 0,80 | 0,66 | 37 | 0,061 |
| 0,85 | 0,70 | 37 | 0,065 |
| 0,90 | 0,74 | 37 | 0,069 |
| 0,95 | 0,78 | 37 | 0,072 |
| 1,00 | 0,81 | 36 | 0,076 |
| 1,05 | 0,85 | 36 | 0,079 |
| 1,10 | 0,89 | 36 | 0,083 |
| 1,15 | 0,92 | 36 | 0,086 |
| 1,20 | 0,96 | 36 | 0,089 |
| 1,25 | 1,00 | 36 | 0,093 |
| 1,30 | 1,03 | 36 | 0,096 |
| 1,35 | 1,07 | 36 | 0,100 |
| 1,40 | 1,10 | 36 | 0,103 |
| 1,45 | 1,14 | 35 | 0,107 |
| 1,50 | 1,17 | 35 | 0,110 |
| 1,55 | 1,21 | 35 | 0,113 |
| 1,60 | 1,24 | 35 | 0,117 |
| 1,65 | 1,28 | 35 | 0,120 |
| 1,70 | 1,32 | 35 | 0,124 |
| 1,75 | 1,35 | 35 | 0,127 |
| 1,80 | 1,39 | 35 | 0,130 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 1,85 | 1,42 | 35 | 0,134 |
| 1,90 | 1,45 | 35 | 0,137 |
| 1,95 | 1,49 | 35 | 0,140 |
| 2,00 | 1,52 | 35 | 0,144 |
| 2,10 | 1,59 | 34 | 0,150 |
| 2,20 | 1,66 | 34 | 0,157 |
| 2,30 | 1,73 | 34 | 0,164 |
| 2,40 | 1,80 | 34 | 0,170 |
| 2,50 | 1,87 | 34 | 0,177 |
| 2,60 | 1,93 | 34 | 0,184 |
| 2,70 | 2,00 | 34 | 0,190 |
| 2,80 | 2,07 | 34 | 0,197 |
| 2,90 | 2,13 | 34 | 0,203 |
| 3,00 | 2,20 | 34 | 0,210 |
| 3,20 | 2,33 | 33 | 0,223 |
| 3,40 | 2,46 | 33 | 0,236 |
| 3,60 | 2,59 | 33 | 0,249 |
| 3,80 | 2,72 | 33 | 0,262 |
| 4,00 | 2,85 | 33 | 0,274 |
| 4,20 | 2,98 | 33 | 0,287 |
| 4,40 | 3,11 | 33 | 0,300 |
| 4,60 | 3,24 | 32 | 0,313 |
| 4,80 | 3,36 | 32 | 0,326 |
| 5,00 | 3,49 | 32 | 0,338 |
| 5,50 | 3,80 | 32 | 0,370 |
| 6,00 | 4,11 | 32 | 0,401 |
| 6,50 | 4,42 | 32 | 0,432 |
| 7,00 | 4,73 | 31 | 0,464 |
| 7,50 | 5,03 | 31 | 0,495 |
| 8,00 | 5,33 | 31 | 0,526 |
| 8,50 | 5,63 | 31 | 0,556 |
| 9,00 | 5,93 | 31 | 0,587 |
| 9,50 | 6,23 | 31 | 0,618 |
| 10,00 | 6,52 | 30 | 0,648 |
| 10,50 | 6,81 | 30 | 0,679 |
| 11,00 | 7,11 | 30 | 0,709 |
| 11,50 | 7,40 | 30 | 0,739 |


Resistenza al taglio lungo giunti naturali
Equazione empirica di Barton (1973)
Set S
Set K1
Set K2
σ [MPa]
τ [MPa]
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

***DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA AL TAGLIO LUNGO GIUNTI NATURALI***
***Equazione empirica di Barton (1973)***

| | |
|---|---|
| **Committente** | *Anas S.p.A.* |
| **Commessa** | *SS 1 Aurelia variante di Imperia* |
| **Località** | *Villa Astra - Oliveto* |
| **Data** | *26/07/10* |
| **Area di rilievo geomeccanico** | *RG6* |

***Caratteristiche del giunto***

| | | |
|---|---|---|
| **Set** | | *S* |
| **Descrizione** | | *planare liscio* |
| $\varphi_b$ | *[°]* | *27* |
| **JRC** | *[-]* | *3* |
| **JCS** | *[MPa]* | *65* |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | | |
| 0,05 | 0,04 | 35 | 0,002 |
| 0,10 | 0,07 | 34 | 0,003 |
| 0,15 | 0,10 | 34 | 0,005 |
| 0,20 | 0,14 | 33 | 0,007 |
| 0,25 | 0,17 | 33 | 0,008 |
| 0,30 | 0,20 | 33 | 0,010 |
| 0,35 | 0,23 | 32 | 0,012 |
| 0,40 | 0,27 | 32 | 0,013 |
| 0,45 | 0,30 | 32 | 0,015 |
| 0,50 | 0,33 | 32 | 0,016 |
| 0,55 | 0,36 | 32 | 0,018 |
| 0,60 | 0,39 | 32 | 0,019 |
| 0,65 | 0,42 | 32 | 0,021 |
| 0,70 | 0,45 | 32 | 0,023 |
| 0,75 | 0,48 | 31 | 0,024 |
| 0,80 | 0,51 | 31 | 0,026 |
| 0,85 | 0,54 | 31 | 0,027 |
| 0,90 | 0,58 | 31 | 0,029 |
| 0,95 | 0,61 | 31 | 0,030 |
| 1,00 | 0,64 | 31 | 0,032 |
| 1,05 | 0,67 | 31 | 0,033 |
| 1,10 | 0,70 | 31 | 0,035 |
| 1,15 | 0,73 | 31 | 0,037 |
| 1,20 | 0,76 | 31 | 0,038 |
| 1,25 | 0,79 | 31 | 0,040 |
| 1,30 | 0,82 | 31 | 0,041 |
| 1,35 | 0,85 | 31 | 0,043 |
| 1,40 | 0,87 | 31 | 0,044 |
| 1,45 | 0,90 | 31 | 0,046 |
| 1,50 | 0,93 | 31 | 0,047 |
| 1,55 | 0,96 | 31 | 0,049 |
| 1,60 | 0,99 | 31 | 0,050 |
| 1,65 | 1,02 | 30 | 0,052 |
| 1,70 | 1,05 | 30 | 0,053 |
| 1,75 | 1,08 | 30 | 0,055 |
| 1,80 | 1,11 | 30 | 0,057 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 1,85 | 1,14 | 30 | 0,058 |
| 1,90 | 1,17 | 30 | 0,060 |
| 1,95 | 1,20 | 30 | 0,061 |
| 2,00 | 1,23 | 30 | 0,063 |
| 2,10 | 1,29 | 30 | 0,066 |
| 2,20 | 1,34 | 30 | 0,069 |
| 2,30 | 1,40 | 30 | 0,072 |
| 2,40 | 1,46 | 30 | 0,075 |
| 2,50 | 1,52 | 30 | 0,078 |
| 2,60 | 1,57 | 30 | 0,081 |
| 2,70 | 1,63 | 30 | 0,084 |
| 2,80 | 1,69 | 30 | 0,087 |
| 2,90 | 1,75 | 30 | 0,090 |
| 3,00 | 1,80 | 30 | 0,093 |
| 3,20 | 1,92 | 30 | 0,099 |
| 3,40 | 2,03 | 30 | 0,105 |
| 3,60 | 2,14 | 29 | 0,111 |
| 3,80 | 2,26 | 29 | 0,117 |
| 4,00 | 2,37 | 29 | 0,123 |
| 4,20 | 2,48 | 29 | 0,129 |
| 4,40 | 2,59 | 29 | 0,135 |
| 4,60 | 2,70 | 29 | 0,141 |
| 4,80 | 2,82 | 29 | 0,147 |
| 5,00 | 2,93 | 29 | 0,153 |
| 5,50 | 3,20 | 29 | 0,167 |
| 6,00 | 3,48 | 29 | 0,182 |
| 6,50 | 3,75 | 29 | 0,197 |
| 7,00 | 4,03 | 29 | 0,212 |
| 7,50 | 4,30 | 28 | 0,227 |
| 8,00 | 4,57 | 28 | 0,241 |
| 8,50 | 4,84 | 28 | 0,256 |
| 9,00 | 5,11 | 28 | 0,271 |
| 9,50 | 5,38 | 28 | 0,285 |
| 10,00 | 5,64 | 28 | 0,300 |
| 10,50 | 5,91 | 28 | 0,314 |
| 11,00 | 6,18 | 28 | 0,329 |
| 11,50 | 6,44 | 28 | 0,344 |

**Caratteristiche del giunto**

| | | |
|---|---|---|
| **Set** | | K1 |
| **Descrizione** | | planare liscio |
| $\varphi_b$ | [°] | 30 |
| **JRC** | [-] | 6 |
| **JCS** | [MPa] | 53 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | | |
| 0,05 | 0,06 | 45 | 0,005 |
| 0,10 | 0,10 | 44 | 0,010 |
| 0,15 | 0,15 | 43 | 0,014 |
| 0,20 | 0,20 | 42 | 0,018 |
| 0,25 | 0,24 | 41 | 0,022 |
| 0,30 | 0,28 | 41 | 0,026 |
| 0,35 | 0,33 | 40 | 0,030 |
| 0,40 | 0,37 | 40 | 0,034 |
| 0,45 | 0,41 | 40 | 0,038 |
| 0,50 | 0,45 | 39 | 0,041 |
| 0,55 | 0,49 | 39 | 0,045 |
| 0,60 | 0,53 | 39 | 0,049 |
| 0,65 | 0,57 | 39 | 0,053 |
| 0,70 | 0,61 | 39 | 0,056 |
| 0,75 | 0,65 | 38 | 0,060 |
| 0,80 | 0,69 | 38 | 0,064 |
| 0,85 | 0,73 | 38 | 0,067 |
| 0,90 | 0,77 | 38 | 0,071 |
| 0,95 | 0,81 | 38 | 0,075 |
| 1,00 | 0,85 | 38 | 0,078 |
| 1,05 | 0,89 | 38 | 0,082 |
| 1,10 | 0,93 | 37 | 0,085 |
| 1,15 | 0,96 | 37 | 0,089 |
| 1,20 | 1,00 | 37 | 0,093 |
| 1,25 | 1,04 | 37 | 0,096 |
| 1,30 | 1,08 | 37 | 0,100 |
| 1,35 | 1,12 | 37 | 0,103 |
| 1,40 | 1,15 | 37 | 0,107 |
| 1,45 | 1,19 | 37 | 0,110 |
| 1,50 | 1,23 | 37 | 0,114 |
| 1,55 | 1,26 | 36 | 0,117 |
| 1,60 | 1,30 | 36 | 0,121 |
| 1,65 | 1,34 | 36 | 0,124 |
| 1,70 | 1,37 | 36 | 0,128 |
| 1,75 | 1,41 | 36 | 0,131 |
| 1,80 | 1,45 | 36 | 0,135 |

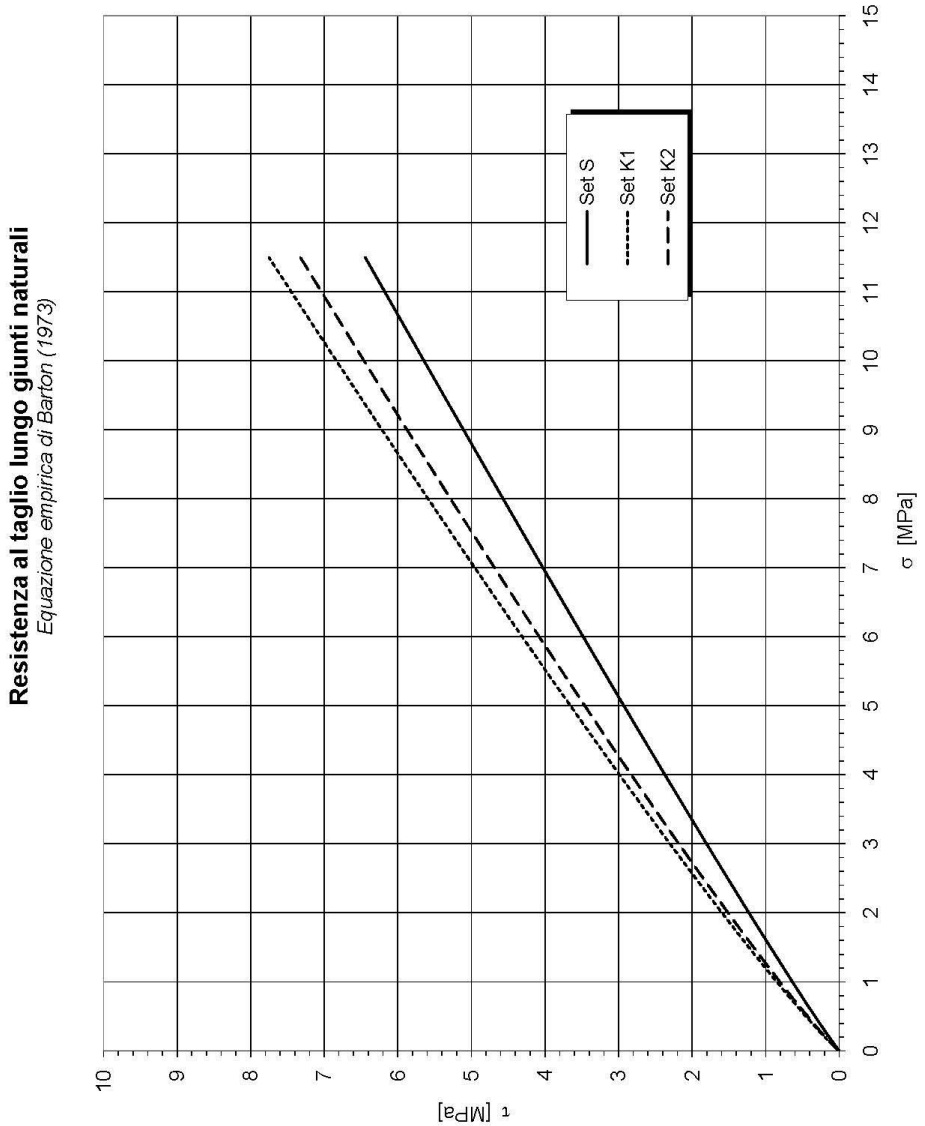
| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 1,85 | 1,48 | 36 | 0,138 |
| 1,90 | 1,52 | 36 | 0,142 |
| 1,95 | 1,56 | 36 | 0,145 |
| 2,00 | 1,59 | 36 | 0,149 |
| 2,10 | 1,67 | 36 | 0,156 |
| 2,20 | 1,74 | 36 | 0,162 |
| 2,30 | 1,81 | 35 | 0,169 |
| 2,40 | 1,88 | 35 | 0,176 |
| 2,50 | 1,95 | 35 | 0,183 |
| 2,60 | 2,02 | 35 | 0,190 |
| 2,70 | 2,09 | 35 | 0,196 |
| 2,80 | 2,16 | 35 | 0,203 |
| 2,90 | 2,23 | 35 | 0,210 |
| 3,00 | 2,30 | 35 | 0,217 |
| 3,20 | 2,44 | 35 | 0,230 |
| 3,40 | 2,58 | 34 | 0,243 |
| 3,60 | 2,71 | 34 | 0,257 |
| 3,80 | 2,85 | 34 | 0,270 |
| 4,00 | 2,99 | 34 | 0,283 |
| 4,20 | 3,12 | 34 | 0,296 |
| 4,40 | 3,25 | 34 | 0,310 |
| 4,60 | 3,39 | 34 | 0,323 |
| 4,80 | 3,52 | 34 | 0,336 |
| 5,00 | 3,65 | 33 | 0,349 |
| 5,50 | 3,98 | 33 | 0,381 |
| 6,00 | 4,31 | 33 | 0,414 |
| 6,50 | 4,63 | 33 | 0,446 |
| 7,00 | 4,95 | 33 | 0,478 |
| 7,50 | 5,27 | 32 | 0,510 |
| 8,00 | 5,59 | 32 | 0,541 |
| 8,50 | 5,90 | 32 | 0,573 |
| 9,00 | 6,21 | 32 | 0,604 |
| 9,50 | 6,52 | 32 | 0,636 |
| 10,00 | 6,83 | 32 | 0,667 |
| 10,50 | 7,14 | 32 | 0,698 |
| 11,00 | 7,45 | 31 | 0,730 |
| 11,50 | 7,75 | 31 | 0,761 |

**Caratteristiche del giunto**

| | | |
|---|---|---|
| **Set** | | K2 |
| **Descrizione** | | planare liscio |
| $\varphi_b$ | [°] | 30 |
| **JRC** | [-] | 6 |
| **JCS** | [MPa] | 30 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | | |
| 0,05 | 0,05 | 44 | 0,005 |
| 0,10 | 0,10 | 42 | 0,009 |
| 0,15 | 0,14 | 41 | 0,013 |
| 0,20 | 0,19 | 40 | 0,017 |
| 0,25 | 0,23 | 40 | 0,021 |
| 0,30 | 0,27 | 39 | 0,025 |
| 0,35 | 0,31 | 39 | 0,028 |
| 0,40 | 0,35 | 39 | 0,032 |
| 0,45 | 0,39 | 38 | 0,036 |
| 0,50 | 0,43 | 38 | 0,040 |
| 0,55 | 0,47 | 38 | 0,043 |
| 0,60 | 0,51 | 37 | 0,047 |
| 0,65 | 0,55 | 37 | 0,050 |
| 0,70 | 0,58 | 37 | 0,054 |
| 0,75 | 0,62 | 37 | 0,057 |
| 0,80 | 0,66 | 37 | 0,061 |
| 0,85 | 0,70 | 37 | 0,065 |
| 0,90 | 0,73 | 36 | 0,068 |
| 0,95 | 0,77 | 36 | 0,072 |
| 1,00 | 0,81 | 36 | 0,075 |
| 1,05 | 0,84 | 36 | 0,078 |
| 1,10 | 0,88 | 36 | 0,082 |
| 1,15 | 0,91 | 36 | 0,085 |
| 1,20 | 0,95 | 36 | 0,089 |
| 1,25 | 0,99 | 36 | 0,092 |
| 1,30 | 1,02 | 35 | 0,096 |
| 1,35 | 1,06 | 35 | 0,099 |
| 1,40 | 1,09 | 35 | 0,102 |
| 1,45 | 1,13 | 35 | 0,106 |
| 1,50 | 1,16 | 35 | 0,109 |
| 1,55 | 1,20 | 35 | 0,113 |
| 1,60 | 1,23 | 35 | 0,116 |
| 1,65 | 1,27 | 35 | 0,119 |
| 1,70 | 1,30 | 35 | 0,123 |
| 1,75 | 1,34 | 35 | 0,126 |
| 1,80 | 1,37 | 35 | 0,129 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 1,85 | 1,41 | 35 | 0,133 |
| 1,90 | 1,44 | 34 | 0,136 |
| 1,95 | 1,48 | 34 | 0,139 |
| 2,00 | 1,51 | 34 | 0,143 |
| 2,10 | 1,58 | 34 | 0,149 |
| 2,20 | 1,65 | 34 | 0,156 |
| 2,30 | 1,71 | 34 | 0,163 |
| 2,40 | 1,78 | 34 | 0,169 |
| 2,50 | 1,85 | 34 | 0,176 |
| 2,60 | 1,91 | 34 | 0,182 |
| 2,70 | 1,98 | 34 | 0,189 |
| 2,80 | 2,05 | 33 | 0,195 |
| 2,90 | 2,11 | 33 | 0,202 |
| 3,00 | 2,18 | 33 | 0,208 |
| 3,20 | 2,31 | 33 | 0,221 |
| 3,40 | 2,44 | 33 | 0,234 |
| 3,60 | 2,57 | 33 | 0,247 |
| 3,80 | 2,70 | 33 | 0,260 |
| 4,00 | 2,83 | 33 | 0,273 |
| 4,20 | 2,95 | 32 | 0,286 |
| 4,40 | 3,08 | 32 | 0,298 |
| 4,60 | 3,21 | 32 | 0,311 |
| 4,80 | 3,33 | 32 | 0,324 |
| 5,00 | 3,46 | 32 | 0,336 |
| 5,50 | 3,77 | 32 | 0,368 |
| 6,00 | 4,08 | 32 | 0,399 |
| 6,50 | 4,38 | 31 | 0,430 |
| 7,00 | 4,68 | 31 | 0,461 |
| 7,50 | 4,99 | 31 | 0,492 |
| 8,00 | 5,28 | 31 | 0,523 |
| 8,50 | 5,58 | 31 | 0,553 |
| 9,00 | 5,88 | 30 | 0,584 |
| 9,50 | 6,17 | 30 | 0,614 |
| 10,00 | 6,46 | 30 | 0,645 |
| 10,50 | 6,75 | 30 | 0,675 |
| 11,00 | 7,04 | 30 | 0,705 |
| 11,50 | 7,33 | 30 | 0,735 |


Resistenza al taglio lungo giunti naturali
Equazione empirica di Barton (1973)
Set S
Set K1
Set K2
σ [MPa]
τ [MPa]
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

***DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA AL TAGLIO LUNGO GIUNTI NATURALI***
***Equazione empirica di Barton (1973)***

| | |
|---|---|
| **Committente** | *Anas S.p.A.* |
| **Commessa** | *SS 1 Aurelia variante di Imperia* |
| **Località** | *Loc. Bonavera* |
| **Data** | *26/07/10* |
| **Area di rilievo geomeccanico** | *RG7* |

***Caratteristiche del giunto***

| | | |
|---|---|---|
| **Set** | | *S* |
| **Descrizione** | | *planare liscio* |
| $\varphi_b$ | *[°]* | *27* |
| **JRC** | *[-]* | *3* |
| **JCS** | *[MPa]* | *21* |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | | |
| 0,05 | 0,03 | 34 | 0,002 |
| 0,10 | 0,07 | 33 | 0,003 |
| 0,15 | 0,10 | 32 | 0,005 |
| 0,20 | 0,13 | 32 | 0,006 |
| 0,25 | 0,16 | 31 | 0,008 |
| 0,30 | 0,19 | 31 | 0,010 |
| 0,35 | 0,22 | 31 | 0,011 |
| 0,40 | 0,25 | 31 | 0,013 |
| 0,45 | 0,28 | 31 | 0,014 |
| 0,50 | 0,31 | 31 | 0,016 |
| 0,55 | 0,34 | 30 | 0,017 |
| 0,60 | 0,37 | 30 | 0,019 |
| 0,65 | 0,40 | 30 | 0,020 |
| 0,70 | 0,43 | 30 | 0,022 |
| 0,75 | 0,46 | 30 | 0,023 |
| 0,80 | 0,49 | 30 | 0,025 |
| 0,85 | 0,51 | 30 | 0,026 |
| 0,90 | 0,54 | 30 | 0,028 |
| 0,95 | 0,57 | 30 | 0,029 |
| 1,00 | 0,60 | 30 | 0,031 |
| 1,05 | 0,63 | 30 | 0,032 |
| 1,10 | 0,66 | 30 | 0,034 |
| 1,15 | 0,69 | 29 | 0,035 |
| 1,20 | 0,71 | 29 | 0,037 |
| 1,25 | 0,74 | 29 | 0,038 |
| 1,30 | 0,77 | 29 | 0,040 |
| 1,35 | 0,80 | 29 | 0,041 |
| 1,40 | 0,83 | 29 | 0,043 |
| 1,45 | 0,85 | 29 | 0,044 |
| 1,50 | 0,88 | 29 | 0,046 |
| 1,55 | 0,91 | 29 | 0,047 |
| 1,60 | 0,94 | 29 | 0,049 |
| 1,65 | 0,96 | 29 | 0,050 |
| 1,70 | 0,99 | 29 | 0,052 |
| 1,75 | 1,02 | 29 | 0,053 |
| 1,80 | 1,05 | 29 | 0,055 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 1,85 | 1,08 | 29 | 0,056 |
| 1,90 | 1,10 | 29 | 0,058 |
| 1,95 | 1,13 | 29 | 0,059 |
| 2,00 | 1,16 | 29 | 0,061 |
| 2,10 | 1,21 | 29 | 0,064 |
| 2,20 | 1,27 | 29 | 0,067 |
| 2,30 | 1,32 | 29 | 0,070 |
| 2,40 | 1,38 | 29 | 0,073 |
| 2,50 | 1,43 | 28 | 0,075 |
| 2,60 | 1,48 | 28 | 0,078 |
| 2,70 | 1,54 | 28 | 0,081 |
| 2,80 | 1,59 | 28 | 0,084 |
| 2,90 | 1,65 | 28 | 0,087 |
| 3,00 | 1,70 | 28 | 0,090 |
| 3,20 | 1,81 | 28 | 0,096 |
| 3,40 | 1,91 | 28 | 0,102 |
| 3,60 | 2,02 | 28 | 0,108 |
| 3,80 | 2,13 | 28 | 0,113 |
| 4,00 | 2,23 | 28 | 0,119 |
| 4,20 | 2,34 | 28 | 0,125 |
| 4,40 | 2,44 | 28 | 0,131 |
| 4,60 | 2,55 | 28 | 0,137 |
| 4,80 | 2,65 | 28 | 0,142 |
| 5,00 | 2,76 | 28 | 0,148 |
| 5,50 | 3,02 | 27 | 0,163 |
| 6,00 | 3,28 | 27 | 0,177 |
| 6,50 | 3,53 | 27 | 0,191 |
| 7,00 | 3,79 | 27 | 0,206 |
| 7,50 | 4,05 | 27 | 0,220 |
| 8,00 | 4,30 | 27 | 0,234 |
| 8,50 | 4,55 | 27 | 0,249 |
| 9,00 | 4,81 | 27 | 0,263 |
| 9,50 | 5,06 | 27 | 0,277 |
| 10,00 | 5,31 | 27 | 0,292 |
| 10,50 | 5,56 | 27 | 0,306 |
| 11,00 | 5,81 | 27 | 0,320 |
| 11,50 | 6,06 | 26 | 0,334 |

**Caratteristiche del giunto**

| | | |
|---|---|---|
| **Set** | | K1 |
| **Descrizione** | | ondulato debolmente rugoso |
| $\varphi_b$ | [°] | 30 |
| **JRC** | [-] | 6 |
| **JCS** | [MPa] | 22 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | | |
| 0,05 | 0,05 | 43 | 0,005 |
| 0,10 | 0,10 | 41 | 0,009 |
| 0,15 | 0,14 | 40 | 0,013 |
| 0,20 | 0,18 | 40 | 0,017 |
| 0,25 | 0,22 | 39 | 0,020 |
| 0,30 | 0,26 | 38 | 0,024 |
| 0,35 | 0,30 | 38 | 0,028 |
| 0,40 | 0,34 | 38 | 0,031 |
| 0,45 | 0,38 | 37 | 0,035 |
| 0,50 | 0,42 | 37 | 0,039 |
| 0,55 | 0,46 | 37 | 0,042 |
| 0,60 | 0,49 | 37 | 0,046 |
| 0,65 | 0,53 | 36 | 0,049 |
| 0,70 | 0,57 | 36 | 0,053 |
| 0,75 | 0,60 | 36 | 0,056 |
| 0,80 | 0,64 | 36 | 0,060 |
| 0,85 | 0,68 | 36 | 0,063 |
| 0,90 | 0,71 | 36 | 0,067 |
| 0,95 | 0,75 | 35 | 0,070 |
| 1,00 | 0,78 | 35 | 0,073 |
| 1,05 | 0,82 | 35 | 0,077 |
| 1,10 | 0,85 | 35 | 0,080 |
| 1,15 | 0,89 | 35 | 0,084 |
| 1,20 | 0,92 | 35 | 0,087 |
| 1,25 | 0,96 | 35 | 0,090 |
| 1,30 | 0,99 | 35 | 0,094 |
| 1,35 | 1,03 | 35 | 0,097 |
| 1,40 | 1,06 | 34 | 0,100 |
| 1,45 | 1,10 | 34 | 0,104 |
| 1,50 | 1,13 | 34 | 0,107 |
| 1,55 | 1,16 | 34 | 0,110 |
| 1,60 | 1,20 | 34 | 0,114 |
| 1,65 | 1,23 | 34 | 0,117 |
| 1,70 | 1,27 | 34 | 0,120 |
| 1,75 | 1,30 | 34 | 0,123 |
| 1,80 | 1,33 | 34 | 0,127 |

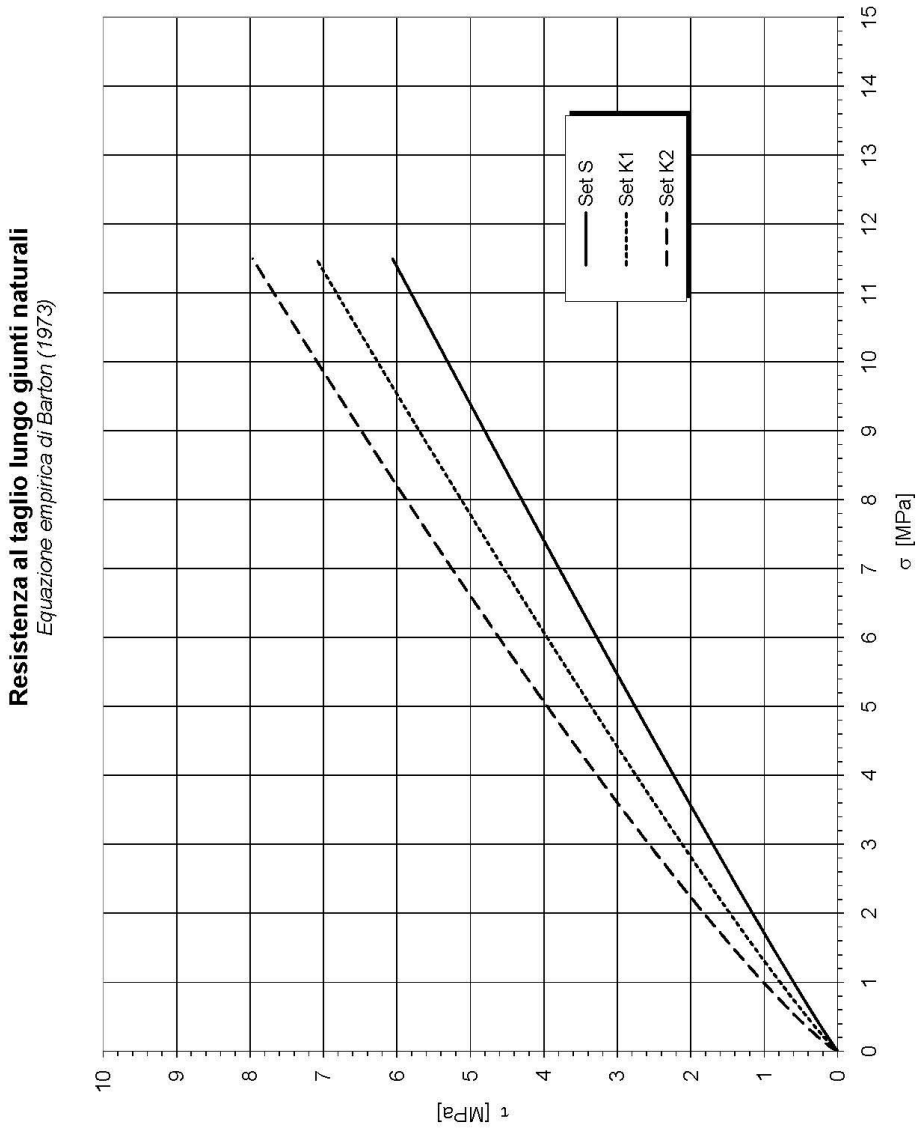
| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 1,85 | 1,37 | 34 | 0,130 |
| 1,90 | 1,40 | 34 | 0,133 |
| 1,95 | 1,43 | 34 | 0,137 |
| 2,00 | 1,47 | 34 | 0,140 |
| 2,10 | 1,53 | 33 | 0,146 |
| 2,20 | 1,60 | 33 | 0,153 |
| 2,30 | 1,66 | 33 | 0,159 |
| 2,40 | 1,73 | 33 | 0,166 |
| 2,50 | 1,79 | 33 | 0,172 |
| 2,60 | 1,86 | 33 | 0,179 |
| 2,70 | 1,92 | 33 | 0,185 |
| 2,80 | 1,99 | 33 | 0,192 |
| 2,90 | 2,05 | 33 | 0,198 |
| 3,00 | 2,12 | 33 | 0,204 |
| 3,20 | 2,24 | 32 | 0,217 |
| 3,40 | 2,37 | 32 | 0,230 |
| 3,60 | 2,49 | 32 | 0,242 |
| 3,80 | 2,62 | 32 | 0,255 |
| 4,00 | 2,74 | 32 | 0,267 |
| 4,20 | 2,87 | 32 | 0,280 |
| 4,40 | 2,99 | 32 | 0,292 |
| 4,60 | 3,11 | 31 | 0,305 |
| 4,80 | 3,23 | 31 | 0,317 |
| 5,00 | 3,35 | 31 | 0,330 |
| 5,50 | 3,66 | 31 | 0,361 |
| 6,00 | 3,95 | 31 | 0,391 |
| 6,50 | 4,25 | 30 | 0,422 |
| 7,00 | 4,54 | 30 | 0,452 |
| 7,50 | 4,83 | 30 | 0,483 |
| 8,00 | 5,12 | 30 | 0,513 |
| 8,50 | 5,41 | 30 | 0,543 |
| 9,00 | 5,70 | 30 | 0,573 |
| 9,50 | 5,98 | 30 | 0,603 |
| 10,00 | 6,26 | 29 | 0,633 |
| 10,50 | 6,54 | 29 | 0,663 |
| 11,00 | 6,82 | 29 | 0,693 |
| 11,50 | 7,10 | 29 | 0,722 |

**Caratteristiche del giunto**

| | | |
|---|---|---|
| **Set** | | K2 |
| **Descrizione** | | ondulato rugoso |
| $\varphi_b$ | [°] | 30 |
| **JRC** | [-] | 10 |
| **JCS** | [MPa] | 34 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | | |
| 0,05 | 0,08 | 53 | 0,014 |
| 0,10 | 0,14 | 50 | 0,023 |
| 0,15 | 0,20 | 49 | 0,032 |
| 0,20 | 0,26 | 48 | 0,041 |
| 0,25 | 0,31 | 47 | 0,049 |
| 0,30 | 0,36 | 46 | 0,056 |
| 0,35 | 0,42 | 45 | 0,064 |
| 0,40 | 0,46 | 45 | 0,071 |
| 0,45 | 0,51 | 44 | 0,079 |
| 0,50 | 0,56 | 44 | 0,086 |
| 0,55 | 0,61 | 43 | 0,093 |
| 0,60 | 0,66 | 43 | 0,100 |
| 0,65 | 0,70 | 42 | 0,107 |
| 0,70 | 0,75 | 42 | 0,113 |
| 0,75 | 0,79 | 42 | 0,120 |
| 0,80 | 0,84 | 42 | 0,127 |
| 0,85 | 0,88 | 41 | 0,134 |
| 0,90 | 0,92 | 41 | 0,140 |
| 0,95 | 0,97 | 41 | 0,147 |
| 1,00 | 1,01 | 41 | 0,153 |
| 1,05 | 1,05 | 40 | 0,160 |
| 1,10 | 1,10 | 40 | 0,166 |
| 1,15 | 1,14 | 40 | 0,173 |
| 1,20 | 1,18 | 40 | 0,179 |
| 1,25 | 1,22 | 40 | 0,185 |
| 1,30 | 1,26 | 39 | 0,192 |
| 1,35 | 1,30 | 39 | 0,198 |
| 1,40 | 1,35 | 39 | 0,204 |
| 1,45 | 1,39 | 39 | 0,210 |
| 1,50 | 1,43 | 39 | 0,216 |
| 1,55 | 1,47 | 39 | 0,223 |
| 1,60 | 1,51 | 39 | 0,229 |
| 1,65 | 1,55 | 38 | 0,235 |
| 1,70 | 1,59 | 38 | 0,241 |
| 1,75 | 1,63 | 38 | 0,247 |
| 1,80 | 1,66 | 38 | 0,253 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 1,85 | 1,70 | 38 | 0,259 |
| 1,90 | 1,74 | 38 | 0,265 |
| 1,95 | 1,78 | 38 | 0,271 |
| 2,00 | 1,82 | 38 | 0,277 |
| 2,10 | 1,90 | 37 | 0,289 |
| 2,20 | 1,97 | 37 | 0,301 |
| 2,30 | 2,05 | 37 | 0,313 |
| 2,40 | 2,12 | 37 | 0,324 |
| 2,50 | 2,20 | 37 | 0,336 |
| 2,60 | 2,27 | 37 | 0,348 |
| 2,70 | 2,35 | 36 | 0,359 |
| 2,80 | 2,42 | 36 | 0,371 |
| 2,90 | 2,49 | 36 | 0,382 |
| 3,00 | 2,57 | 36 | 0,394 |
| 3,20 | 2,71 | 36 | 0,417 |
| 3,40 | 2,85 | 35 | 0,439 |
| 3,60 | 2,99 | 35 | 0,462 |
| 3,80 | 3,13 | 35 | 0,484 |
| 4,00 | 3,27 | 35 | 0,506 |
| 4,20 | 3,41 | 34 | 0,528 |
| 4,40 | 3,55 | 34 | 0,550 |
| 4,60 | 3,68 | 34 | 0,572 |
| 4,80 | 3,82 | 34 | 0,594 |
| 5,00 | 3,95 | 34 | 0,616 |
| 5,50 | 4,28 | 33 | 0,670 |
| 6,00 | 4,61 | 33 | 0,723 |
| 6,50 | 4,93 | 33 | 0,776 |
| 7,00 | 5,25 | 32 | 0,829 |
| 7,50 | 5,56 | 32 | 0,881 |
| 8,00 | 5,87 | 32 | 0,933 |
| 8,50 | 6,18 | 31 | 0,985 |
| 9,00 | 6,48 | 31 | 1,036 |
| 9,50 | 6,79 | 31 | 1,087 |
| 10,00 | 7,08 | 31 | 1,138 |
| 10,50 | 7,38 | 31 | 1,189 |
| 11,00 | 7,67 | 30 | 1,240 |
| 11,50 | 7,97 | 30 | 1,290 |


Resistenza al taglio lungo giunti naturali
Equazione empirica di Barton (1973)
Set S
Set K1
Set K2
σ [MPa]
τ [MPa]
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

***DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA AL TAGLIO LUNGO GIUNTI NATURALI***
***Equazione empirica di Barton (1973)***

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia variante di Imperia |
| **Località** | Costa Soru |
| **Data** | 26/07/10 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | RG8 |

**Caratteristiche del giunto**

| | | |
|---|---|---|
| **Set** | | S |
| **Descrizione** | | planare liscio |
| $\varphi_b$ | [°] | 27 |
| **JRC** | [-] | 3 |
| **JCS** | [MPa] | 33 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | | |
| 0,05 | 0,04 | 34 | 0,002 |
| 0,10 | 0,07 | 33 | 0,003 |
| 0,15 | 0,10 | 33 | 0,005 |
| 0,20 | 0,13 | 32 | 0,007 |
| 0,25 | 0,16 | 32 | 0,008 |
| 0,30 | 0,20 | 32 | 0,010 |
| 0,35 | 0,23 | 32 | 0,011 |
| 0,40 | 0,26 | 31 | 0,013 |
| 0,45 | 0,29 | 31 | 0,014 |
| 0,50 | 0,32 | 31 | 0,016 |
| 0,55 | 0,35 | 31 | 0,018 |
| 0,60 | 0,38 | 31 | 0,019 |
| 0,65 | 0,41 | 31 | 0,021 |
| 0,70 | 0,44 | 31 | 0,022 |
| 0,75 | 0,47 | 31 | 0,024 |
| 0,80 | 0,50 | 31 | 0,025 |
| 0,85 | 0,53 | 30 | 0,027 |
| 0,90 | 0,56 | 30 | 0,028 |
| 0,95 | 0,58 | 30 | 0,030 |
| 1,00 | 0,61 | 30 | 0,031 |
| 1,05 | 0,64 | 30 | 0,033 |
| 1,10 | 0,67 | 30 | 0,034 |
| 1,15 | 0,70 | 30 | 0,036 |
| 1,20 | 0,73 | 30 | 0,037 |
| 1,25 | 0,76 | 30 | 0,039 |
| 1,30 | 0,79 | 30 | 0,040 |
| 1,35 | 0,82 | 30 | 0,042 |
| 1,40 | 0,85 | 30 | 0,043 |
| 1,45 | 0,87 | 30 | 0,045 |
| 1,50 | 0,90 | 30 | 0,046 |
| 1,55 | 0,93 | 30 | 0,048 |
| 1,60 | 0,96 | 30 | 0,049 |
| 1,65 | 0,99 | 30 | 0,051 |
| 1,70 | 1,02 | 30 | 0,052 |
| 1,75 | 1,04 | 30 | 0,054 |
| 1,80 | 1,07 | 29 | 0,055 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 1,85 | 1,10 | 29 | 0,057 |
| 1,90 | 1,13 | 29 | 0,058 |
| 1,95 | 1,16 | 29 | 0,060 |
| 2,00 | 1,19 | 29 | 0,061 |
| 2,10 | 1,24 | 29 | 0,064 |
| 2,20 | 1,30 | 29 | 0,067 |
| 2,30 | 1,35 | 29 | 0,070 |
| 2,40 | 1,41 | 29 | 0,073 |
| 2,50 | 1,46 | 29 | 0,076 |
| 2,60 | 1,52 | 29 | 0,079 |
| 2,70 | 1,58 | 29 | 0,082 |
| 2,80 | 1,63 | 29 | 0,085 |
| 2,90 | 1,69 | 29 | 0,088 |
| 3,00 | 1,74 | 29 | 0,091 |
| 3,20 | 1,85 | 29 | 0,097 |
| 3,40 | 1,96 | 29 | 0,103 |
| 3,60 | 2,07 | 29 | 0,109 |
| 3,80 | 2,18 | 28 | 0,115 |
| 4,00 | 2,29 | 28 | 0,121 |
| 4,20 | 2,39 | 28 | 0,127 |
| 4,40 | 2,50 | 28 | 0,132 |
| 4,60 | 2,61 | 28 | 0,138 |
| 4,80 | 2,72 | 28 | 0,144 |
| 5,00 | 2,82 | 28 | 0,150 |
| 5,50 | 3,09 | 28 | 0,165 |
| 6,00 | 3,36 | 28 | 0,179 |
| 6,50 | 3,62 | 28 | 0,194 |
| 7,00 | 3,88 | 28 | 0,208 |
| 7,50 | 4,15 | 28 | 0,223 |
| 8,00 | 4,41 | 28 | 0,237 |
| 8,50 | 4,67 | 27 | 0,252 |
| 9,00 | 4,93 | 27 | 0,266 |
| 9,50 | 5,18 | 27 | 0,280 |
| 10,00 | 5,44 | 27 | 0,295 |
| 10,50 | 5,70 | 27 | 0,309 |
| 11,00 | 5,96 | 27 | 0,323 |
| 11,50 | 6,21 | 27 | 0,338 |

**Caratteristiche del giunto**

| | | |
|---|---|---|
| **Set** | | K1 |
| **Descrizione** | | planare debolmente rugoso |
| $\varphi_b$ | [°] | 30 |
| **JRC** | [-] | 8 |
| **JCS** | [MPa] | 24 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | | |
| 0,05 | 0,06 | 48 | 0,008 |
| 0,10 | 0,12 | 45 | 0,014 |
| 0,15 | 0,16 | 44 | 0,020 |
| 0,20 | 0,21 | 43 | 0,026 |
| 0,25 | 0,26 | 42 | 0,031 |
| 0,30 | 0,30 | 42 | 0,037 |
| 0,35 | 0,35 | 41 | 0,042 |
| 0,40 | 0,39 | 41 | 0,047 |
| 0,45 | 0,43 | 40 | 0,052 |
| 0,50 | 0,47 | 40 | 0,058 |
| 0,55 | 0,52 | 39 | 0,063 |
| 0,60 | 0,56 | 39 | 0,068 |
| 0,65 | 0,60 | 39 | 0,073 |
| 0,70 | 0,64 | 39 | 0,078 |
| 0,75 | 0,68 | 38 | 0,082 |
| 0,80 | 0,72 | 38 | 0,087 |
| 0,85 | 0,75 | 38 | 0,092 |
| 0,90 | 0,79 | 38 | 0,097 |
| 0,95 | 0,83 | 38 | 0,102 |
| 1,00 | 0,87 | 37 | 0,107 |
| 1,05 | 0,91 | 37 | 0,111 |
| 1,10 | 0,95 | 37 | 0,116 |
| 1,15 | 0,98 | 37 | 0,121 |
| 1,20 | 1,02 | 37 | 0,126 |
| 1,25 | 1,06 | 37 | 0,130 |
| 1,30 | 1,10 | 36 | 0,135 |
| 1,35 | 1,13 | 36 | 0,139 |
| 1,40 | 1,17 | 36 | 0,144 |
| 1,45 | 1,21 | 36 | 0,149 |
| 1,50 | 1,24 | 36 | 0,153 |
| 1,55 | 1,28 | 36 | 0,158 |
| 1,60 | 1,31 | 36 | 0,163 |
| 1,65 | 1,35 | 36 | 0,167 |
| 1,70 | 1,39 | 36 | 0,172 |
| 1,75 | 1,42 | 35 | 0,176 |
| 1,80 | 1,46 | 35 | 0,181 |

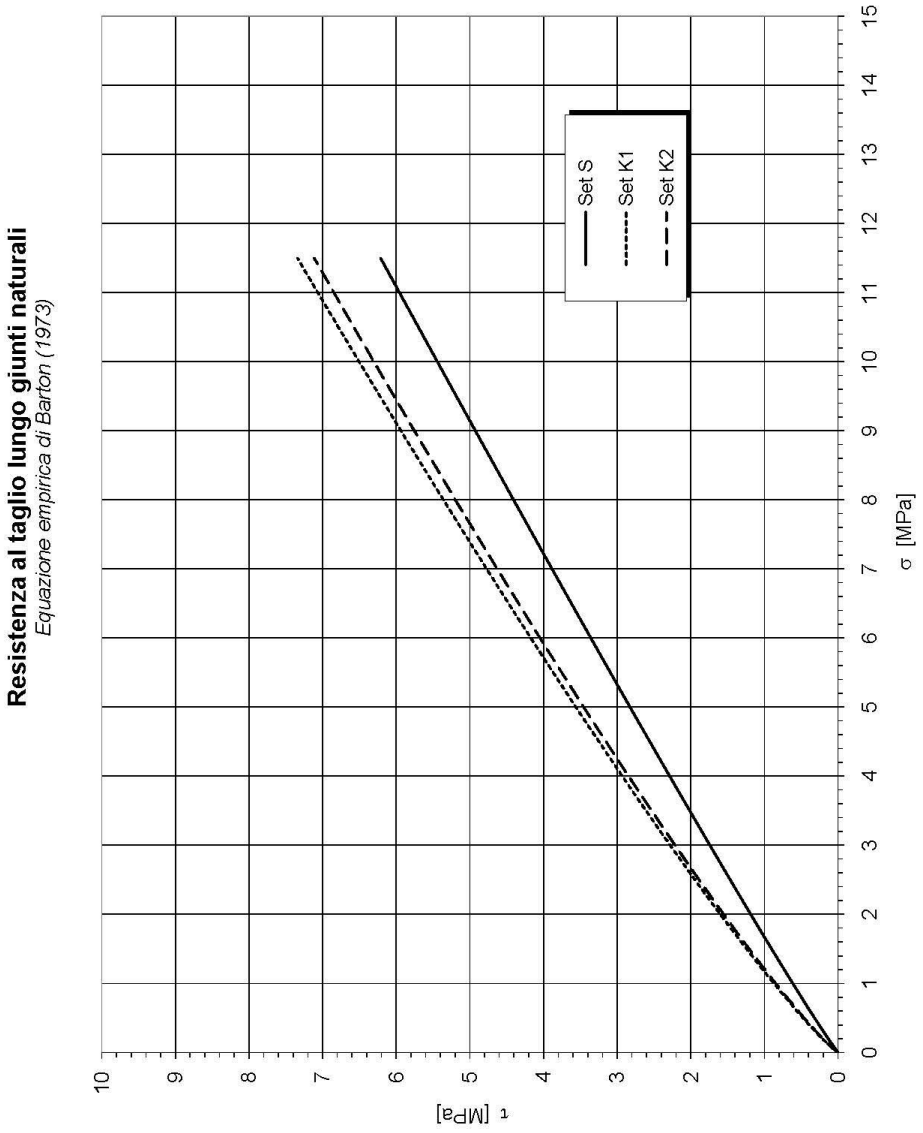
| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 1,85 | 1,49 | 35 | 0,185 |
| 1,90 | 1,53 | 35 | 0,190 |
| 1,95 | 1,56 | 35 | 0,194 |
| 2,00 | 1,60 | 35 | 0,199 |
| 2,10 | 1,67 | 35 | 0,208 |
| 2,20 | 1,74 | 35 | 0,217 |
| 2,30 | 1,81 | 35 | 0,226 |
| 2,40 | 1,88 | 34 | 0,234 |
| 2,50 | 1,94 | 34 | 0,243 |
| 2,60 | 2,01 | 34 | 0,252 |
| 2,70 | 2,08 | 34 | 0,261 |
| 2,80 | 2,15 | 34 | 0,270 |
| 2,90 | 2,21 | 34 | 0,278 |
| 3,00 | 2,28 | 34 | 0,287 |
| 3,20 | 2,41 | 33 | 0,304 |
| 3,40 | 2,54 | 33 | 0,321 |
| 3,60 | 2,67 | 33 | 0,339 |
| 3,80 | 2,80 | 33 | 0,356 |
| 4,00 | 2,93 | 33 | 0,373 |
| 4,20 | 3,06 | 32 | 0,390 |
| 4,40 | 3,18 | 32 | 0,407 |
| 4,60 | 3,31 | 32 | 0,423 |
| 4,80 | 3,44 | 32 | 0,440 |
| 5,00 | 3,56 | 32 | 0,457 |
| 5,50 | 3,87 | 31 | 0,498 |
| 6,00 | 4,17 | 31 | 0,540 |
| 6,50 | 4,47 | 31 | 0,581 |
| 7,00 | 4,77 | 31 | 0,622 |
| 7,50 | 5,07 | 30 | 0,662 |
| 8,00 | 5,36 | 30 | 0,703 |
| 8,50 | 5,65 | 30 | 0,743 |
| 9,00 | 5,94 | 30 | 0,783 |
| 9,50 | 6,22 | 30 | 0,823 |
| 10,00 | 6,50 | 29 | 0,863 |
| 10,50 | 6,79 | 29 | 0,903 |
| 11,00 | 7,06 | 29 | 0,942 |
| 11,50 | 7,34 | 29 | 0,982 |

**Caratteristiche del giunto**

| | | |
|---|---|---|
| **Set** | | K2 |
| **Descrizione** | | planare debolmente rugoso |
| $\varphi_b$ | [°] | 30 |
| **JRC** | [-] | 8 |
| **JCS** | [MPa] | 19 |

| σ [MPa] | τ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | | |
| 0,05 | 0,06 | 47 | 0,008 |
| 0,10 | 0,11 | 45 | 0,014 |
| 0,15 | 0,16 | 43 | 0,019 |
| 0,20 | 0,21 | 42 | 0,025 |
| 0,25 | 0,25 | 41 | 0,030 |
| 0,30 | 0,29 | 41 | 0,036 |
| 0,35 | 0,34 | 40 | 0,041 |
| 0,40 | 0,38 | 40 | 0,046 |
| 0,45 | 0,42 | 39 | 0,051 |
| 0,50 | 0,46 | 39 | 0,056 |
| 0,55 | 0,50 | 39 | 0,061 |
| 0,60 | 0,54 | 38 | 0,066 |
| 0,65 | 0,58 | 38 | 0,071 |
| 0,70 | 0,62 | 38 | 0,076 |
| 0,75 | 0,66 | 38 | 0,080 |
| 0,80 | 0,70 | 37 | 0,085 |
| 0,85 | 0,73 | 37 | 0,090 |
| 0,90 | 0,77 | 37 | 0,095 |
| 0,95 | 0,81 | 37 | 0,099 |
| 1,00 | 0,85 | 37 | 0,104 |
| 1,05 | 0,88 | 36 | 0,109 |
| 1,10 | 0,92 | 36 | 0,113 |
| 1,15 | 0,96 | 36 | 0,118 |
| 1,20 | 0,99 | 36 | 0,123 |
| 1,25 | 1,03 | 36 | 0,127 |
| 1,30 | 1,06 | 36 | 0,132 |
| 1,35 | 1,10 | 36 | 0,136 |
| 1,40 | 1,14 | 35 | 0,141 |
| 1,45 | 1,17 | 35 | 0,145 |
| 1,50 | 1,21 | 35 | 0,150 |
| 1,55 | 1,24 | 35 | 0,154 |
| 1,60 | 1,28 | 35 | 0,159 |
| 1,65 | 1,31 | 35 | 0,163 |
| 1,70 | 1,35 | 35 | 0,168 |
| 1,75 | 1,38 | 35 | 0,172 |
| 1,80 | 1,42 | 35 | 0,177 |

| σ [MPa] | τ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 1,85 | 1,45 | 34 | 0,181 |
| 1,90 | 1,48 | 34 | 0,186 |
| 1,95 | 1,52 | 34 | 0,190 |
| 2,00 | 1,55 | 34 | 0,194 |
| 2,10 | 1,62 | 34 | 0,203 |
| 2,20 | 1,69 | 34 | 0,212 |
| 2,30 | 1,75 | 34 | 0,221 |
| 2,40 | 1,82 | 34 | 0,229 |
| 2,50 | 1,89 | 33 | 0,238 |
| 2,60 | 1,95 | 33 | 0,247 |
| 2,70 | 2,02 | 33 | 0,255 |
| 2,80 | 2,08 | 33 | 0,264 |
| 2,90 | 2,15 | 33 | 0,272 |
| 3,00 | 2,21 | 33 | 0,281 |
| 3,20 | 2,34 | 33 | 0,298 |
| 3,40 | 2,47 | 32 | 0,315 |
| 3,60 | 2,59 | 32 | 0,332 |
| 3,80 | 2,72 | 32 | 0,348 |
| 4,00 | 2,84 | 32 | 0,365 |
| 4,20 | 2,97 | 32 | 0,382 |
| 4,40 | 3,09 | 31 | 0,398 |
| 4,60 | 3,21 | 31 | 0,415 |
| 4,80 | 3,33 | 31 | 0,431 |
| 5,00 | 3,45 | 31 | 0,448 |
| 5,50 | 3,75 | 31 | 0,489 |
| 6,00 | 4,05 | 30 | 0,529 |
| 6,50 | 4,34 | 30 | 0,570 |
| 7,00 | 4,63 | 30 | 0,610 |
| 7,50 | 4,91 | 30 | 0,650 |
| 8,00 | 5,20 | 29 | 0,690 |
| 8,50 | 5,48 | 29 | 0,729 |
| 9,00 | 5,75 | 29 | 0,769 |
| 9,50 | 6,03 | 29 | 0,808 |
| 10,00 | 6,30 | 29 | 0,847 |
| 10,50 | 6,58 | 28 | 0,886 |
| 11,00 | 6,85 | 28 | 0,925 |
| 11,50 | 7,11 | 28 | 0,964 |


Resistenza al taglio lungo giunti naturali
Equazione empirica di Barton (1973)
Set S
Set K1
Set K2
σ [MPa]
τ [MPa]
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

***DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA AL TAGLIO LUNGO GIUNTI NATURALI***
***Equazione empirica di Barton (1973)***

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia variante di Imperia |
| **Località** | Fornace |
| **Data** | 26/07/10 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | RG9 |

**Caratteristiche del giunto**

| | | |
|---|---|---|
| **Set** | | S |
| **Descrizione** | | planare liscio |
| $\varphi_b$ | [°] | 27 |
| **JRC** | [-] | 3 |
| **JCS** | [MPa] | 24 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | | |
| 0,05 | 0,04 | 34 | 0,002 |
| 0,10 | 0,07 | 33 | 0,003 |
| 0,15 | 0,10 | 32 | 0,005 |
| 0,20 | 0,13 | 32 | 0,007 |
| 0,25 | 0,16 | 32 | 0,008 |
| 0,30 | 0,19 | 31 | 0,010 |
| 0,35 | 0,22 | 31 | 0,011 |
| 0,40 | 0,25 | 31 | 0,013 |
| 0,45 | 0,28 | 31 | 0,014 |
| 0,50 | 0,31 | 31 | 0,016 |
| 0,55 | 0,34 | 31 | 0,017 |
| 0,60 | 0,37 | 30 | 0,019 |
| 0,65 | 0,40 | 30 | 0,020 |
| 0,70 | 0,43 | 30 | 0,022 |
| 0,75 | 0,46 | 30 | 0,023 |
| 0,80 | 0,49 | 30 | 0,025 |
| 0,85 | 0,52 | 30 | 0,027 |
| 0,90 | 0,55 | 30 | 0,028 |
| 0,95 | 0,58 | 30 | 0,030 |
| 1,00 | 0,60 | 30 | 0,031 |
| 1,05 | 0,63 | 30 | 0,033 |
| 1,10 | 0,66 | 30 | 0,034 |
| 1,15 | 0,69 | 30 | 0,036 |
| 1,20 | 0,72 | 30 | 0,037 |
| 1,25 | 0,75 | 30 | 0,039 |
| 1,30 | 0,77 | 29 | 0,040 |
| 1,35 | 0,80 | 29 | 0,042 |
| 1,40 | 0,83 | 29 | 0,043 |
| 1,45 | 0,86 | 29 | 0,045 |
| 1,50 | 0,89 | 29 | 0,046 |
| 1,55 | 0,92 | 29 | 0,048 |
| 1,60 | 0,94 | 29 | 0,049 |
| 1,65 | 0,97 | 29 | 0,051 |
| 1,70 | 1,00 | 29 | 0,052 |
| 1,75 | 1,03 | 29 | 0,054 |
| 1,80 | 1,05 | 29 | 0,055 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 1,85 | 1,08 | 29 | 0,056 |
| 1,90 | 1,11 | 29 | 0,058 |
| 1,95 | 1,14 | 29 | 0,059 |
| 2,00 | 1,17 | 29 | 0,061 |
| 2,10 | 1,22 | 29 | 0,064 |
| 2,20 | 1,28 | 29 | 0,067 |
| 2,30 | 1,33 | 29 | 0,070 |
| 2,40 | 1,39 | 29 | 0,073 |
| 2,50 | 1,44 | 29 | 0,076 |
| 2,60 | 1,49 | 29 | 0,079 |
| 2,70 | 1,55 | 29 | 0,082 |
| 2,80 | 1,60 | 28 | 0,085 |
| 2,90 | 1,66 | 28 | 0,087 |
| 3,00 | 1,71 | 28 | 0,090 |
| 3,20 | 1,82 | 28 | 0,096 |
| 3,40 | 1,93 | 28 | 0,102 |
| 3,60 | 2,03 | 28 | 0,108 |
| 3,80 | 2,14 | 28 | 0,114 |
| 4,00 | 2,25 | 28 | 0,120 |
| 4,20 | 2,35 | 28 | 0,126 |
| 4,40 | 2,46 | 28 | 0,131 |
| 4,60 | 2,57 | 28 | 0,137 |
| 4,80 | 2,67 | 28 | 0,143 |
| 5,00 | 2,78 | 28 | 0,149 |
| 5,50 | 3,04 | 28 | 0,163 |
| 6,00 | 3,30 | 27 | 0,178 |
| 6,50 | 3,56 | 27 | 0,192 |
| 7,00 | 3,82 | 27 | 0,207 |
| 7,50 | 4,07 | 27 | 0,221 |
| 8,00 | 4,33 | 27 | 0,235 |
| 8,50 | 4,59 | 27 | 0,250 |
| 9,00 | 4,84 | 27 | 0,264 |
| 9,50 | 5,10 | 27 | 0,278 |
| 10,00 | 5,35 | 27 | 0,292 |
| 10,50 | 5,60 | 27 | 0,307 |
| 11,00 | 5,85 | 27 | 0,321 |
| 11,50 | 6,10 | 27 | 0,335 |

**Caratteristiche del giunto**

| | | |
|---|---|---|
| **Set** | | K1 |
| **Descrizione** | | planare liscio |
| $\varphi_b$ | [°] | 30 |
| **JRC** | [-] | 4 |
| **JCS** | [MPa] | 28 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | | |
| 0,05 | 0,04 | 39 | 0,003 |
| 0,10 | 0,08 | 38 | 0,005 |
| 0,15 | 0,12 | 37 | 0,008 |
| 0,20 | 0,16 | 37 | 0,010 |
| 0,25 | 0,20 | 36 | 0,012 |
| 0,30 | 0,23 | 36 | 0,015 |
| 0,35 | 0,27 | 36 | 0,017 |
| 0,40 | 0,31 | 36 | 0,019 |
| 0,45 | 0,34 | 35 | 0,021 |
| 0,50 | 0,38 | 35 | 0,024 |
| 0,55 | 0,41 | 35 | 0,026 |
| 0,60 | 0,45 | 35 | 0,028 |
| 0,65 | 0,48 | 35 | 0,031 |
| 0,70 | 0,52 | 35 | 0,033 |
| 0,75 | 0,55 | 35 | 0,035 |
| 0,80 | 0,59 | 34 | 0,037 |
| 0,85 | 0,62 | 34 | 0,039 |
| 0,90 | 0,65 | 34 | 0,042 |
| 0,95 | 0,69 | 34 | 0,044 |
| 1,00 | 0,72 | 34 | 0,046 |
| 1,05 | 0,75 | 34 | 0,048 |
| 1,10 | 0,79 | 34 | 0,050 |
| 1,15 | 0,82 | 34 | 0,053 |
| 1,20 | 0,86 | 34 | 0,055 |
| 1,25 | 0,89 | 34 | 0,057 |
| 1,30 | 0,92 | 34 | 0,059 |
| 1,35 | 0,95 | 33 | 0,061 |
| 1,40 | 0,99 | 33 | 0,064 |
| 1,45 | 1,02 | 33 | 0,066 |
| 1,50 | 1,05 | 33 | 0,068 |
| 1,55 | 1,09 | 33 | 0,070 |
| 1,60 | 1,12 | 33 | 0,072 |
| 1,65 | 1,15 | 33 | 0,074 |
| 1,70 | 1,18 | 33 | 0,077 |
| 1,75 | 1,22 | 33 | 0,079 |
| 1,80 | 1,25 | 33 | 0,081 |

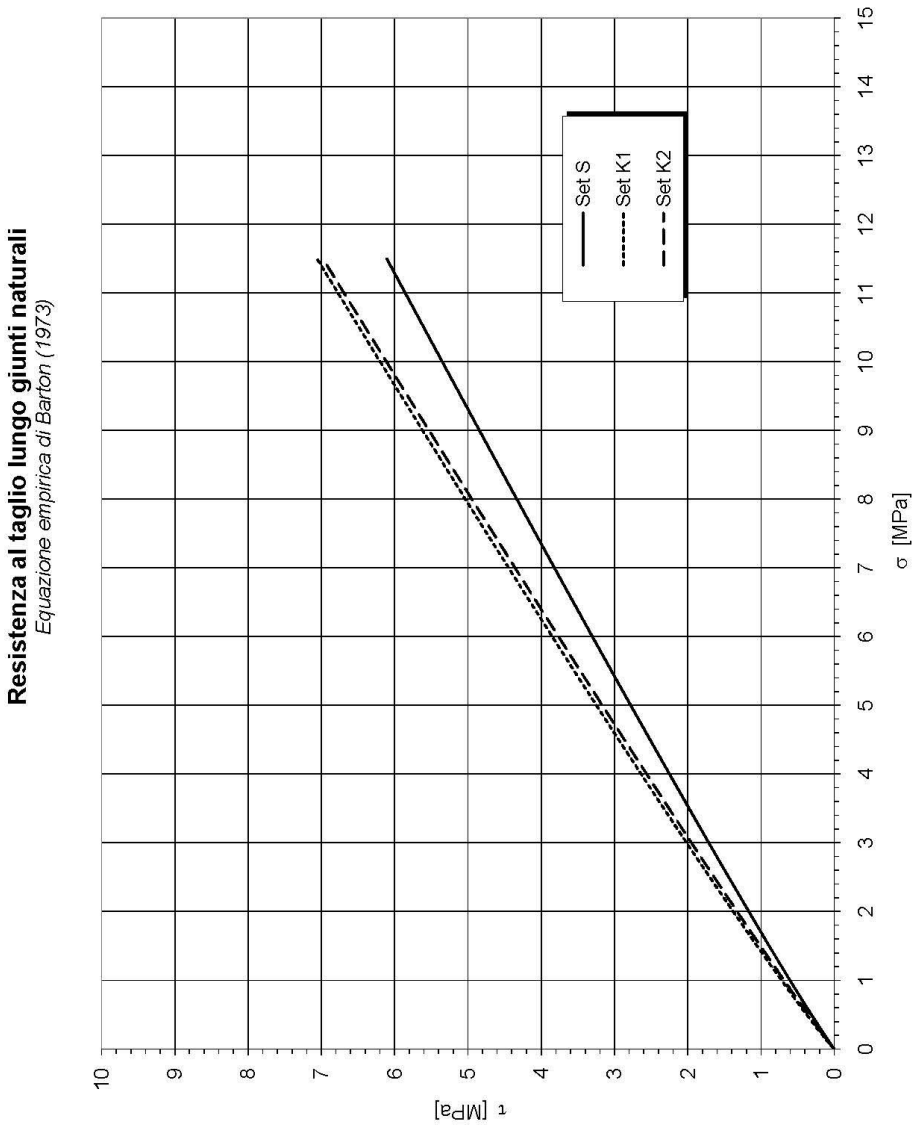
| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 1,85 | 1,28 | 33 | 0,083 |
| 1,90 | 1,31 | 33 | 0,085 |
| 1,95 | 1,35 | 33 | 0,087 |
| 2,00 | 1,38 | 33 | 0,089 |
| 2,10 | 1,44 | 33 | 0,094 |
| 2,20 | 1,51 | 33 | 0,098 |
| 2,30 | 1,57 | 33 | 0,102 |
| 2,40 | 1,64 | 32 | 0,107 |
| 2,50 | 1,70 | 32 | 0,111 |
| 2,60 | 1,76 | 32 | 0,115 |
| 2,70 | 1,83 | 32 | 0,119 |
| 2,80 | 1,89 | 32 | 0,124 |
| 2,90 | 1,95 | 32 | 0,128 |
| 3,00 | 2,01 | 32 | 0,132 |
| 3,20 | 2,14 | 32 | 0,140 |
| 3,40 | 2,26 | 32 | 0,149 |
| 3,60 | 2,39 | 32 | 0,157 |
| 3,80 | 2,51 | 32 | 0,166 |
| 4,00 | 2,64 | 32 | 0,174 |
| 4,20 | 2,76 | 32 | 0,182 |
| 4,40 | 2,88 | 31 | 0,191 |
| 4,60 | 3,00 | 31 | 0,199 |
| 4,80 | 3,12 | 31 | 0,207 |
| 5,00 | 3,25 | 31 | 0,215 |
| 5,50 | 3,55 | 31 | 0,236 |
| 6,00 | 3,85 | 31 | 0,257 |
| 6,50 | 4,15 | 31 | 0,277 |
| 7,00 | 4,44 | 31 | 0,298 |
| 7,50 | 4,74 | 31 | 0,318 |
| 8,00 | 5,03 | 30 | 0,339 |
| 8,50 | 5,33 | 30 | 0,359 |
| 9,00 | 5,62 | 30 | 0,379 |
| 9,50 | 5,91 | 30 | 0,399 |
| 10,00 | 6,20 | 30 | 0,420 |
| 10,50 | 6,49 | 30 | 0,440 |
| 11,00 | 6,77 | 30 | 0,460 |
| 11,50 | 7,06 | 30 | 0,480 |

**Caratteristiche del giunto**

| | | |
|---|---|---|
| **Set** | | K2 |
| **Descrizione** | | planare liscio |
| $\varphi_b$ | [°] | 30 |
| **JRC** | [-] | 3 |
| **JCS** | [MPa] | 30 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | | |
| 0,05 | 0,04 | 37 | 0,002 |
| 0,10 | 0,08 | 36 | 0,004 |
| 0,15 | 0,11 | 36 | 0,005 |
| 0,20 | 0,15 | 35 | 0,007 |
| 0,25 | 0,18 | 35 | 0,009 |
| 0,30 | 0,22 | 35 | 0,010 |
| 0,35 | 0,25 | 34 | 0,012 |
| 0,40 | 0,29 | 34 | 0,014 |
| 0,45 | 0,32 | 34 | 0,015 |
| 0,50 | 0,35 | 34 | 0,017 |
| 0,55 | 0,39 | 34 | 0,019 |
| 0,60 | 0,42 | 34 | 0,020 |
| 0,65 | 0,46 | 34 | 0,022 |
| 0,70 | 0,49 | 34 | 0,024 |
| 0,75 | 0,52 | 33 | 0,025 |
| 0,80 | 0,55 | 33 | 0,027 |
| 0,85 | 0,59 | 33 | 0,029 |
| 0,90 | 0,62 | 33 | 0,030 |
| 0,95 | 0,65 | 33 | 0,032 |
| 1,00 | 0,69 | 33 | 0,033 |
| 1,05 | 0,72 | 33 | 0,035 |
| 1,10 | 0,75 | 33 | 0,037 |
| 1,15 | 0,78 | 33 | 0,038 |
| 1,20 | 0,82 | 33 | 0,040 |
| 1,25 | 0,85 | 33 | 0,041 |
| 1,30 | 0,88 | 33 | 0,043 |
| 1,35 | 0,91 | 33 | 0,045 |
| 1,40 | 0,94 | 33 | 0,046 |
| 1,45 | 0,98 | 33 | 0,048 |
| 1,50 | 1,01 | 33 | 0,050 |
| 1,55 | 1,04 | 33 | 0,051 |
| 1,60 | 1,07 | 32 | 0,053 |
| 1,65 | 1,10 | 32 | 0,054 |
| 1,70 | 1,14 | 32 | 0,056 |
| 1,75 | 1,17 | 32 | 0,057 |
| 1,80 | 1,20 | 32 | 0,059 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 1,85 | 1,23 | 32 | 0,061 |
| 1,90 | 1,26 | 32 | 0,062 |
| 1,95 | 1,29 | 32 | 0,064 |
| 2,00 | 1,33 | 32 | 0,065 |
| 2,10 | 1,39 | 32 | 0,069 |
| 2,20 | 1,45 | 32 | 0,072 |
| 2,30 | 1,51 | 32 | 0,075 |
| 2,40 | 1,58 | 32 | 0,078 |
| 2,50 | 1,64 | 32 | 0,081 |
| 2,60 | 1,70 | 32 | 0,084 |
| 2,70 | 1,76 | 32 | 0,088 |
| 2,80 | 1,82 | 32 | 0,091 |
| 2,90 | 1,89 | 32 | 0,094 |
| 3,00 | 1,95 | 32 | 0,097 |
| 3,20 | 2,07 | 32 | 0,103 |
| 3,40 | 2,19 | 32 | 0,110 |
| 3,60 | 2,32 | 31 | 0,116 |
| 3,80 | 2,44 | 31 | 0,122 |
| 4,00 | 2,56 | 31 | 0,128 |
| 4,20 | 2,68 | 31 | 0,134 |
| 4,40 | 2,80 | 31 | 0,141 |
| 4,60 | 2,92 | 31 | 0,147 |
| 4,80 | 3,04 | 31 | 0,153 |
| 5,00 | 3,17 | 31 | 0,159 |
| 5,50 | 3,46 | 31 | 0,175 |
| 6,00 | 3,76 | 31 | 0,190 |
| 6,50 | 4,06 | 31 | 0,205 |
| 7,00 | 4,36 | 31 | 0,221 |
| 7,50 | 4,65 | 30 | 0,236 |
| 8,00 | 4,95 | 30 | 0,251 |
| 8,50 | 5,24 | 30 | 0,267 |
| 9,00 | 5,53 | 30 | 0,282 |
| 9,50 | 5,82 | 30 | 0,297 |
| 10,00 | 6,11 | 30 | 0,312 |
| 10,50 | 6,40 | 30 | 0,328 |
| 11,00 | 6,69 | 30 | 0,343 |
| 11,50 | 6,98 | 30 | 0,358 |


Resistenza al taglio lungo giunti naturali
Equazione empirica di Barton (1973)
Set S
Set K1
Set K2
σ [MPa]
τ [MPa]
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

***DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA AL TAGLIO LUNGO GIUNTI NATURALI***
***Equazione empirica di Barton (1973)***

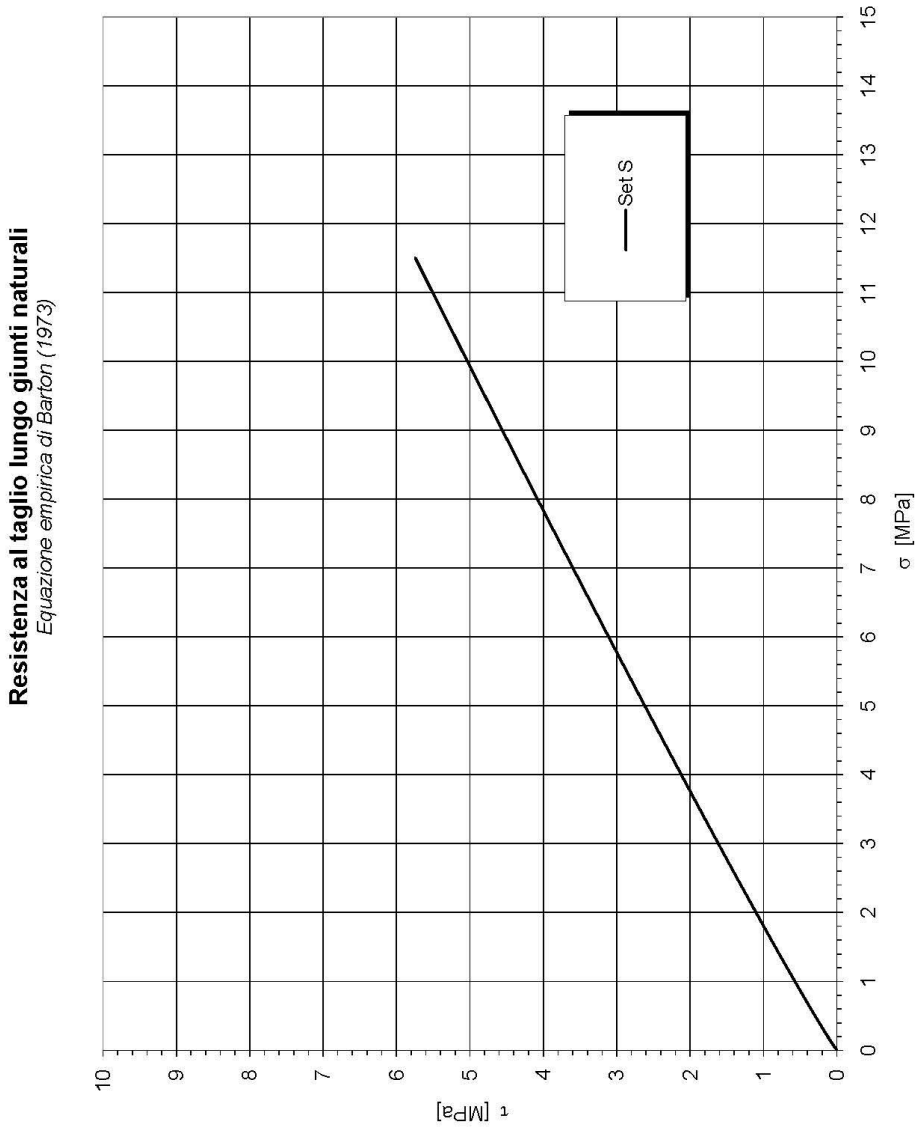
| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia variante di Imperia |
| **Località** | Strada per Gilagorio |
| **Data** | 26/07/10 |
| **Area di rilievo geomeccanico** | RG10 |

**Caratteristiche del giunto**

| | | |
|---|---|---|
| **Set** | | S |
| **Descrizione** | | planare liscio |
| $\varphi_b$ | [°] | 27 |
| **JRC** | [-] | 3 |
| **JCS** | [MPa] | 8 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | | |
| 0,05 | 0,03 | 32 | 0,002 |
| 0,10 | 0,06 | 31 | 0,003 |
| 0,15 | 0,09 | 31 | 0,005 |
| 0,20 | 0,12 | 30 | 0,006 |
| 0,25 | 0,15 | 30 | 0,008 |
| 0,30 | 0,18 | 30 | 0,009 |
| 0,35 | 0,21 | 30 | 0,011 |
| 0,40 | 0,24 | 30 | 0,012 |
| 0,45 | 0,27 | 29 | 0,014 |
| 0,50 | 0,30 | 29 | 0,015 |
| 0,55 | 0,32 | 29 | 0,017 |
| 0,60 | 0,35 | 29 | 0,018 |
| 0,65 | 0,38 | 29 | 0,020 |
| 0,70 | 0,41 | 29 | 0,021 |
| 0,75 | 0,43 | 29 | 0,023 |
| 0,80 | 0,46 | 29 | 0,024 |
| 0,85 | 0,49 | 29 | 0,026 |
| 0,90 | 0,52 | 29 | 0,027 |
| 0,95 | 0,54 | 28 | 0,029 |
| 1,00 | 0,57 | 28 | 0,030 |
| 1,05 | 0,60 | 28 | 0,032 |
| 1,10 | 0,62 | 28 | 0,033 |
| 1,15 | 0,65 | 28 | 0,035 |
| 1,20 | 0,68 | 28 | 0,036 |
| 1,25 | 0,70 | 28 | 0,037 |
| 1,30 | 0,73 | 28 | 0,039 |
| 1,35 | 0,76 | 28 | 0,040 |
| 1,40 | 0,78 | 28 | 0,042 |
| 1,45 | 0,81 | 28 | 0,043 |
| 1,50 | 0,84 | 28 | 0,045 |
| 1,55 | 0,86 | 28 | 0,046 |
| 1,60 | 0,89 | 28 | 0,048 |
| 1,65 | 0,92 | 28 | 0,049 |
| 1,70 | 0,94 | 28 | 0,051 |
| 1,75 | 0,97 | 28 | 0,052 |
| 1,80 | 1,00 | 28 | 0,053 |

| $\sigma$ [MPa] | $\tau$ [MPa] | $\phi_i$ [°] | $c_i$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| 1,85 | 1,02 | 28 | 0,055 |
| 1,90 | 1,05 | 28 | 0,056 |
| 1,95 | 1,07 | 28 | 0,058 |
| 2,00 | 1,10 | 27 | 0,059 |
| 2,10 | 1,15 | 27 | 0,062 |
| 2,20 | 1,20 | 27 | 0,065 |
| 2,30 | 1,26 | 27 | 0,068 |
| 2,40 | 1,31 | 27 | 0,071 |
| 2,50 | 1,36 | 27 | 0,074 |
| 2,60 | 1,41 | 27 | 0,077 |
| 2,70 | 1,46 | 27 | 0,079 |
| 2,80 | 1,51 | 27 | 0,082 |
| 2,90 | 1,56 | 27 | 0,085 |
| 3,00 | 1,61 | 27 | 0,088 |
| 3,20 | 1,72 | 27 | 0,094 |
| 3,40 | 1,82 | 27 | 0,099 |
| 3,60 | 1,92 | 27 | 0,105 |
| 3,80 | 2,02 | 27 | 0,111 |
| 4,00 | 2,12 | 27 | 0,116 |
| 4,20 | 2,22 | 27 | 0,122 |
| 4,40 | 2,32 | 26 | 0,128 |
| 4,60 | 2,42 | 26 | 0,133 |
| 4,80 | 2,52 | 26 | 0,139 |
| 5,00 | 2,62 | 26 | 0,145 |
| 5,50 | 2,86 | 26 | 0,159 |
| 6,00 | 3,11 | 26 | 0,173 |
| 6,50 | 3,35 | 26 | 0,187 |
| 7,00 | 3,59 | 26 | 0,201 |
| 7,50 | 3,84 | 26 | 0,215 |
| 8,00 | 4,08 | 26 | 0,229 |
| 8,50 | 4,32 | 26 | 0,243 |
| 9,00 | 4,56 | 26 | 0,257 |
| 9,50 | 4,79 | 25 | 0,271 |
| 10,00 | 5,03 | 25 | 0,285 |
| 10,50 | 5,27 | 25 | 0,299 |
| 11,00 | 5,50 | 25 | 0,313 |
| 11,50 | 5,74 | 25 | 0,327 |

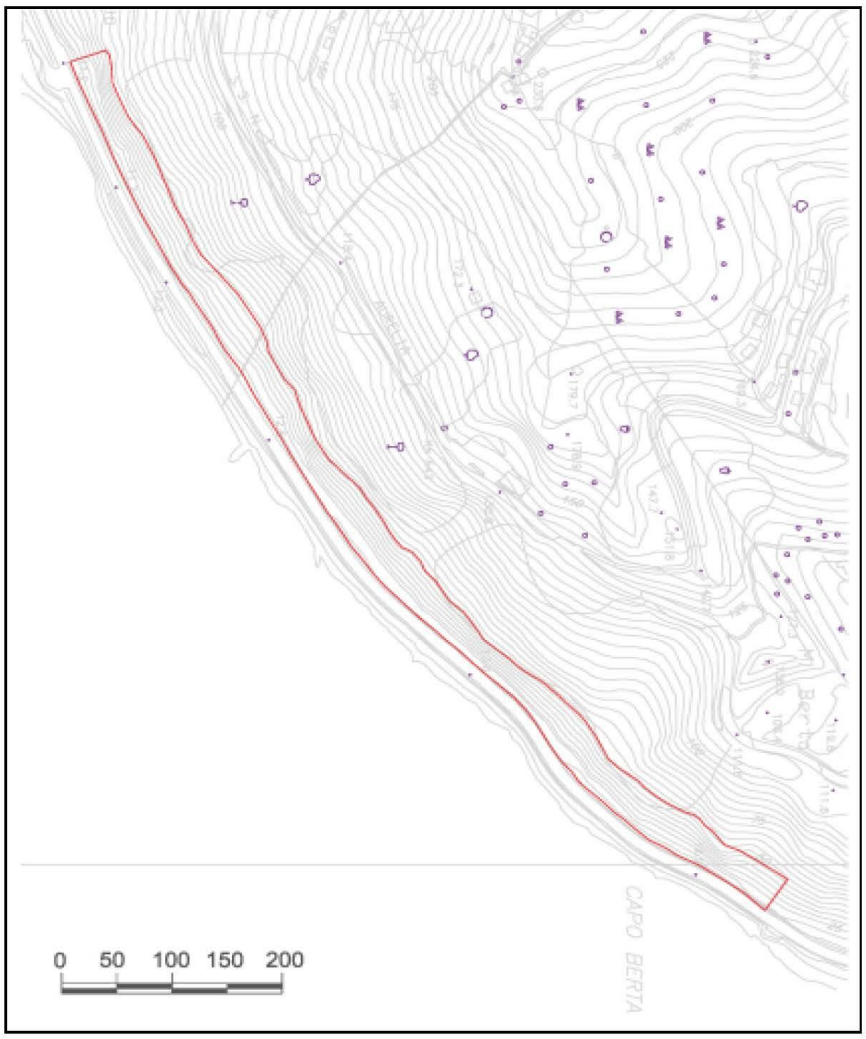

Resistenza al taglio lungo giunti naturali
Equazione empirica di Barton (1973)
Set S
σ [MPa]
τ [MPa]
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

## 9.6 Allegato 6 – Rilievo stratimetrico – Risultati

*RILIEVO GEOMECCANICO*
*Ubicazione area di rilievo*

| | |
|---|---|
| *Committente* | *Anas S.p.A.* |
| *Commessa* | *SS 1 Aurelia variante di Imperia* |
| *Località* | *Diano Marina - Strada costiera per Oneglia* |
| *Coordinate* | *Gauss-Boaga X: Y: Quota: 10* |
| *Data* | *23/04/2010* |
| *Area di rilievo geomeccanico* | *RS1* |

*Stralcio planimetrico*




*Scala 1:5.000*

RTI di progettazione:
Mandataria
Mandanti

## RILIEVO STRATIMETRICO
**Scheda di sintesi**

| | |
|---|---|
| **Committente** | Anas S.p.A. |
| **Commessa** | SS 1 Aurelia variante di Imperia |
| **Località** | Diano Marina - Strada costiera per Oneglia |
| **Coordinate** | Gauss-Boaga X: Y: Quota: 10 |
| **Data** | 23/0410 |
| **Area di rilievo stratimetrico** | RS1 |



**Sintesi dei dati**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Sviluppo stratimetrico complesssivo | [m] | 448,04 | | |
| Sviluppo stratimetrico esposto | [m] | 198,04 | | |
| Litologie prevalenti | | Copertura | Arenarie | Siltiti |
| Sviluppo complessivo | [m] | 250,00 | 127,63 | 70,41 |
| Percentuale relativa | [%] | | 64,45% | 35,55% |
| Rapporto stratimetrico Arenarie/Siltiti | [-] | | medio | 1,81 |
| | [-] | | minimo | 0,46 |
| | [-] | | massimo | 11,97 |

| Spessore strati | | Arenarie | Siltiti |
|---|---|---|---|
| [cm] | medio | 70,13 | 39,12 |
| [cm] | minimo | 1,00 | 1,00 |
| [cm] | massimo | 500,00 | 450,00 |

Geological Strength Index

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Struttura in ammassi complessi | A | B | C | D | E | F | G | H |
| | | | | | | | | |
| Struttura in ammassi omogenei | I | B | VB | B/D/S | D | L/S | | |
| | | | | | | | | |
| Condizioni delle discontinuità | VG | G | F | P | VP | | | |
| | | | | | | | GSI | 30÷40 |

**Litologia e descrizione geologica generale**

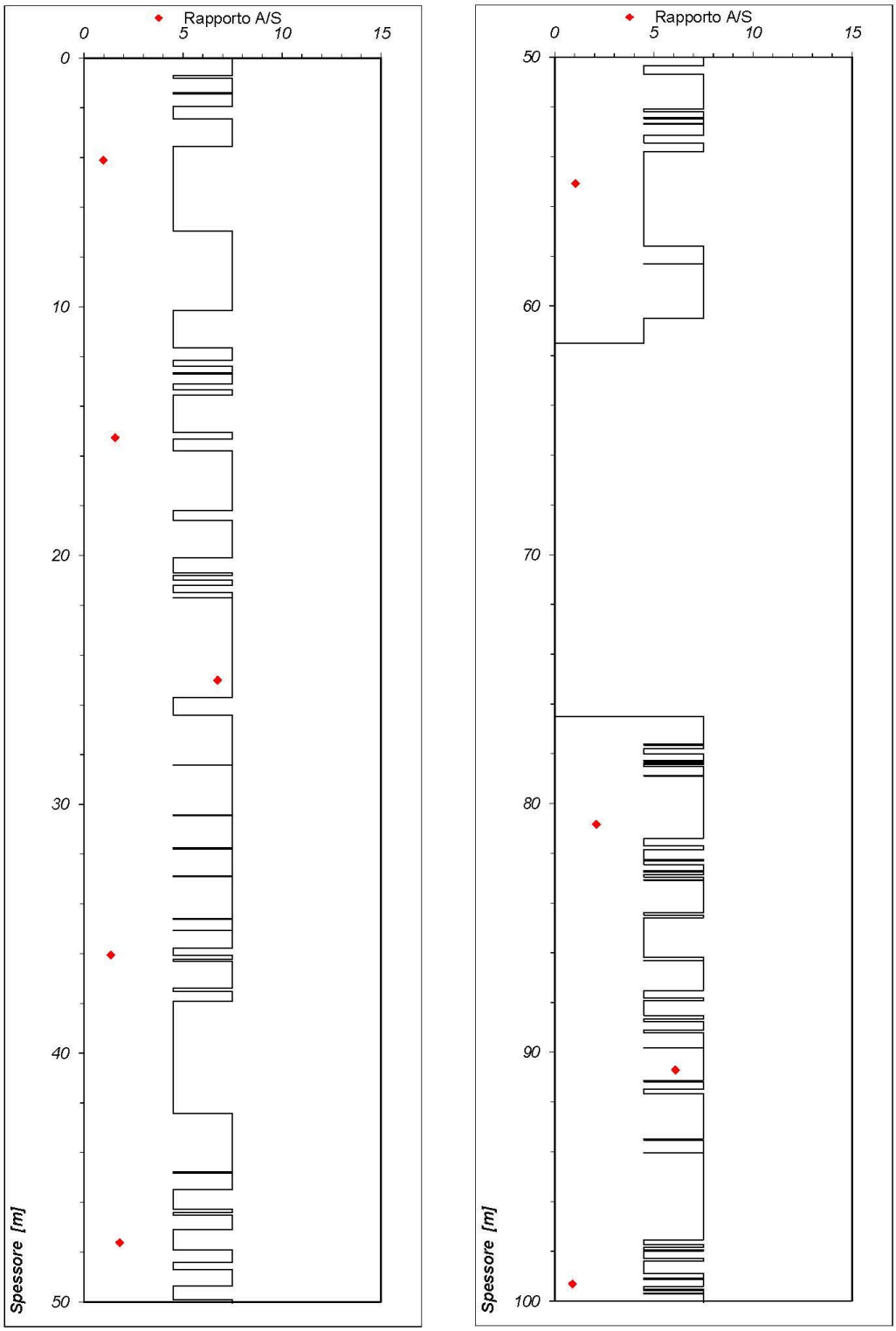
*Alternanze di arenarie da medio-fini a fini, gradate e con laminazioni da piano-parallele a convolute, talora con base erosionale, in strati da centimetrici a emetrici e banchi metrici, marne da debolmente siltose a siltose in banchi metrici e siltiti da debolmente marnose a marnose in livelli da centimetrici a plurimetrici. Alla base degli strati arenacei si osservano talora impronte da corrente e livelli risedimentati. Nell'ambito della serie esaminata il rapporto stratimetrico tra i livelli arenacei ed i livelli pelitici, valutato su intervalli di lunghezza pari a 10 m, è generalmente compreso tra 0,8 e 2,5, con locali incrementi fino ad oltre 10 e decrementi fino a 0,5.*

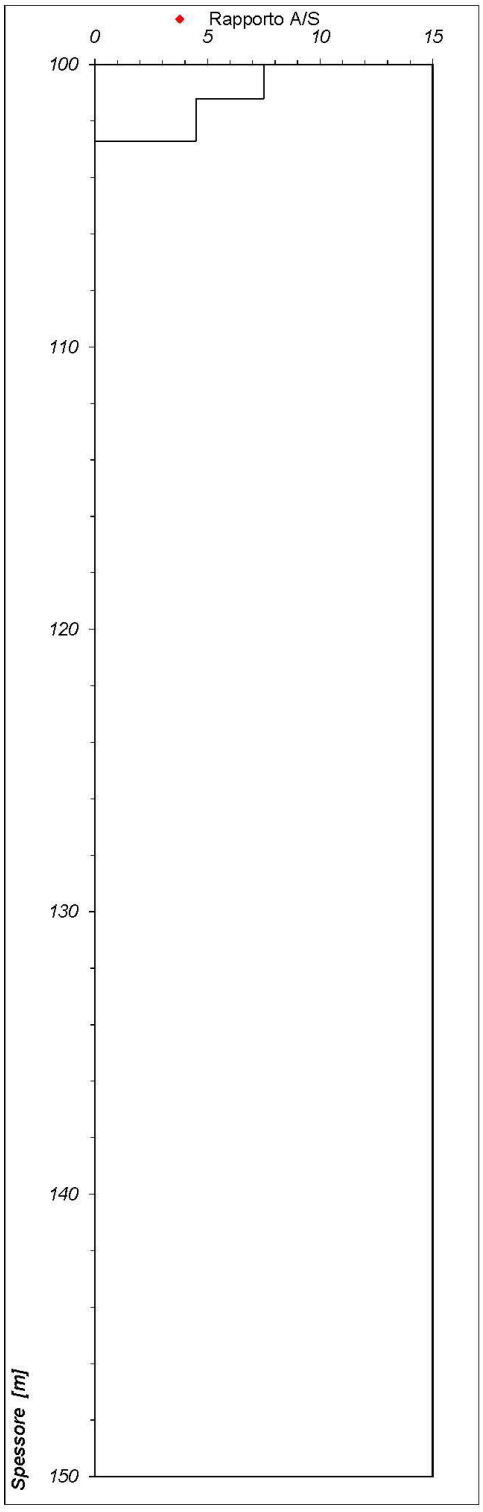
| Rilievo stratimetrico di dettaglio | RS1 | pag. 1/2 |
|---|---|---|

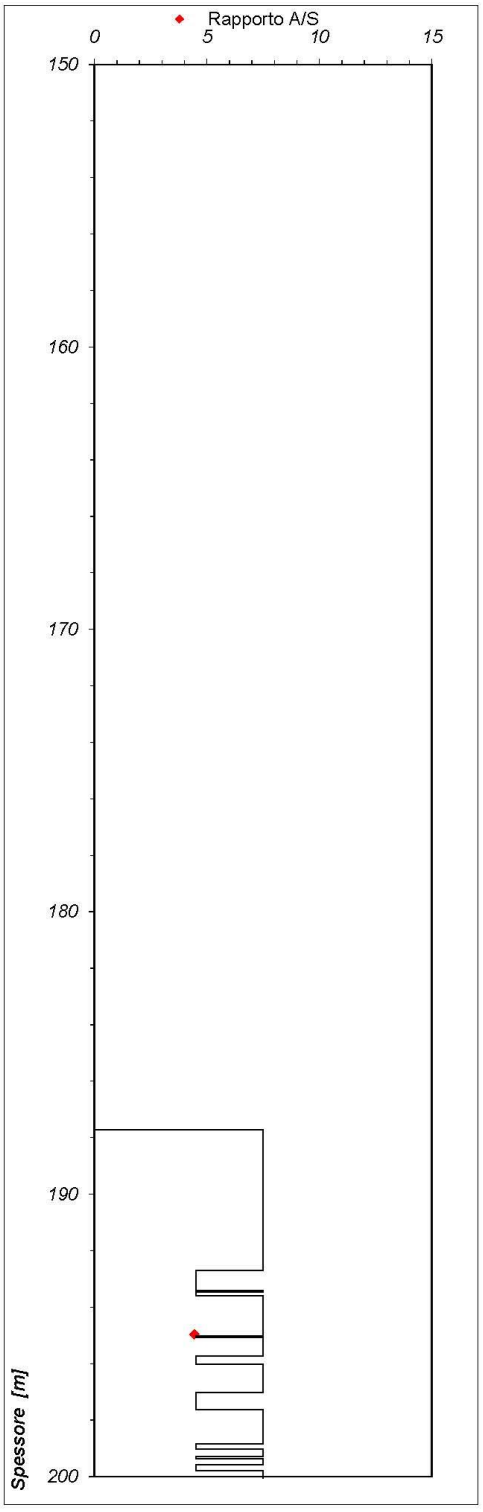
| Distanza | | litologia | Distanza | | litologia | Distanza | | litologia | Distanza | | litologia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Parziale | Progressiva | | Parziale | Progressiva | | Parziale | Progressiva | | Parziale | Progressiva | |
| 70 | 70 | Arenaria | 13 | 4640 | Arenaria | 1 | 8632 | Siltite | 10 | 20148 | Arenaria |
| 10 | 80 | Siltite | 10 | 4650 | Siltite | 120 | 8752 | Arenaria | 15 | 20163 | Siltite |
| 60 | 140 | Arenaria | 60 | 4710 | Arenaria | 30 | 8782 | Siltite | 200 | 20363 | Arenaria |
| 5 | 145 | Siltite | 80 | 4790 | Siltite | 10 | 8792 | Arenaria | 28 | 20391 | Siltite |
| 50 | 195 | Arenaria | 50 | 4840 | Arenaria | 60 | 8852 | Siltite | 75 | 20466 | Arenaria |
| 50 | 245 | Siltite | 30 | 4870 | Siltite | 15 | 8867 | Arenaria | 5 | 20471 | Siltite |
| 110 | 355 | Arenaria | 65 | 4935 | Arenaria | 10 | 8877 | Siltite | 100 | 20571 | Arenaria |
| 340 | 695 | Siltite | 55 | 4990 | Siltite | 35 | 8912 | Arenaria | 40 | 20611 | Siltite |
| 320 | 1015 | Arenaria | 45 | 5035 | Arenaria | 10 | 8922 | Siltite | 30 | 20641 | Arenaria |
| 150 | 1165 | Siltite | 35 | 5070 | Siltite | 60 | 8982 | Arenaria | 7 | 20648 | Siltite |
| 50 | 1215 | Arenaria | 140 | 5210 | Arenaria | 1 | 8983 | Siltite | 90 | 20738 | Arenaria |
| 25 | 1240 | Siltite | 10 | 5220 | Siltite | 130 | 9113 | Arenaria | 80 | 20818 | Siltite |
| 26 | 1266 | Arenaria | 23 | 5243 | Arenaria | 5 | 9118 | Siltite | 445 | 21263 | Arenaria |
| 4 | 1270 | Siltite | 4 | 5247 | Siltite | 30 | 9148 | Arenaria | 35 | 21298 | Siltite |
| 40 | 1310 | Arenaria | 20 | 5267 | Arenaria | 20 | 9168 | Siltite | 30 | 21328 | Arenaria |
| 24 | 1334 | Siltite | 3 | 5270 | Siltite | 180 | 9348 | Arenaria | 1 | 21329 | Siltite |
| 22 | 1356 | Arenaria | 45 | 5315 | Arenaria | 5 | 9353 | Siltite | 6 | 21335 | Arenaria |
| 150 | 1506 | Siltite | 30 | 5345 | Siltite | 50 | 9403 | Arenaria | 1 | 21336 | Siltite |
| 25 | 1531 | Arenaria | 35 | 5380 | Arenaria | 1 | 9404 | Siltite | 30 | 21366 | Arenaria |
| 48 | 1579 | Siltite | 380 | 5760 | Siltite | 350 | 9754 | Arenaria | 50 | 21416 | Siltite |
| 240 | 1819 | Arenaria | 70 | 5830 | Arenaria | 20 | 9774 | Siltite | 43 | 21459 | Arenaria |
| 40 | 1859 | Siltite | 1 | 5831 | Siltite | 10 | 9784 | Arenaria | 10 | 21469 | Siltite |
| 150 | 2009 | Arenaria | 220 | 6051 | Arenaria | 10 | 9794 | Siltite | 10 | 21479 | Arenaria |
| 60 | 2069 | Siltite | 100 | 6151 | Siltite | 5 | 9799 | Arenaria | 50 | 21529 | Siltite |
| 10 | 2079 | Arenaria | 1500 | 7651 | Copertura | 30 | 9829 | Siltite | 10 | 21539 | Arenaria |
| 20 | 2099 | Siltite | 110 | 7761 | Arenaria | 10 | 9839 | Arenaria | 30 | 21569 | Siltite |
| 20 | 2119 | Arenaria | 5 | 7766 | Siltite | 50 | 9889 | Siltite | 2 | 21571 | Arenaria |
| 30 | 2149 | Siltite | 15 | 7781 | Arenaria | 20 | 9909 | Arenaria | 40 | 21611 | Siltite |
| 20 | 2169 | Arenaria | 20 | 7801 | Siltite | 5 | 9914 | Siltite | 10 | 21621 | Arenaria |
| 2 | 2171 | Siltite | 27 | 7828 | Arenaria | 27 | 9941 | Arenaria | 80 | 21701 | Siltite |
| 400 | 2571 | Arenaria | 4 | 7832 | Siltite | 12 | 9953 | Siltite | 280 | 21981 | Arenaria |
| 70 | 2641 | Siltite | 5 | 7837 | Arenaria | 2 | 9955 | Arenaria | 100 | 22081 | Siltite |
| 200 | 2841 | Arenaria | 1 | 7838 | Siltite | 4 | 9959 | Siltite | 30 | 22111 | Arenaria |
| 2 | 2843 | Siltite | 2 | 7840 | Arenaria | 10 | 9969 | Arenaria | 30 | 22141 | Siltite |
| 200 | 3043 | Arenaria | 2 | 7842 | Siltite | 2 | 9971 | Siltite | 10 | 22151 | Arenaria |
| 2 | 3045 | Siltite | 1 | 7843 | Arenaria | 150 | 10121 | Arenaria | 15 | 22166 | Siltite |
| 130 | 3175 | Arenaria | 8 | 7851 | Siltite | 150 | 10271 | Siltite | 20 | 22186 | Arenaria |
| 4 | 3179 | Siltite | 38 | 7889 | Arenaria | 8500 | 18771 | Copertura | 4 | 22190 | Siltite |
| 110 | 3289 | Arenaria | 1 | 7890 | Siltite | 500 | 19271 | Arenaria | 8 | 22198 | Arenaria |
| 1 | 3290 | Siltite | 250 | 8140 | Arenaria | 70 | 19341 | Siltite | 150 | 22348 | Siltite |
| 170 | 3460 | Arenaria | 30 | 8170 | Siltite | 5 | 19346 | Arenaria | 80 | 22428 | Arenaria |
| 1 | 3461 | Siltite | 16 | 8186 | Arenaria | 15 | 19361 | Siltite | 1 | 22429 | Siltite |
| 45 | 3506 | Arenaria | 40 | 8226 | Siltite | 140 | 19501 | Arenaria | 120 | 22549 | Arenaria |
| 1 | 3507 | Siltite | 5 | 8231 | Arenaria | 7 | 19508 | Siltite | 1 | 22550 | Siltite |
| 70 | 3577 | Arenaria | 15 | 8246 | Siltite | 65 | 19573 | Arenaria | 410 | 22960 | Arenaria |
| 30 | 3607 | Siltite | 25 | 8271 | Arenaria | 30 | 19603 | Siltite | 15 | 22975 | Siltite |
| 15 | 3622 | Arenaria | 5 | 8276 | Siltite | 100 | 19703 | Arenaria | 7 | 22982 | Arenaria |
| 8 | 3630 | Siltite | 10 | 8286 | Arenaria | 60 | 19763 | Siltite | 15 | 22997 | Siltite |
| 110 | 3740 | Arenaria | 10 | 8296 | Siltite | 120 | 19883 | Arenaria | 5 | 23002 | Arenaria |
| 12 | 3752 | Siltite | 12 | 8308 | Arenaria | 20 | 19903 | Siltite | 70 | 23072 | Siltite |
| 40 | 3792 | Arenaria | 1 | 8309 | Siltite | 25 | 19928 | Arenaria | 50 | 23122 | Arenaria |
| 450 | 4242 | Siltite | 130 | 8439 | Arenaria | 10 | 19938 | Siltite | 3 | 23125 | Siltite |
| 235 | 4477 | Arenaria | 10 | 8449 | Siltite | 20 | 19958 | Arenaria | 35 | 23160 | Arenaria |
| 5 | 4482 | Siltite | 10 | 8459 | Arenaria | 20 | 19978 | Siltite | 85 | 23245 | Siltite |
| 65 | 4547 | Arenaria | 160 | 8619 | Siltite | 80 | 20058 | Arenaria | 40 | 23285 | Arenaria |
| 80 | 4627 | Siltite | 12 | 8631 | Arenaria | 80 | 20138 | Siltite | 20 | 23305 | Siltite |

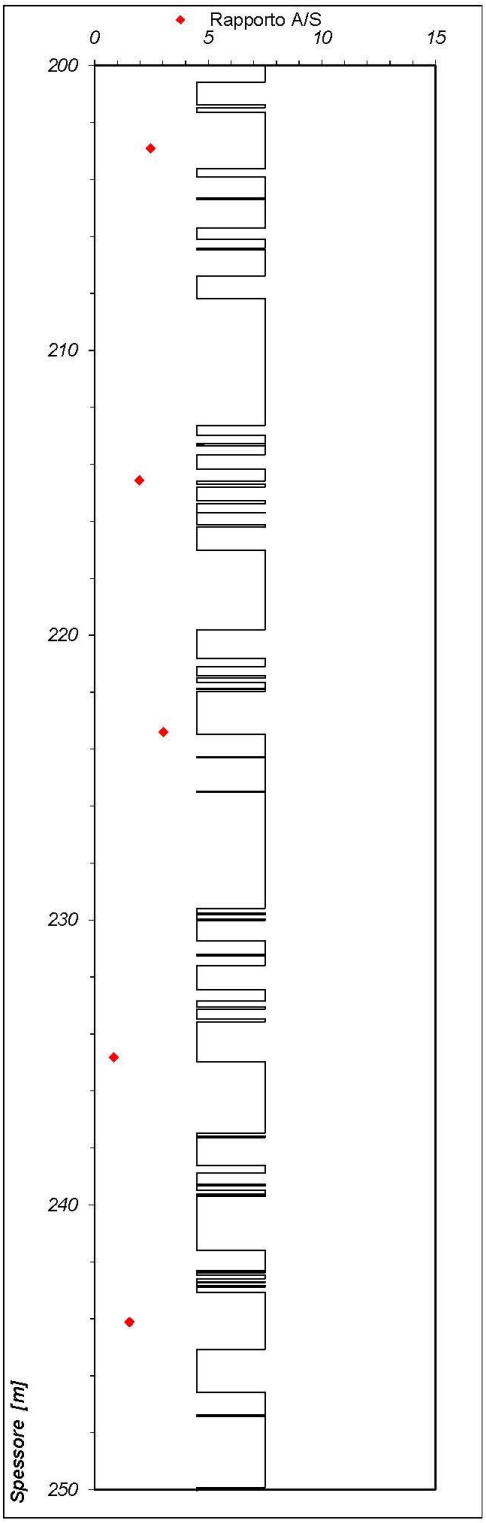
| Rilievo stratimetrico di dettaglio | RS1 | pag. 2/2 |
|---|---|---|

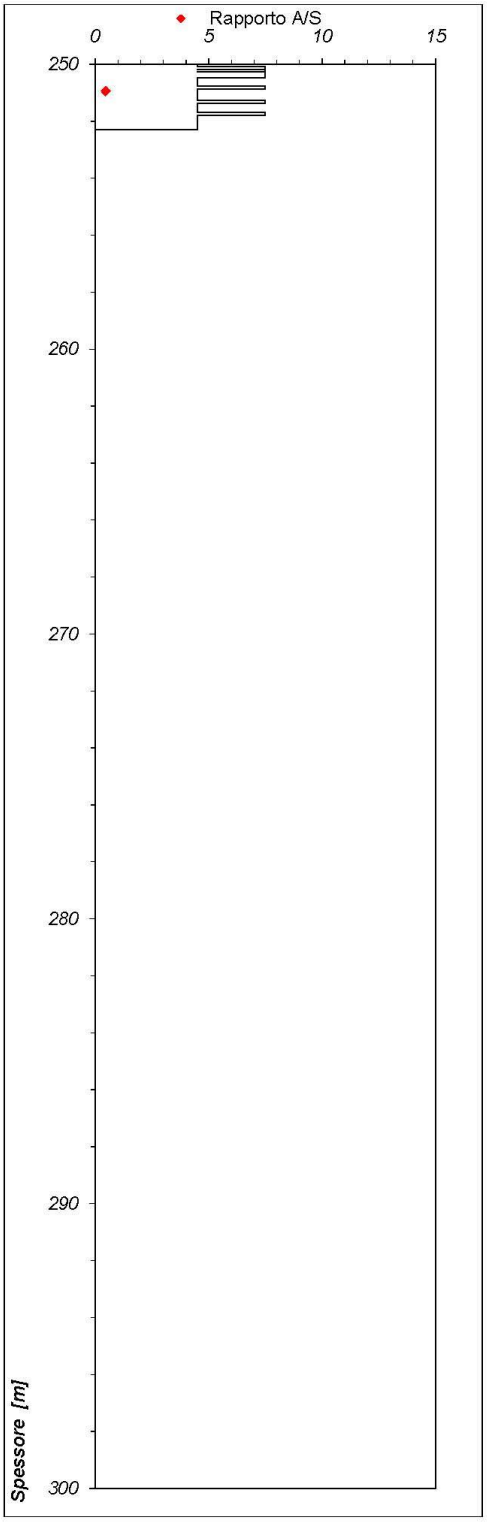
| Distanza | | litologia | Distanza | | litologia | Distanza | | litologia | Distanza | | litologia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Parziale | Progressiva | | Parziale | Progressiva | | Parziale | Progressiva | | Parziale | Progressiva | |
| 8 | 23313 | Arenaria | 20 | 31076 | Siltite | 1 | 43097 | Siltite | | | |
| 35 | 23348 | Siltite | 8 | 31084 | Arenaria | 20 | 43117 | Arenaria | | | |
| 10 | 23358 | Arenaria | 70 | 31154 | Siltite | 7 | 43124 | Siltite | | | |
| 140 | 23498 | Siltite | 80 | 31234 | Arenaria | 18 | 43142 | Arenaria | | | |
| 250 | 23748 | Arenaria | 1 | 31235 | Siltite | 30 | 43172 | Siltite | | | |
| 10 | 23758 | Siltite | 20 | 31255 | Arenaria | 38 | 43210 | Arenaria | | | |
| 5 | 23763 | Arenaria | 1 | 31256 | Siltite | 1 | 43211 | Siltite | | | |
| 100 | 23863 | Siltite | 85 | 31341 | Arenaria | 140 | 43351 | Arenaria | | | |
| 26 | 23889 | Arenaria | 1 | 31342 | Siltite | 30 | 43381 | Siltite | | | |
| 40 | 23929 | Siltite | 200 | 31542 | Arenaria | 12 | 43393 | Arenaria | | | |
| 5 | 23934 | Arenaria | 30 | 31572 | Siltite | 8 | 43401 | Siltite | | | |
| 15 | 23949 | Siltite | 75 | 31647 | Arenaria | 7 | 43408 | Arenaria | | | |
| 12 | 23961 | Arenaria | 1 | 31648 | Siltite | 170 | 43578 | Siltite | | | |
| 5 | 23966 | Siltite | 27 | 31675 | Arenaria | 20 | 43598 | Arenaria | | | |
| 5 | 23971 | Arenaria | 1 | 31676 | Siltite | 18 | 43616 | Siltite | | | |
| 190 | 24161 | Siltite | 200 | 31876 | Arenaria | 250 | 43866 | Arenaria | | | |
| 70 | 24231 | Arenaria | 10000 | 41876 | Copertura | 40 | 43906 | Siltite | | | |
| 2 | 24233 | Siltite | 7 | 41883 | Arenaria | 10 | 43916 | Arenaria | | | |
| 5 | 24238 | Arenaria | 40 | 41923 | Siltite | 8 | 43924 | Siltite | | | |
| 10 | 24248 | Siltite | 8 | 41931 | Arenaria | 9 | 43933 | Arenaria | | | |
| 12 | 24260 | Arenaria | 90 | 42021 | Siltite | 10 | 43943 | Siltite | | | |
| 10 | 24270 | Siltite | 6 | 42027 | Arenaria | 38 | 43981 | Arenaria | | | |
| 3 | 24273 | Arenaria | 1 | 42028 | Siltite | 35 | 44016 | Siltite | | | |
| 10 | 24283 | Siltite | 13 | 42041 | Arenaria | 40 | 44056 | Arenaria | | | |
| 5 | 24288 | Arenaria | 15 | 42056 | Siltite | 85 | 44141 | Siltite | | | |
| 20 | 24308 | Siltite | 7 | 42063 | Arenaria | 55 | 44196 | Arenaria | | | |
| 200 | 24508 | Arenaria | 17 | 42080 | Siltite | 8 | 44204 | Siltite | | | |
| 150 | 24658 | Siltite | 14 | 42094 | Arenaria | 90 | 44294 | Arenaria | | | |
| 80 | 24738 | Arenaria | 110 | 42204 | Siltite | 160 | 44454 | Siltite | | | |
| 5 | 24743 | Siltite | 5 | 42209 | Arenaria | 350 | 44804 | Arenaria | | | |
| 250 | 24993 | Arenaria | 5 | 42214 | Siltite | | | | | | |
| 15 | 25008 | Siltite | 3 | 42217 | Arenaria | | | | | | |
| 10 | 25018 | Arenaria | 1 | 42218 | Siltite | | | | | | |
| 1 | 25019 | Siltite | 3 | 42221 | Arenaria | | | | | | |
| 6 | 25025 | Arenaria | 50 | 42271 | Siltite | | | | | | |
| 1 | 25026 | Siltite | 16 | 42287 | Arenaria | | | | | | |
| 20 | 25046 | Arenaria | 10 | 42297 | Siltite | | | | | | |
| 30 | 25076 | Siltite | 170 | 42467 | Arenaria | | | | | | |
| 10 | 25086 | Arenaria | 15 | 42482 | Siltite | | | | | | |
| 40 | 25126 | Siltite | 36 | 42518 | Arenaria | | | | | | |
| 12 | 25138 | Arenaria | 8 | 42526 | Siltite | | | | | | |
| 30 | 25168 | Siltite | 25 | 42551 | Arenaria | | | | | | |
| 12 | 25180 | Arenaria | 1 | 42552 | Siltite | | | | | | |
| 50 | 25230 | Siltite | 60 | 42612 | Arenaria | | | | | | |
| 5000 | 30230 | Copertura | 30 | 42642 | Siltite | | | | | | |
| 40 | 30270 | Arenaria | 3 | 42645 | Arenaria | | | | | | |
| 60 | 30330 | Siltite | 1 | 42646 | Siltite | | | | | | |
| 60 | 30390 | Arenaria | 2 | 42648 | Arenaria | | | | | | |
| 1 | 30391 | Siltite | 230 | 42878 | Siltite | | | | | | |
| 320 | 30711 | Arenaria | 20 | 42898 | Arenaria | | | | | | |
| 180 | 30891 | Siltite | 2 | 42900 | Siltite | | | | | | |
| 10 | 30901 | Arenaria | 20 | 42920 | Arenaria | | | | | | |
| 25 | 30926 | Siltite | 100 | 43020 | Siltite | | | | | | |
| 100 | 31026 | Arenaria | 60 | 43080 | Arenaria | | | | | | |
| 3 | 31029 | Siltite | 8 | 43088 | Siltite | | | | | | |
| 27 | 31056 | Arenaria | 8 | 43096 | Arenaria | | | | | | |

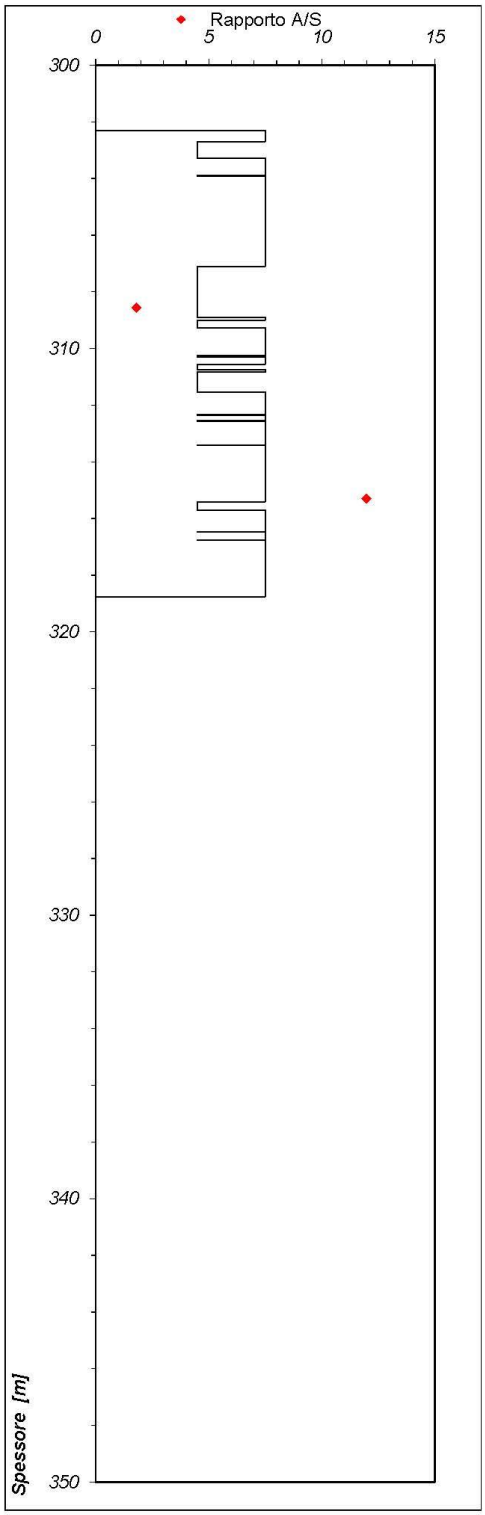

Rapporto A/S
0
5
10
15
0
10
20
30
40
50
Spessore [m]
Rapporto A/S
0
5
10
15
50
60
70
80
90
100
Spessore [m]

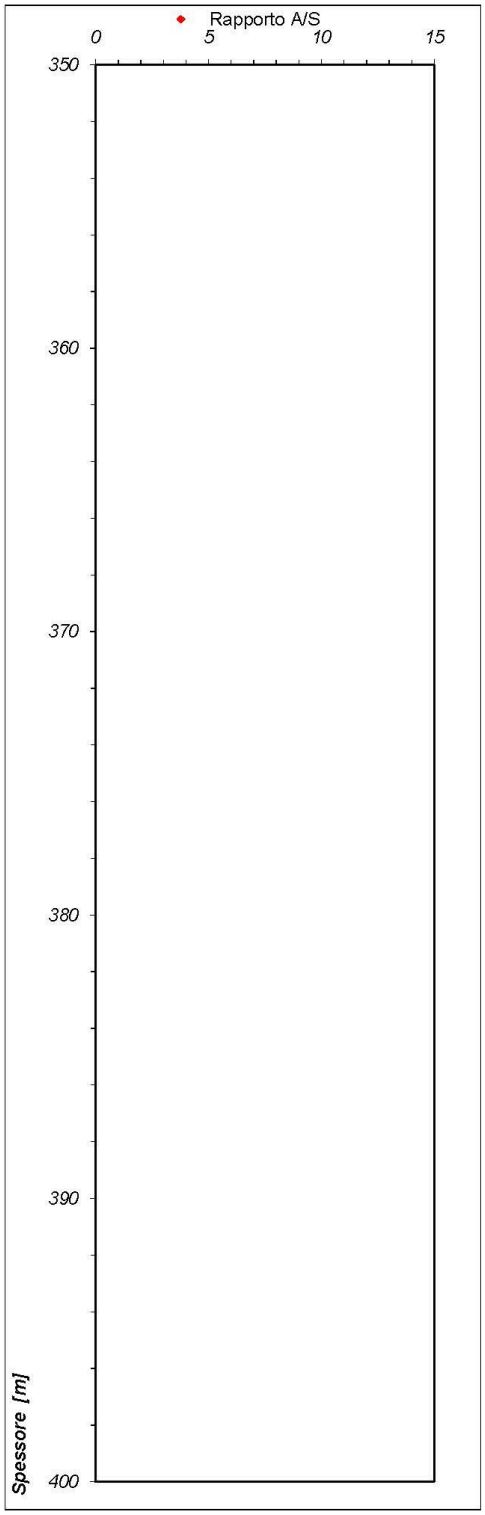

Rapporto A/S
0
5
10
15
100
110
120
130
140
150
Spessore [m]

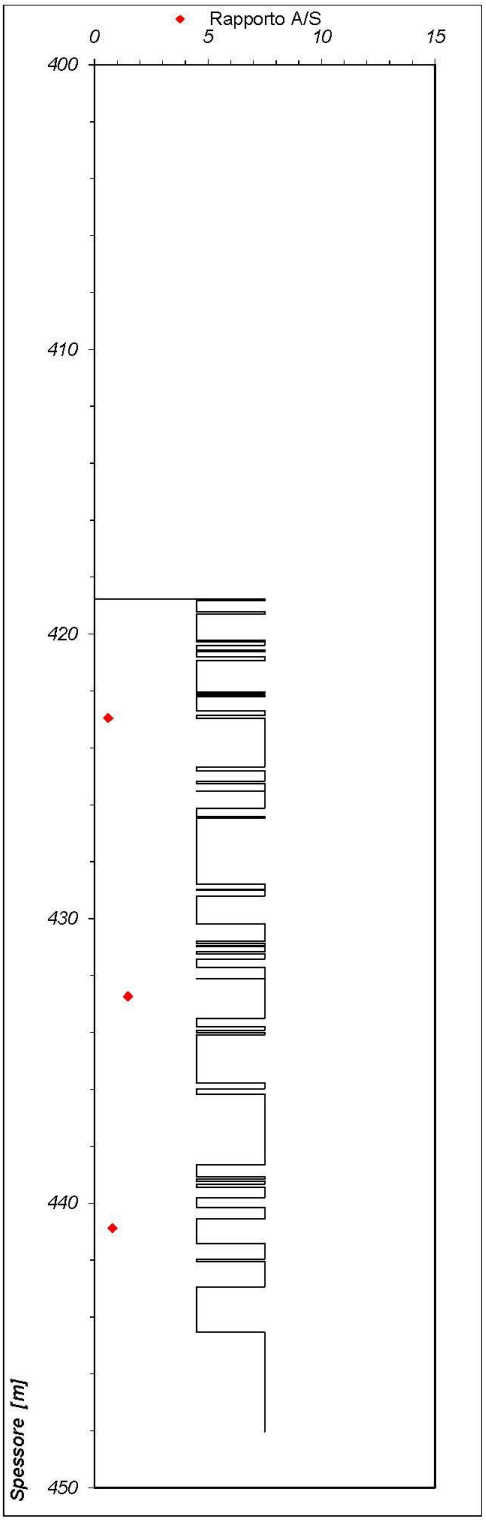

Rapporto A/S
0
5
10
15
150
160
170
180
190
200
Spessore [m]

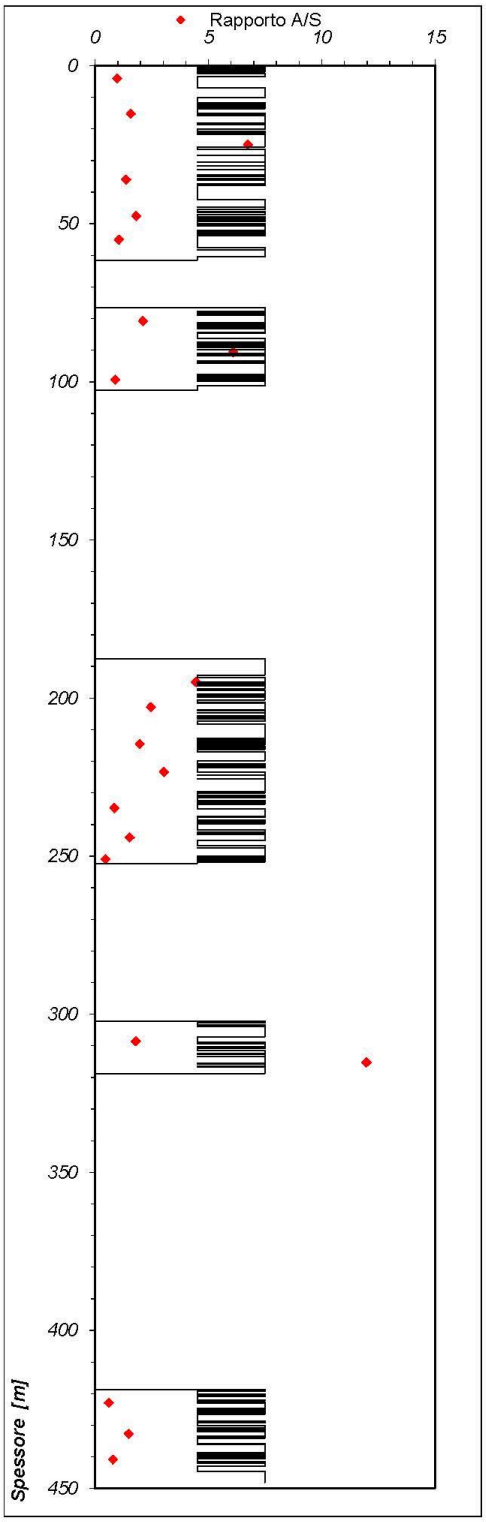

Rapporto A/S
0
5
10
15
200
210
220
230
240
250
Spessore [m]


Rapporto A/S
0
5
10
15
250
260
270
280
290
300
Spessore [m]


Rapporto A/S
0
5
10
15
300
310
320
330
340
350
Spessore [m]


Rapporto A/S
0
5
10
15
350
360
370
380
390
400
Spessore [m]


Rapporto A/S
0
5
10
15
400
410
420
430
440
450
Spessore [m]


Rapporto A/S
0
5
10
15
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
Spessore [m]