

AUTOSTRADA (A1): MILANO-NAPOLI

AMPLIAMENTO ALLA TERZA CORSIA
NEL TRATTO INCISA - VALDARNO

LOTTO1

PROGETTO ESECUTIVO


DOCUMENTAZIONE GENERALE

GEOLOGIA INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO

INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO - PREGRESSE (RILIEVI GEOMECCANICI)

IL GEOLOGO Dott. Vittorio Boerio Ord. Geol. Lombardia N. 794 Responsabile Geologia	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Paola Castiglioni Ord. Ingg. Varese N. 2725	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496 Progettazione Nuove Opere Autostradali
--	---	---

CODICE IDENTIFICATIVO											ORDINATORE
RIFERIMENTO PROGETTO			RIFERIMENTO DIRETTORIO				RIFERIMENTO ELABORATO				
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	W B S	Parte d'opera	Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.	XXX
119941	LL01	PE	DG	GEO	SI000	00000	R	GEO	1023	-0	SCALA -

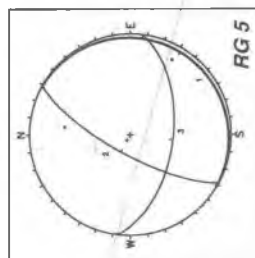
 gruppo Atlantia	PROJECT MANAGER:		SUPPORTO SPECIALISTICO:				REVISIONE	
	Ing. Paola Castiglioni Ord. Ingg. Varese N. 2725						n.	data
	REDATTO:		VERIFICATO:				0	OTTOBRE 2019

VISTO DEL COMMITTENTE  IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. Furio Cruciani	VISTO DEL CONCEDENTE  Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti <small>DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI</small>
---	---



Proj. Km. 1-500.00-F-19-54.54
Terminale d'arrivée Gradient

RG 5
RG 5bis



RILIEVO GEOMECCANICO
Scheda di rilievo

Committente	SPEA Autostrade S.p.A.
Commessa	A1 MI-NA - Ampliamento alla 3a corsia del tratto Firenze Sud-Incisa
Località	Bruscheto
Data	17/12/2002
Area di rilievo geomeccanico	RG 5



Condizioni generali dell'ammasso roccioso	
Giacitura del fronte di misura	[°°] 310/85
Giacitura generale del pendio	[°°]
Dimensioni dell'area di rilievo geomeccanico	[m x m] 6 x 2
Volume roccioso unitario medio	[cm x cm x cm] 10 x 5 x 5
[forma]	prismatica irregolare
Resistenza a compressione monoassiale del materiale roccia	[MPa] 70
Intercetta delle discontinuità	[cm] 6
Numero di discontinuità per metro cubo d'ammasso - J_v	[n°/m ³] 18

Litologia e descrizione geologica generale
Calclutiti marmose, di colore nocciola, biancastre in alterazione, in strati di spessore variabile tra 3-4 e 12 cm, percorse da una fitta rete di fratture, alcune delle quali riempite di calcite cristallina.
[Formazione di Monte Morello: Eocene inf. e medio]

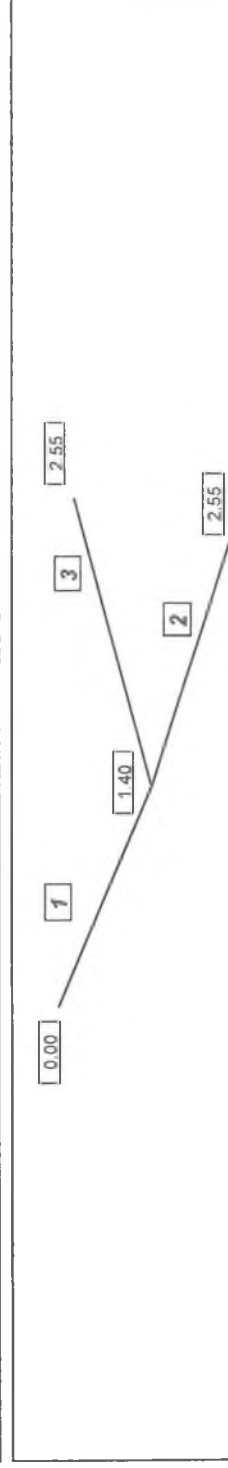
non alterato	debolm. alterato	moder. alterato	molto alterato	decom- posto
	X			
asciutto	umido	bagnato	stifficcio	flusso
	X			

Grado di alterazione dell'ammasso

Condizioni di umidità dell'ammasso

Geometria delle linee di misura		
Imm. [°]	Incl. [°]	Lungh. [m]
180	40	1.40
220	40	1.15
80	43	1.15

Schema delle linee di misura



RILIEVO GEOMECCANICO

Sintesi dei dati

Committente	SPEA Autostrade S.p.A.
Commessa	A1 MI-NA - Ampliamento alla 3 ^a corsia del tratto Firenze Sud - Incisa
Località	Bruschetto
Data	17/12/2002
Area di rilievo geomeccanico	RG5

Condizioni generali dell'ammasso roccioso

Litologia e descrizione geologica generale

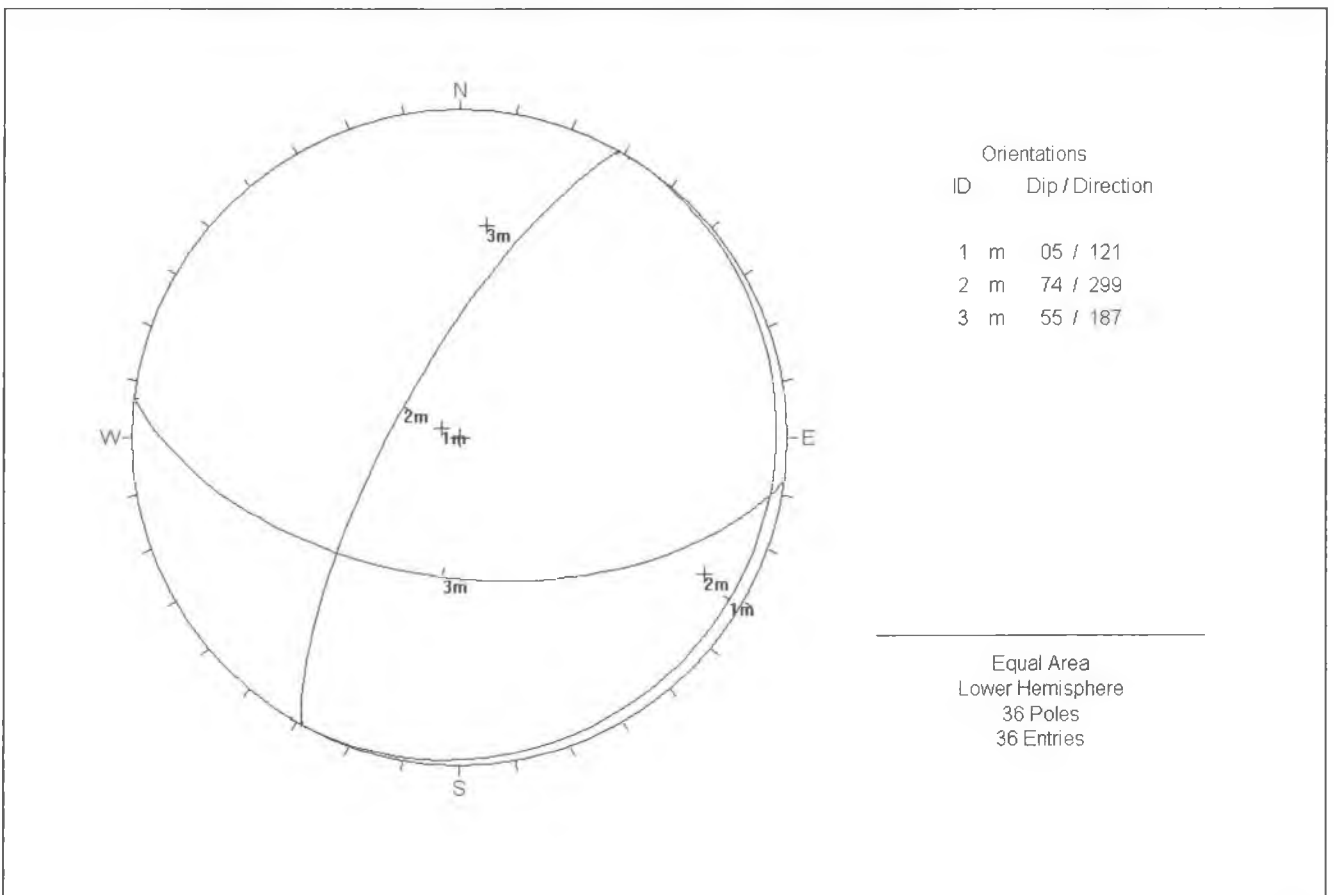
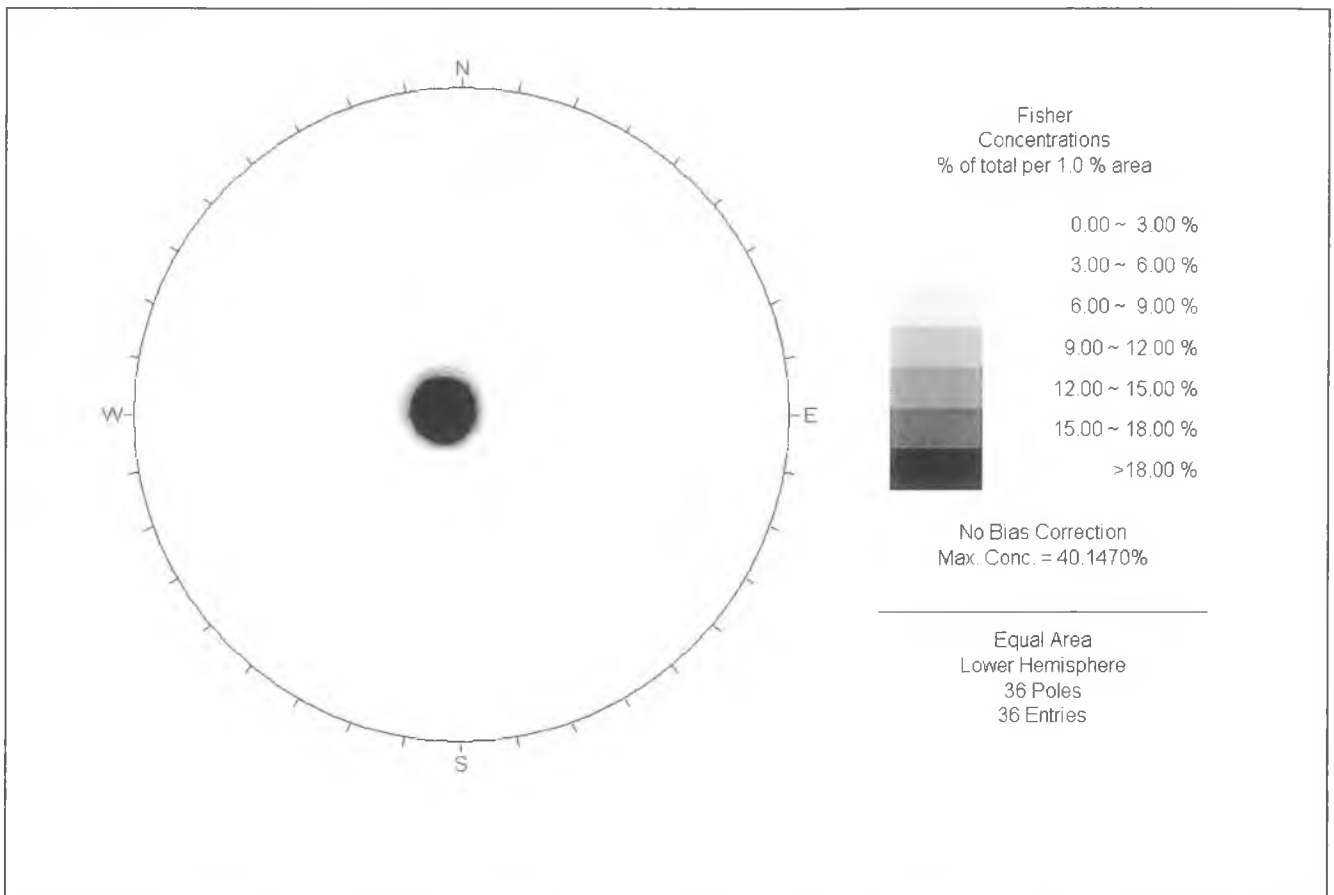
Calciutiti marnose, di colore nocciola, in strati di spessore variabile tra 3-4 cm e 12 cm, percorse da una fitta rete di fratture, alcune delle quali riempite di calcite cristallina.

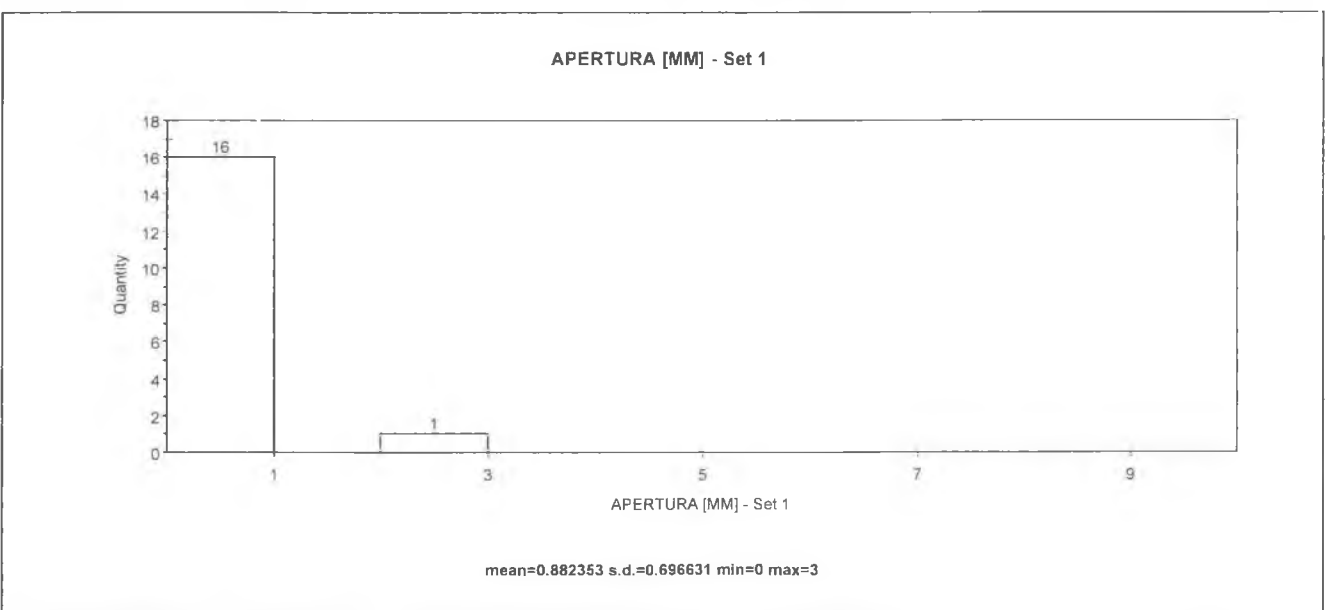
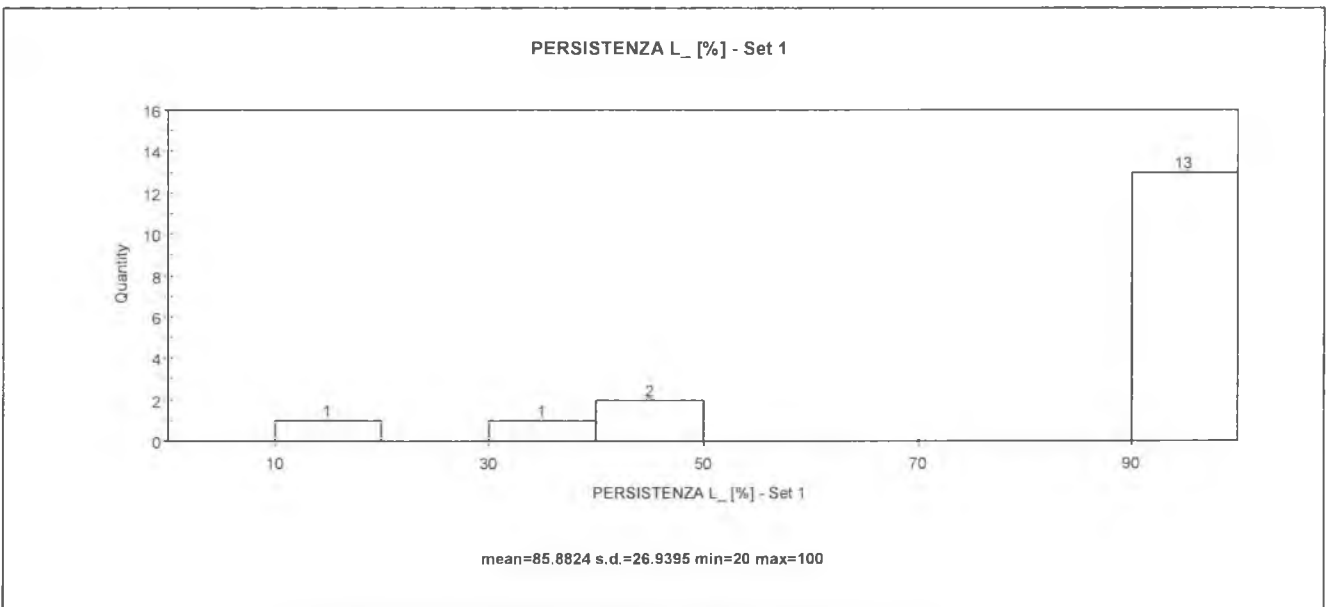
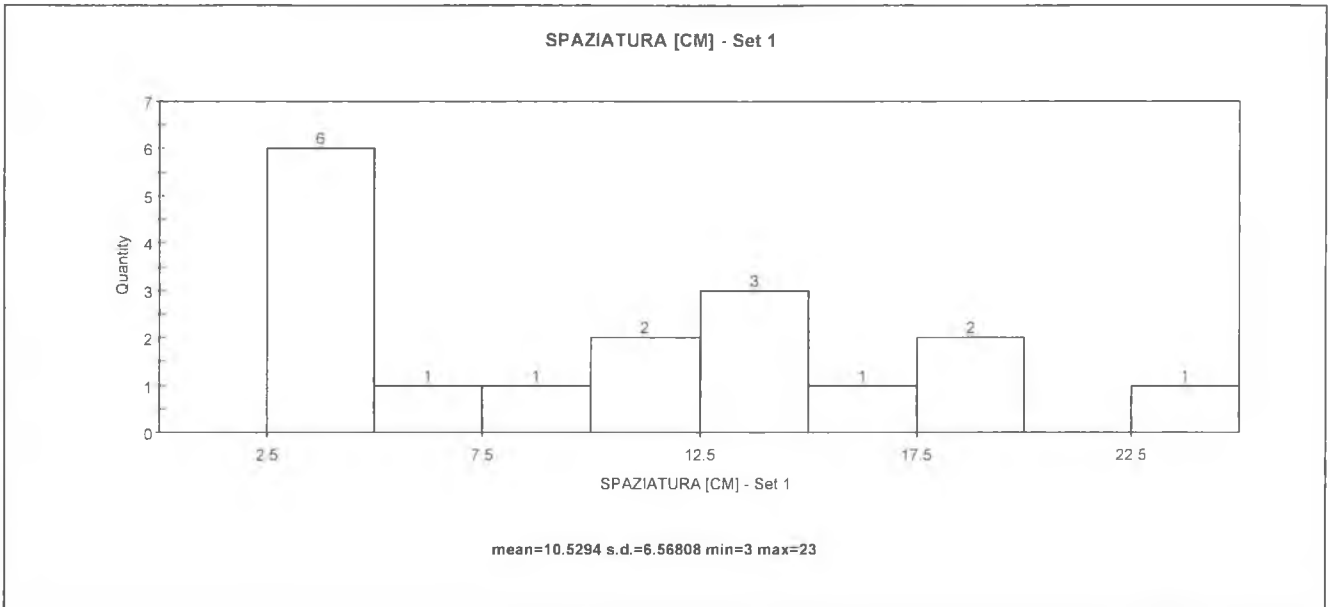
[Formazione di Monte Morello: Eocene inf. e medio]

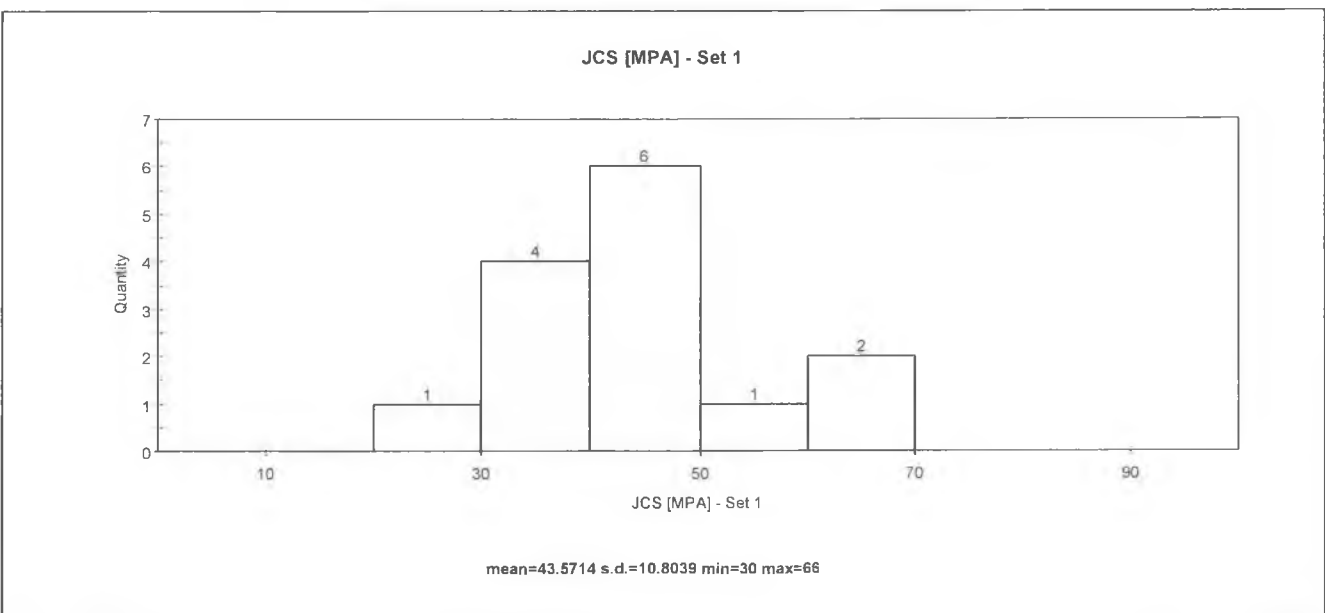
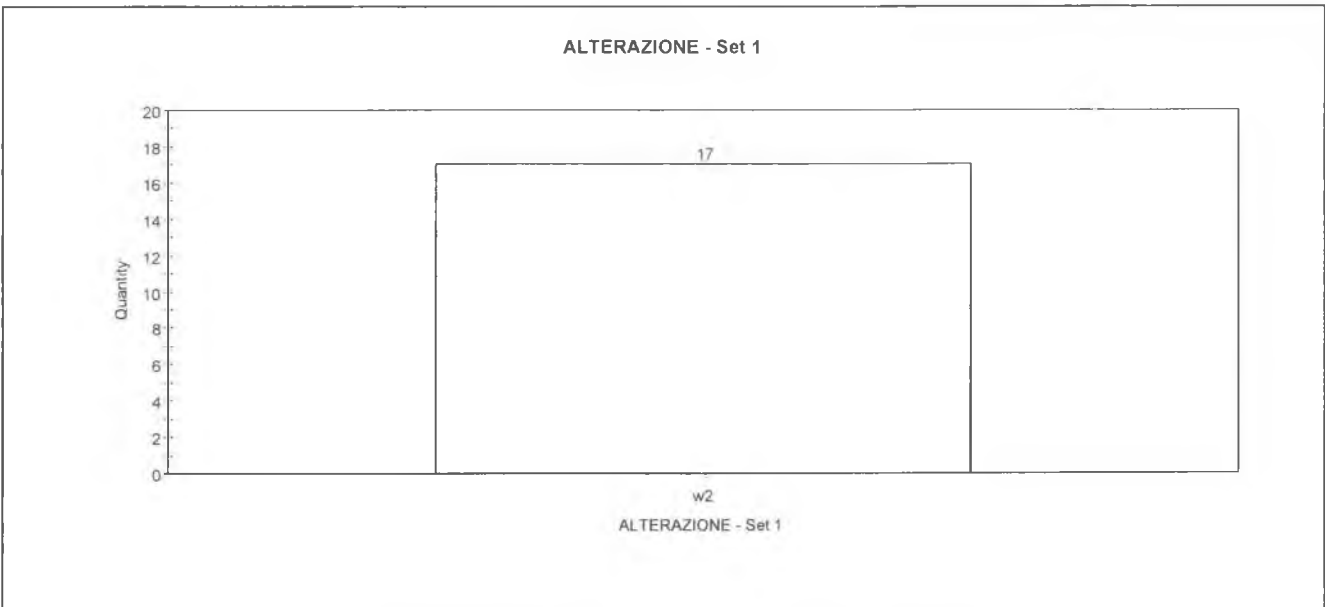
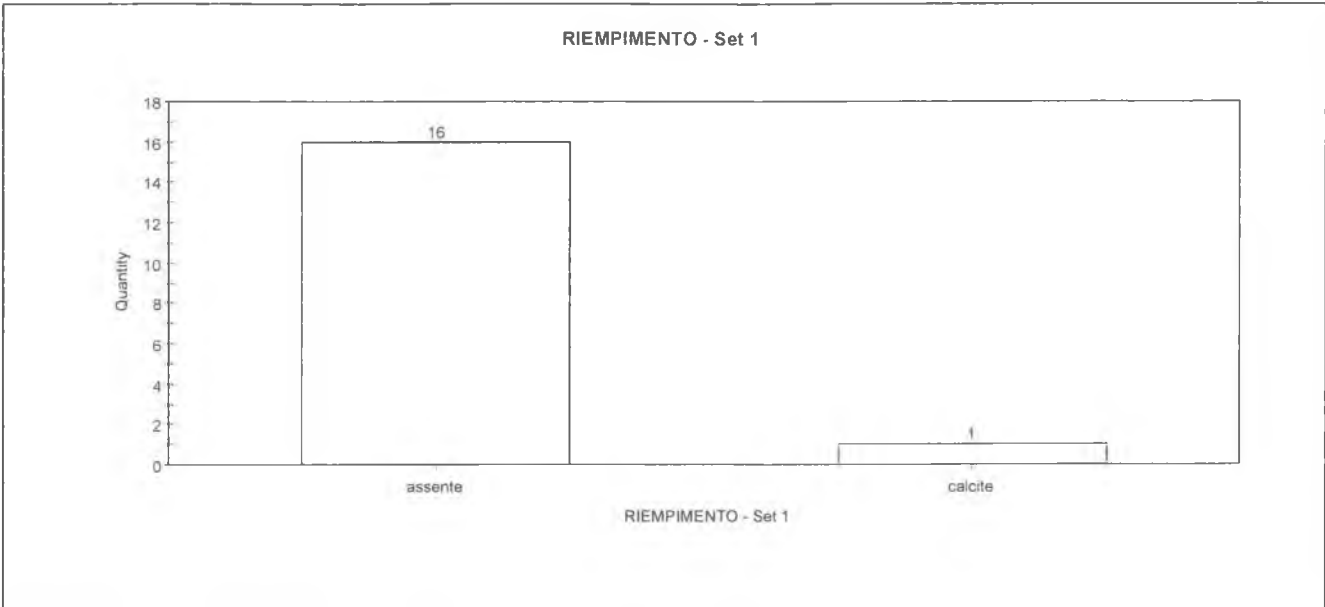
Dimensioni dell'area di rilievo geomeccanico [m x m]	6 x 2
Volume roccioso unitario medio [dimensioni in cm e forma]	10 x 5 x 5 - prismatica
Resistenza a compressione monoassiale del materiale roccia [MPa]	70
Rapporti stratigrafici [%]	-
Intercetta delle discontinuità [cm]	6
Numero di discontinuità per metro cubo d'ammasso - J_v [n°/m^3]	18
Grado di alterazione dell'ammasso	debolmente alterato
Condizioni di umidità dell'ammasso	umido
Giacitura del fronte di misura [$^{\circ}$]	310/85
Giacitura generale del pendio [$^{\circ}$]	-

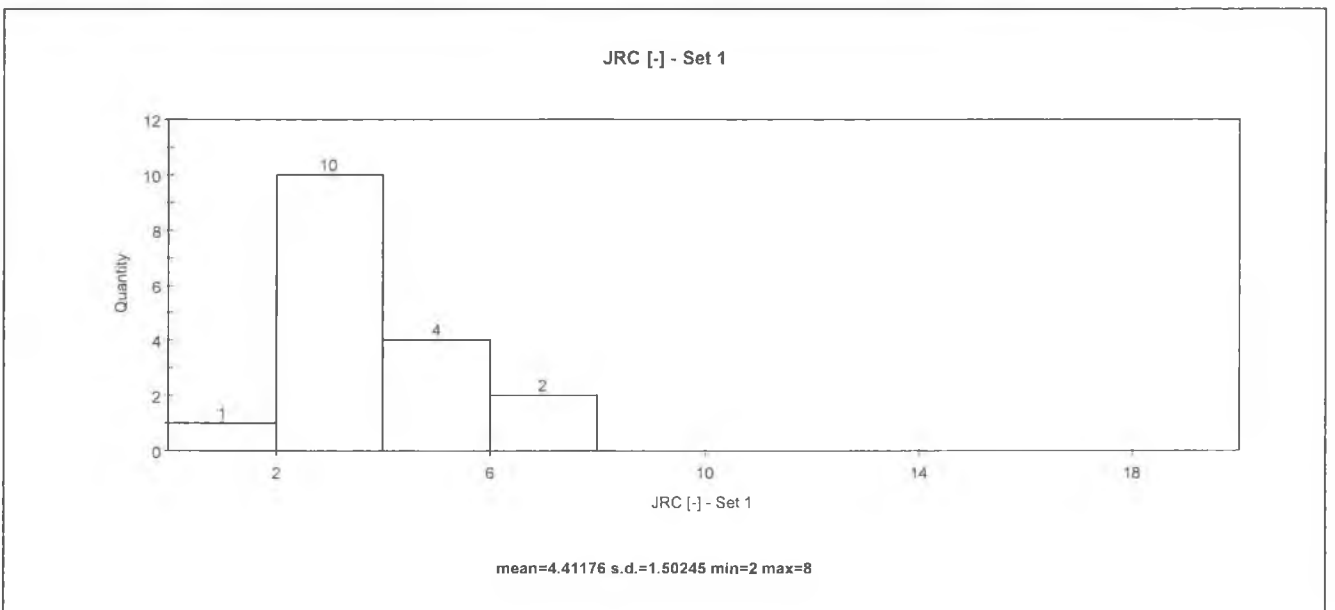
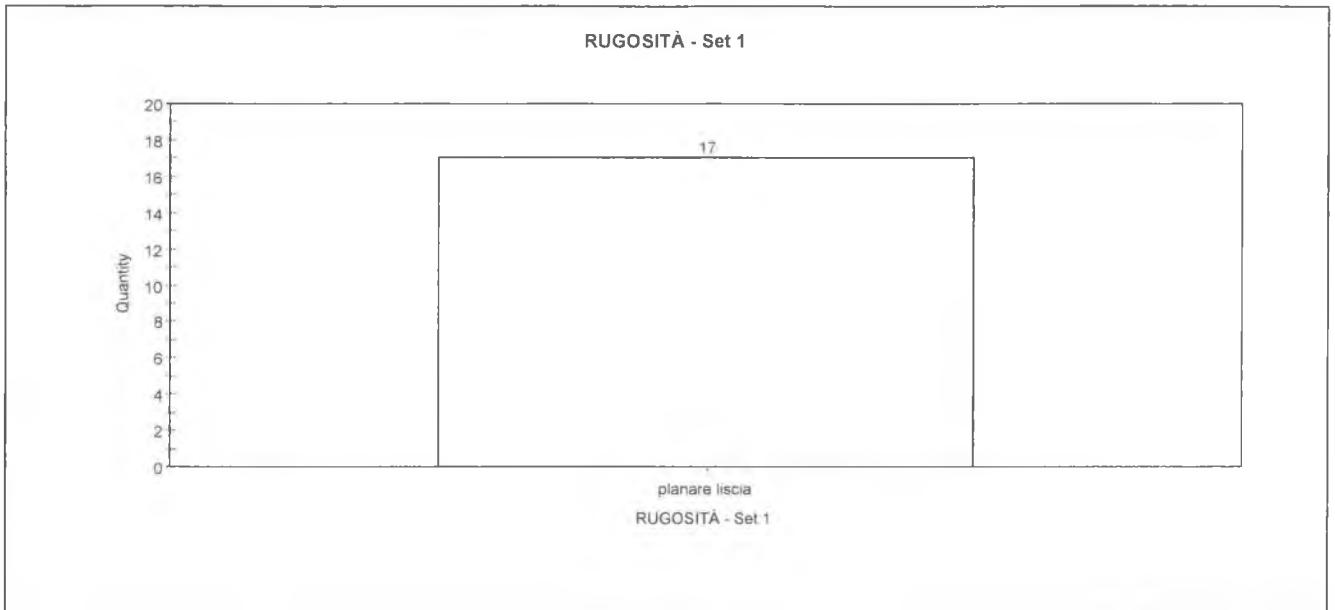
Condizioni generali delle discontinuità

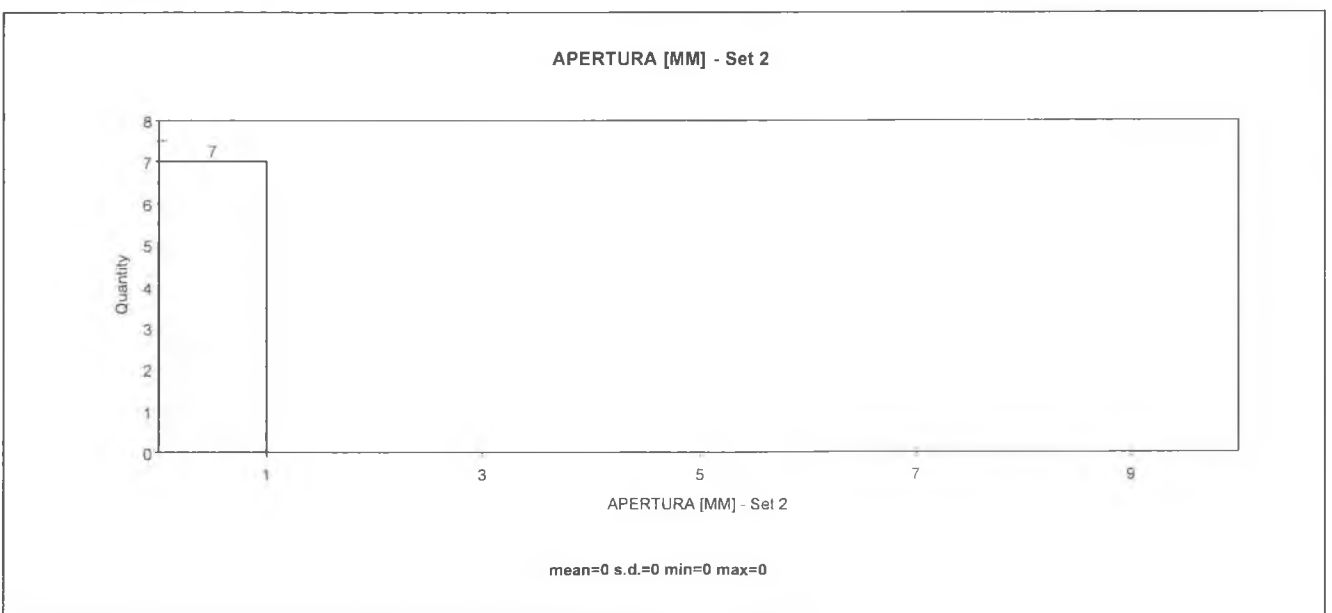
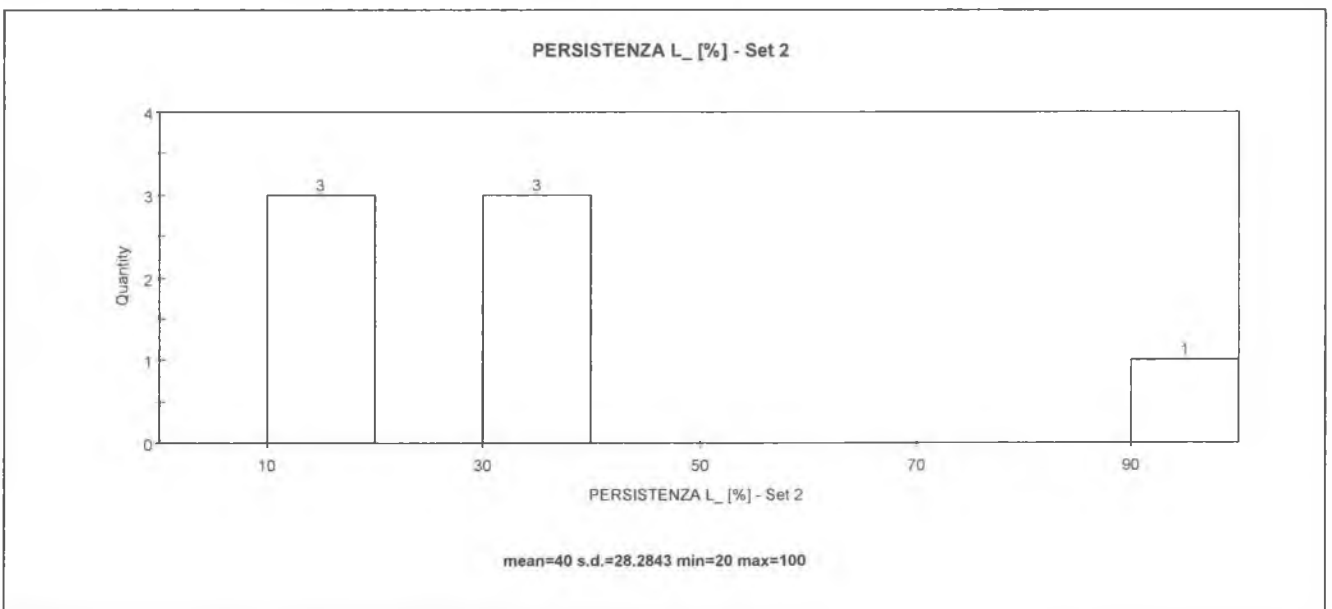
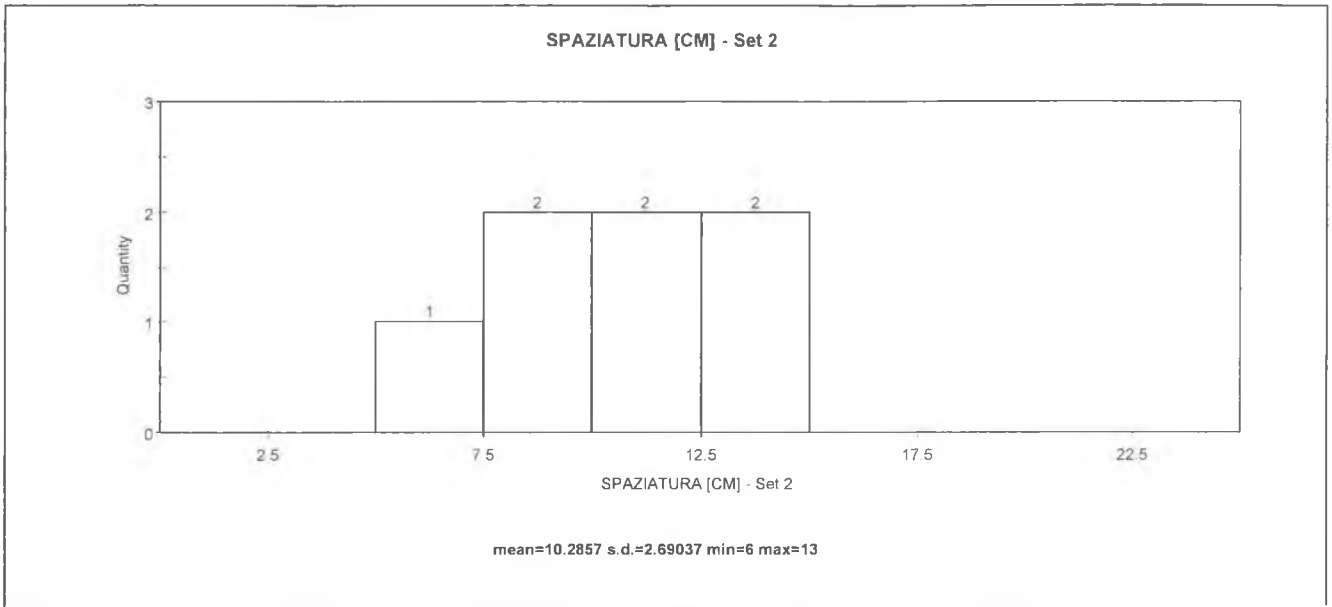
set	giacitura [$^{\circ}$]	spaziatura [cm]	persistenza [%]	apertura [mm]	alterazione		JCS [MPa]	rugosità		riempimento		ϕ_b [$^{\circ}$]	ϕ_i [$^{\circ}$]
					descrizione	classe		descrizione	JRC	tipo	[mm]		
1 - S	121/5	10	85	0	debolmente alterata	W2	44	planare liscia	4	assente	-	30	37
2	299/74	10	40	0	debolmente alterata	W2	65	ondulata liscia	7	assente	-	30	43
3	187/55	18	95	0	debolmente alterata	W2	38	ondulata liscia	9	assente	-	30	44

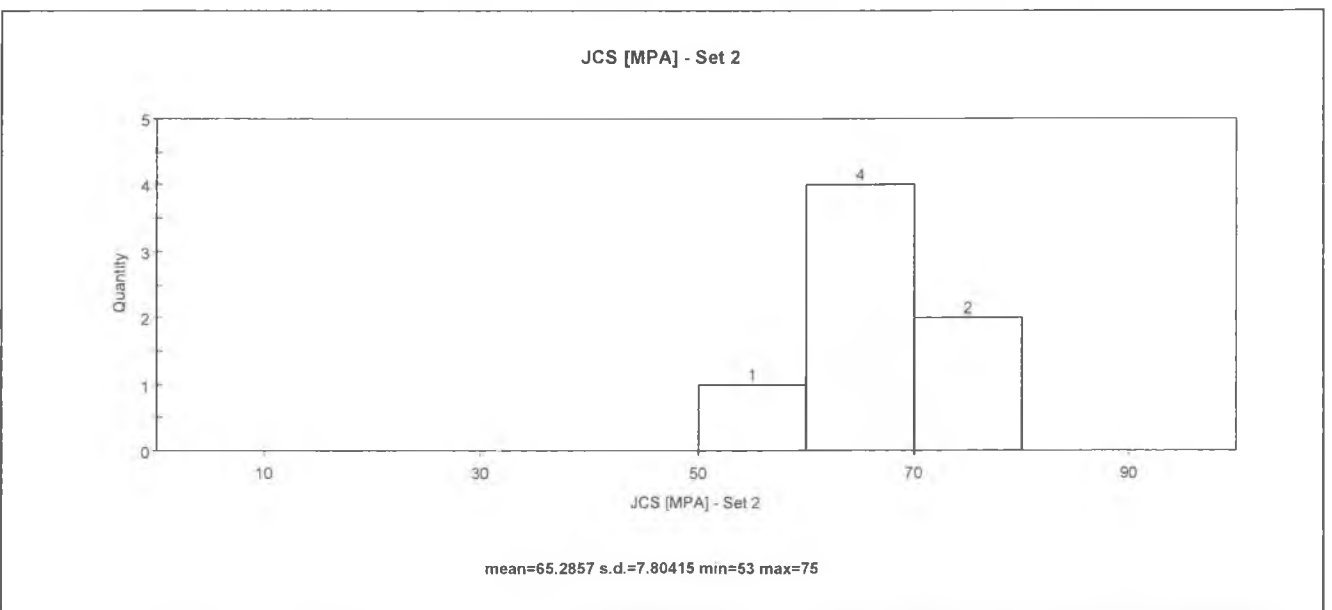
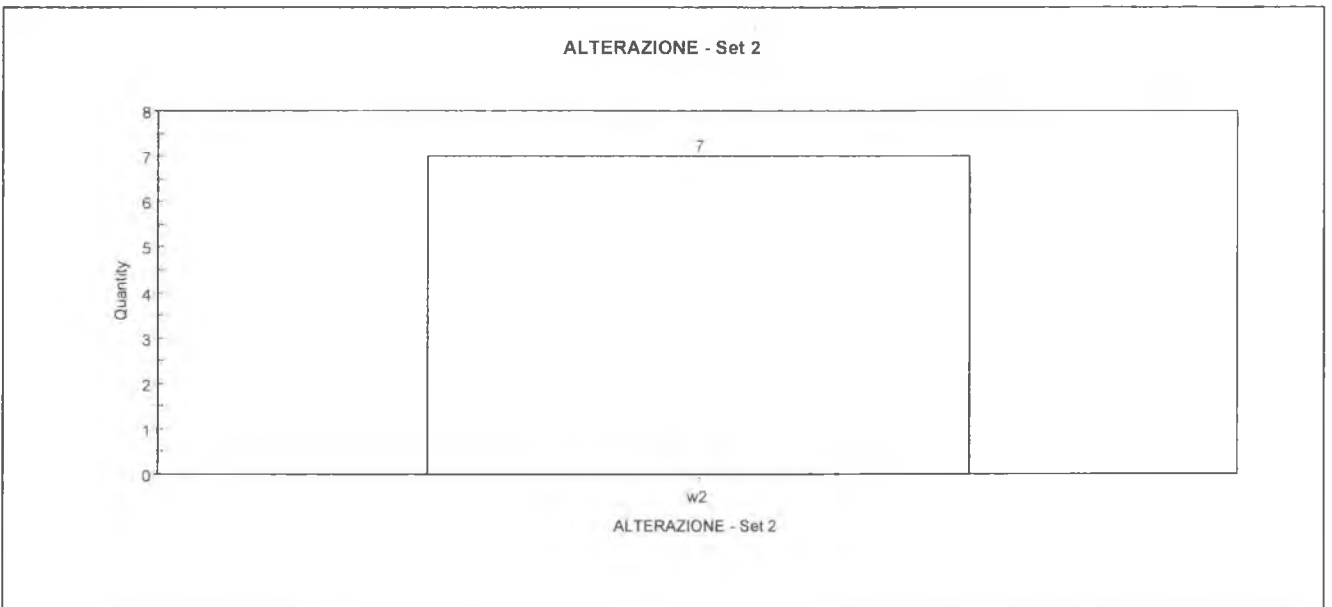
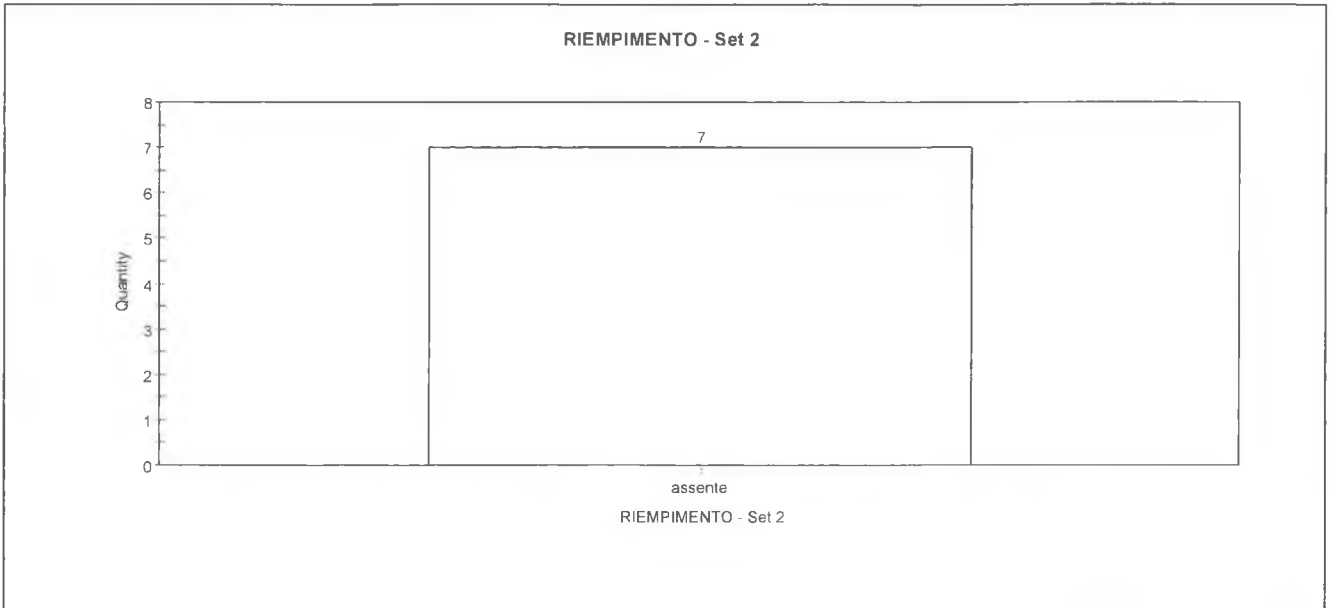


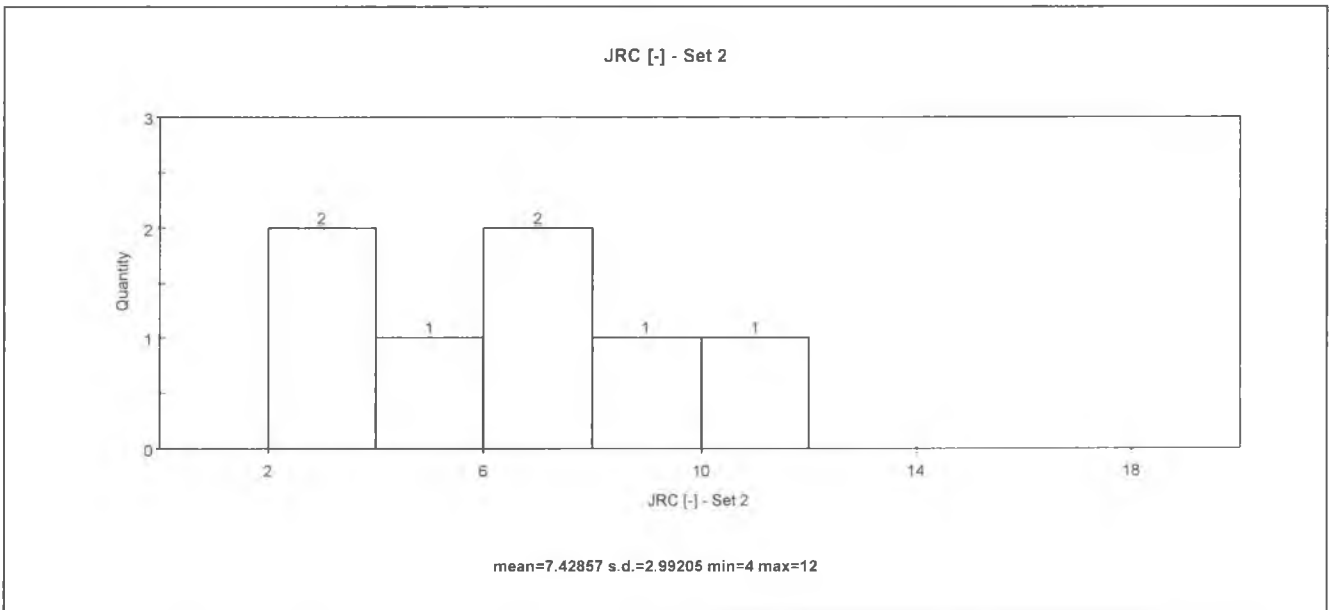
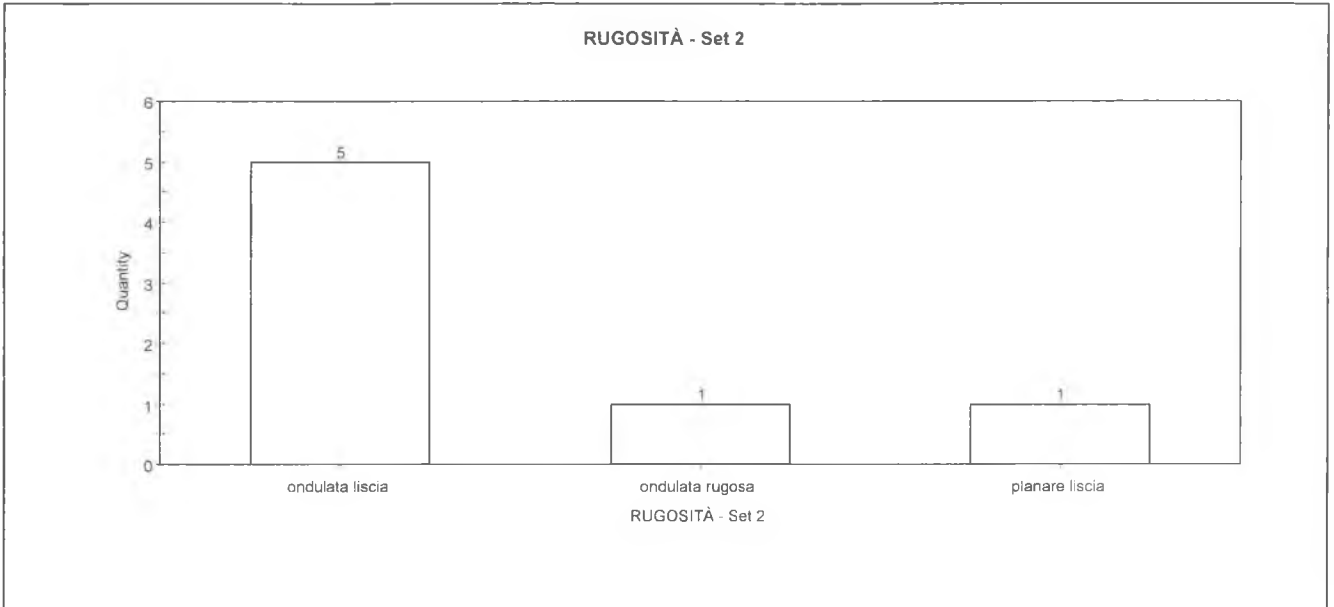


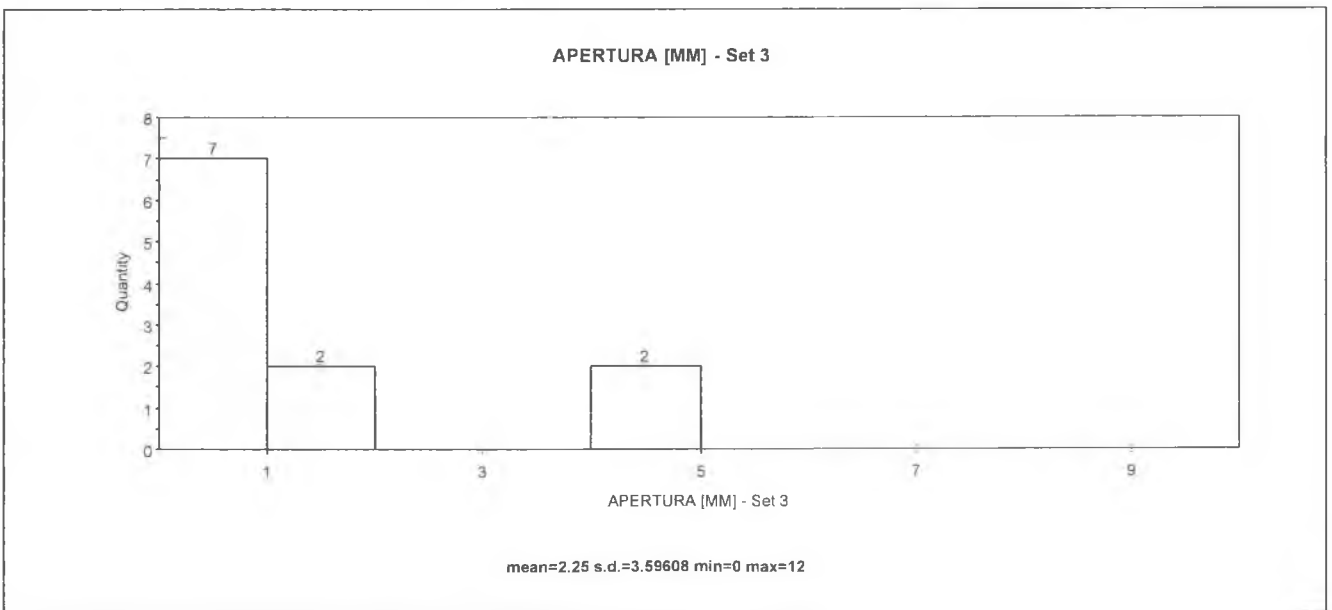
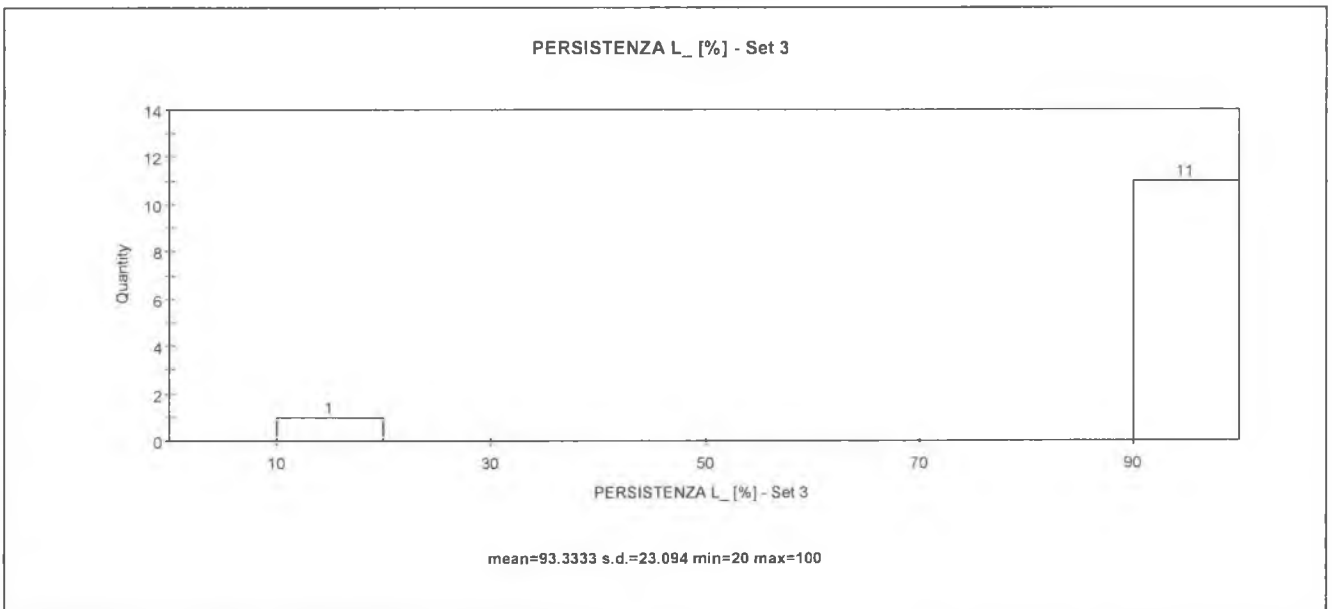
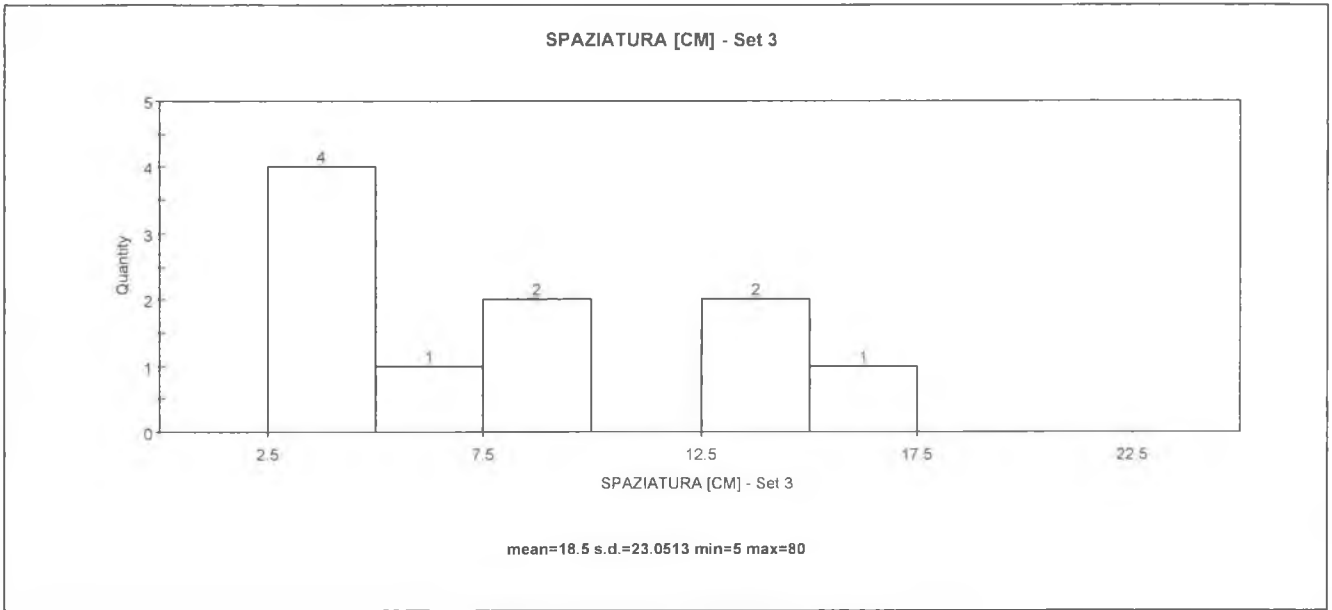


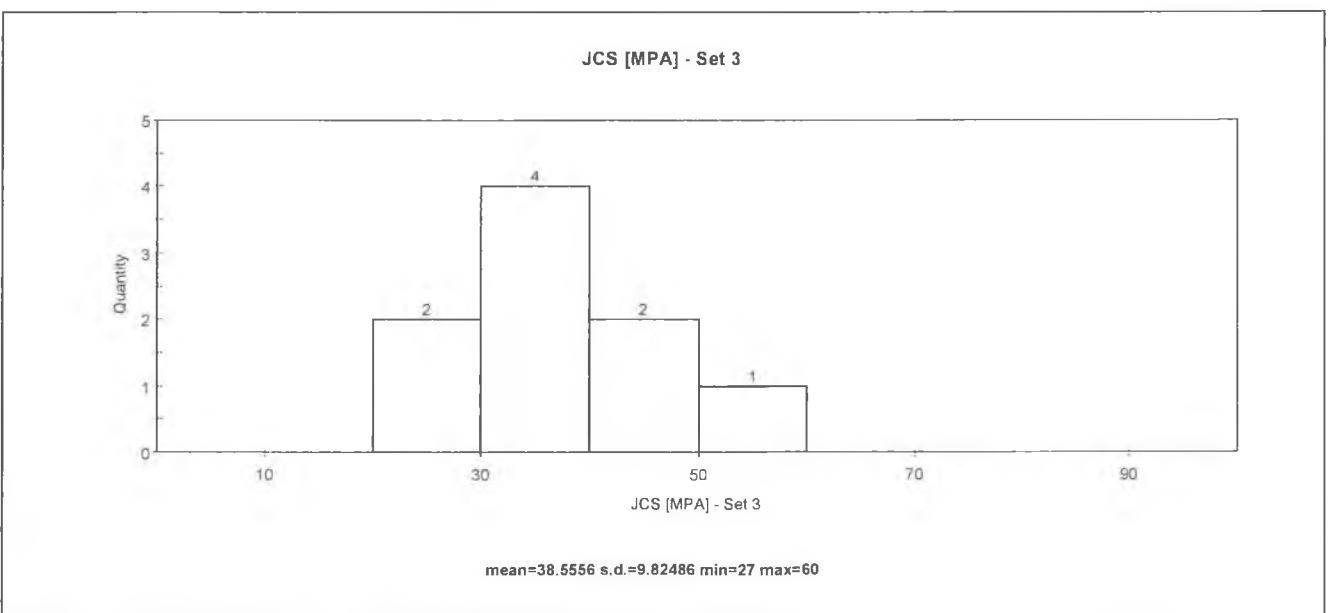
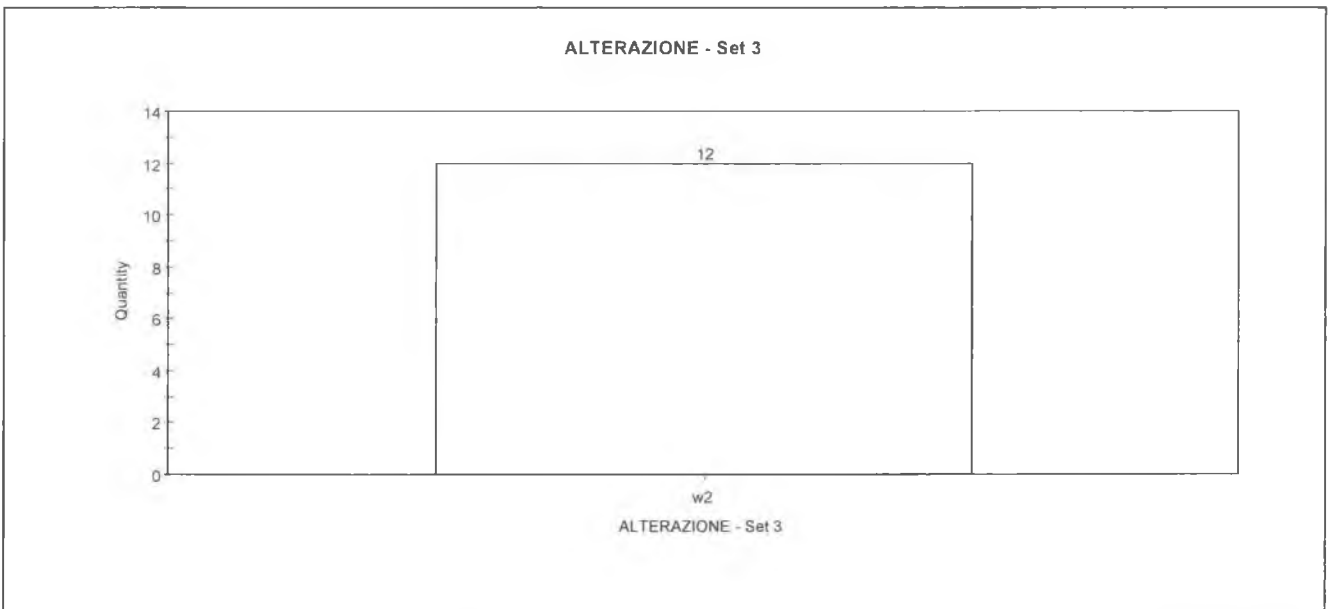
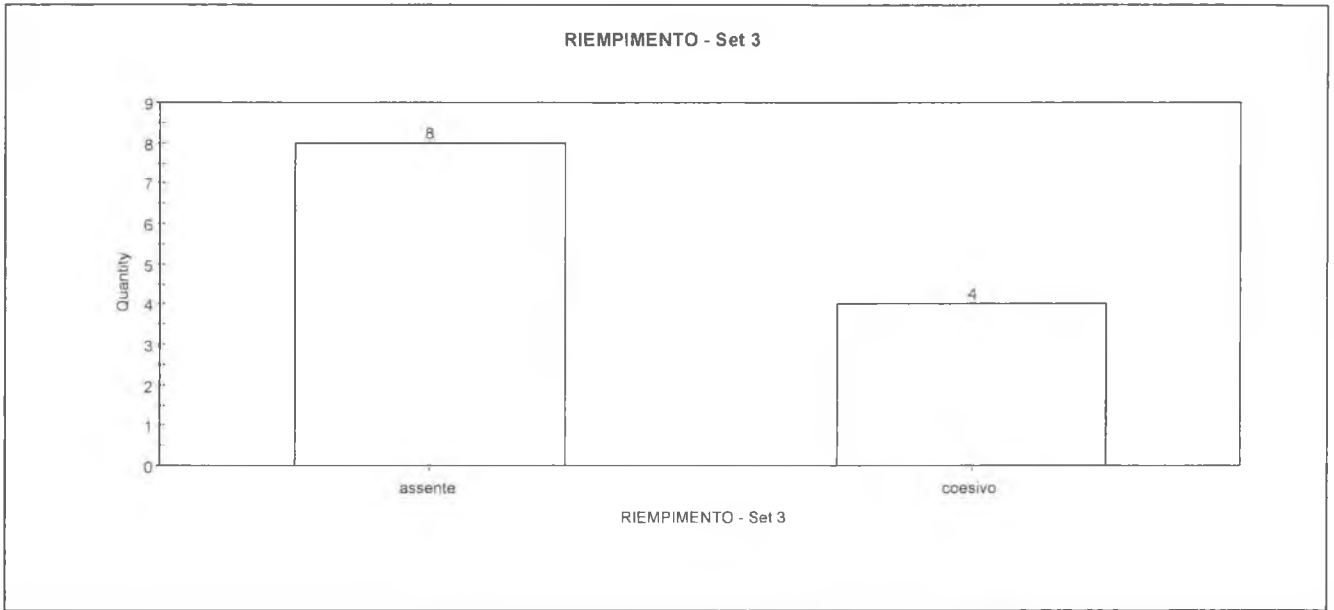


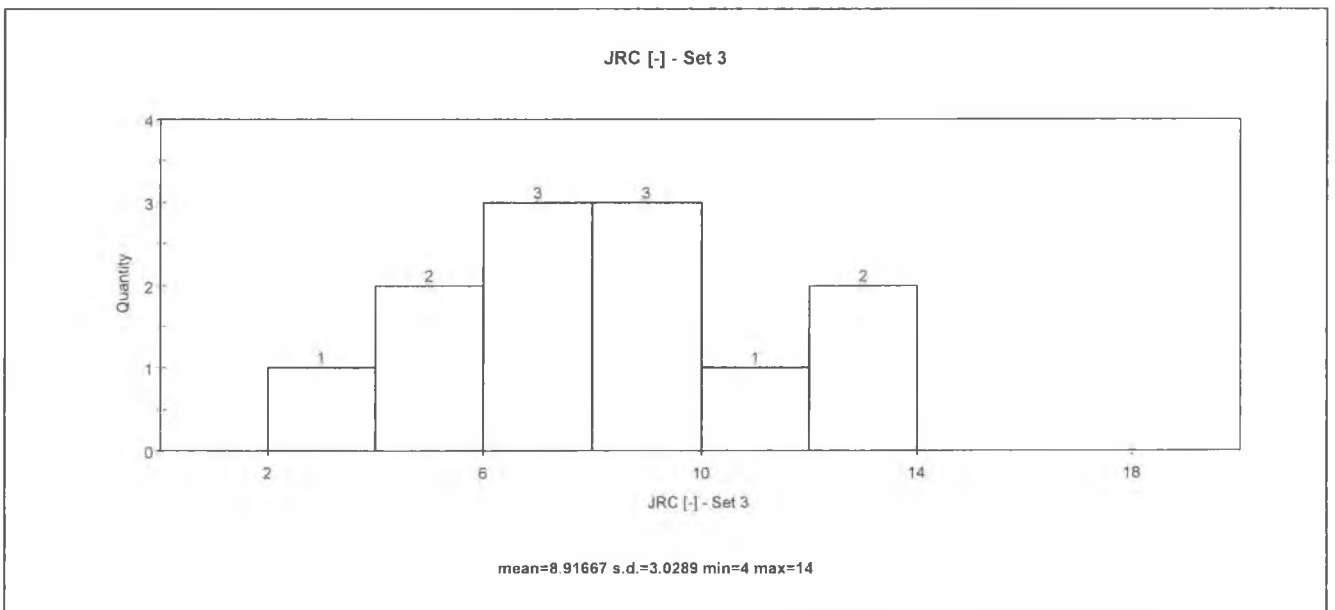
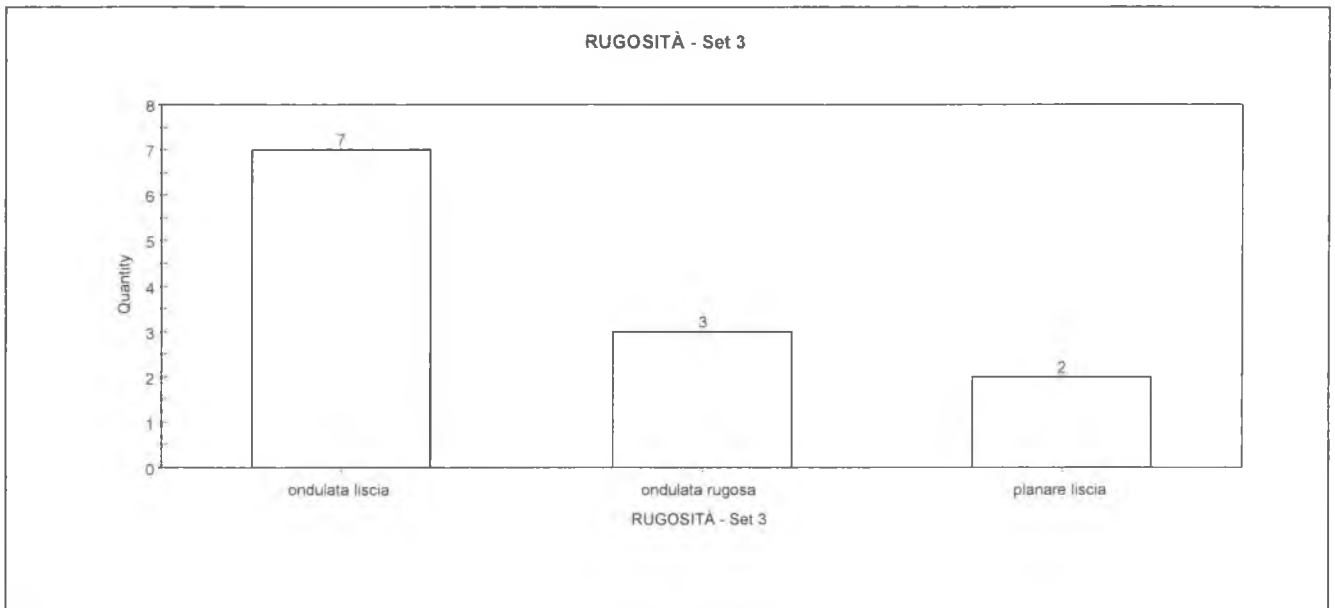












DEFINIZIONE DEI PARAMETRI GEOMECCANICI DI RESISTENZA E DEFORMABILITA'

Committente	SPEA Autostrade S.p.A.
Commessa	A1 MI-NA - Ampliamento alla 3 ^a corsia del tratto Firenze Sud -Incisa
Località	Bruschetto
Data	30/12/2002
Area di rilievo geomeccanico	RG 5

Litologia e descrizione geologica generale

Calcolititi marnose di colore nocciola, in strati di spessore compreso tra 3-4 cm e 12 cm, percorse da una fitta rete di fratture, alcune delle quali riempite da calcite cristallina.
[Formazione di Monte Morello: Eocene inf. e medio]

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

tipo ammasso	omogeneo	classe	-	litotipo a	litotipo b
resistenza a compressione monoassiale	σ_{ci} [MPa]		70		-
parametro dell'inviluppo di rottura	m_i [-]		8		-
percentuale relativa	[%]		100		0

Parametri del materiale roccia assunti per la classificazione e la parametrizzazione

resistenza a compressione monoassiale	σ_{ci} [MPa]	70
parametro dell'inviluppo di rottura	m_i [-]	8

Q System (Grimstad e Barton, 1993)

RQD	J_r	J_w
[%]	[-]	[-]
15	1.0	1.0

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_n	J_a	SRF
[-]	[-]	[-]
9.0	1.0	1.0

J_a : Joint Alteration Number

Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso		
Q'	classe	qualità dell'ammasso
[-]		
1.67	D	scadente

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

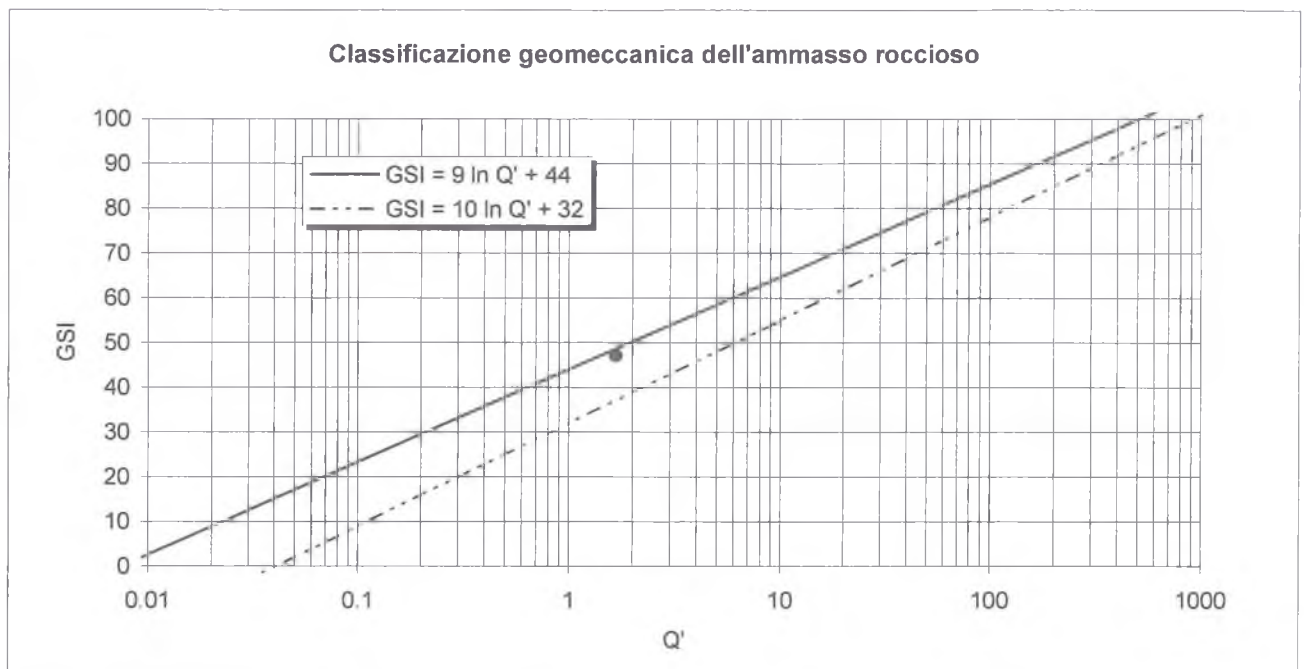
RMR System - Geomechanics Classification (Bieniawski, 1989)

Resistenza a compressione monoassiale σ_{ci}	[MPa]	70	7
Rock Quality Designation RQD	[%]	15	5
N° di famiglie di discontinuità	[-]	3	
Spaziatura delle discontinuità	[cm]	10	7
Condizioni delle discontinuità:			
lunghezza	[m]	20	0
apertura	[mm]	chiuso	6
rugosità	[-]	lisce	1
riempimento:			
tipo	[-]	assente	
spessore	[mm]	-	6
alterazione	[-]	debolmente alterate	5
Condizioni idriche	[-]	umido	10

Rock Mass Rating intrinseco **RMR'** **52**

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

Geological Strength Index (Hoek e Marinos., 2000)		
Condizioni di picco	GSI	47
Condizioni post-rottura	GSI_{RES}	39



PARAMETRI GEOMECCANICI

Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \cdot \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a \quad (\text{Hoek et al., 2002})$$

Materiale roccia		
resistenza a compressione monoassiale	σ_{ci} [MPa]	70
resistenza a trazione (calcolata)	σ_{ti} [MPa]	8.6
parametro dell'involuppo di rottura	m_i [-]	8

Coefficiente di disturbo	D [-]	0.0
--------------------------	---------	-----

Ammasso roccioso - Condizioni di picco		
parametri dell'involuppo di rottura	m_b [-]	1.21
	s [-]	2.8E-03
	a [-]	0.51
resistenza a trazione	σ_t [MPa]	0.16
resistenza a compressione monoassiale	σ_c [MPa]	3.53
resistenza globale	σ_{cm} [MPa]	10.32

Ammasso roccioso - Condizioni post-rottura		
parametri dell'involuppo di rottura	m_b [-]	0.91
	s [-]	1.1E-03
	a [-]	0.51
resistenza a trazione	σ_t [MPa]	0.09
resistenza a compressione monoassiale	σ_c [MPa]	2.18
resistenza globale	σ_{cm} [MPa]	8.58

Modulo di deformabilità

(Serafim e Pereira, 1983; Hoek et al., 2002)

Condizioni di picco	E_m [GPa]	7.04
Condizioni post-rottura	E_m [GPa]	4.44

INVILUPPO DI ROTTURA DELL'AMMASSO ROCCIOSO

	picco	post-rottura	condizioni di picco		condizioni post-rottura		condizioni di picco		condizioni post-rottura	
σ_3 [MPa]	σ_1 [MPa]	σ_1 [MPa]	σ_n [MPa]	τ [MPa]	σ_n [MPa]	τ [MPa]	c_i [MPa]	φ_i [°]	c_i [MPa]	φ_i [°]
0.00	3.53	2.18	0.00	0.46	0.00	0.26	0.51	58	0.29	60
0.05	4.10	2.79	0.27	0.94	0.15	0.55	0.54	56	0.33	57
0.10	4.62	3.31	0.40	1.13	0.28	0.75	0.58	55	0.37	54
0.15	5.09	3.77	0.52	1.31	0.40	0.93	0.58	55	0.37	54
0.20	5.52	4.19	0.64	1.48	0.52	1.10	0.62	53	0.41	53
0.25	5.94	4.58	0.76	1.64	0.64	1.25	0.66	52	0.45	51
0.30	6.33	4.95	0.88	1.79	0.76	1.39	0.69	51	0.49	50
0.35	6.70	5.30	1.00	1.93	0.87	1.53	0.73	50	0.53	49
0.40	7.06	5.63	1.11	2.07	0.99	1.66	0.77	49	0.56	48
0.45	7.40	5.95	1.23	2.20	1.10	1.78	0.80	49	0.60	47
0.50	7.73	6.25	1.34	2.33	1.21	1.90	0.84	48	0.63	46
0.60	8.37	6.84	1.46	2.45	1.32	2.01	0.87	47	0.66	46
0.70	8.97	7.38	1.68	2.69	1.54	2.23	0.94	46	0.73	44
0.80	9.55	7.91	1.90	2.92	1.75	2.44	1.00	45	0.79	43
0.90	10.10	8.41	2.12	3.13	1.97	2.63	1.07	44	0.85	42
1.00	10.63	8.89	2.34	3.34	2.17	2.82	1.13	43	0.91	41
1.10	11.14	9.35	2.55	3.54	2.38	3.00	1.19	43	0.96	41
1.20	11.63	9.80	2.76	3.73	2.58	3.17	1.25	42	1.02	40
1.30	12.12	10.23	2.97	3.92	2.79	3.34	1.30	41	1.07	39
1.40	12.59	10.66	3.18	4.10	2.99	3.50	1.36	41	1.12	38
1.50	13.04	11.07	3.39	4.27	3.18	3.65	1.42	40	1.17	38
1.60	13.49	11.47	3.59	4.44	3.38	3.80	1.47	40	1.22	37
1.70	13.93	11.87	3.79	4.61	3.58	3.95	1.52	39	1.27	37
1.80	14.36	12.26	3.99	4.77	3.77	4.09	1.58	39	1.32	36
1.90	14.78	12.64	4.19	4.93	3.96	4.23	1.63	38	1.37	36
2.00	15.19	13.01	4.39	5.09	4.15	4.37	1.68	38	1.41	35
2.20	16.00	13.74	4.59	5.24	4.34	4.51	1.73	37	1.46	35
2.40	16.78	14.44	4.98	5.53	4.72	4.77	1.83	37	1.55	34
2.60	17.54	15.13	5.37	5.82	5.09	5.02	1.92	36	1.63	34
2.80	18.28	15.80	5.75	6.09	5.46	5.26	2.02	35	1.72	33
3.00	19.00	16.45	6.13	6.36	5.82	5.49	2.11	35	1.80	32
3.20	19.70	17.09	6.50	6.62	6.18	5.72	2.20	34	1.88	32
3.40	20.39	17.72	6.88	6.87	6.54	5.93	2.28	34	1.96	31
3.60	21.07	18.33	7.24	7.11	6.89	6.15	2.37	33	2.04	31
3.80	21.74	18.94	7.61	7.35	7.24	6.36	2.45	33	2.11	30
4.00	22.39	19.53	7.98	7.58	7.59	6.56	2.54	32	2.18	30
4.20	23.03	20.12	8.34	7.81	7.94	6.76	2.62	32	2.26	30
4.40	23.67	20.69	8.70	8.03	8.28	6.95	2.70	32	2.33	29
4.60	24.29	21.26	9.05	8.25	8.62	7.14	2.78	31	2.40	29
4.80	24.91	21.82	9.41	8.46	8.96	7.32	2.85	31	2.47	28
5.00	25.51	22.37	9.76	8.67	9.30	7.51	2.93	30	2.54	28
5.50	27.00	23.73	10.11	8.87	9.63	7.68	3.00	30	2.60	28
6.00	28.44	25.05	10.98	9.37	10.47	8.12	3.19	29	2.77	27
6.50	29.85	26.33	11.83	9.84	11.29	8.53	3.37	29	2.92	26
7.00	31.22	27.59	12.68	10.30	12.10	8.93	3.54	28	3.08	26
7.50	32.56	28.82	13.52	10.74	12.90	9.31	3.71	27	3.23	25
8.00	33.88	30.03	14.35	11.17	13.70	9.68	3.87	27	3.37	25
8.50	35.17	31.22	15.17	11.58	14.49	10.04	4.03	26	3.51	24
9.00	36.44	32.39	15.99	11.98	15.27	10.39	4.19	26	3.65	24
9.50	37.69	33.54	16.80	12.38	16.05	10.73	4.34	26	3.78	23
10.00	38.92	34.67	17.60	12.76	16.82	11.06	4.49	25	3.92	23
			18.40	13.13	17.58	11.38	4.63	25	4.05	23

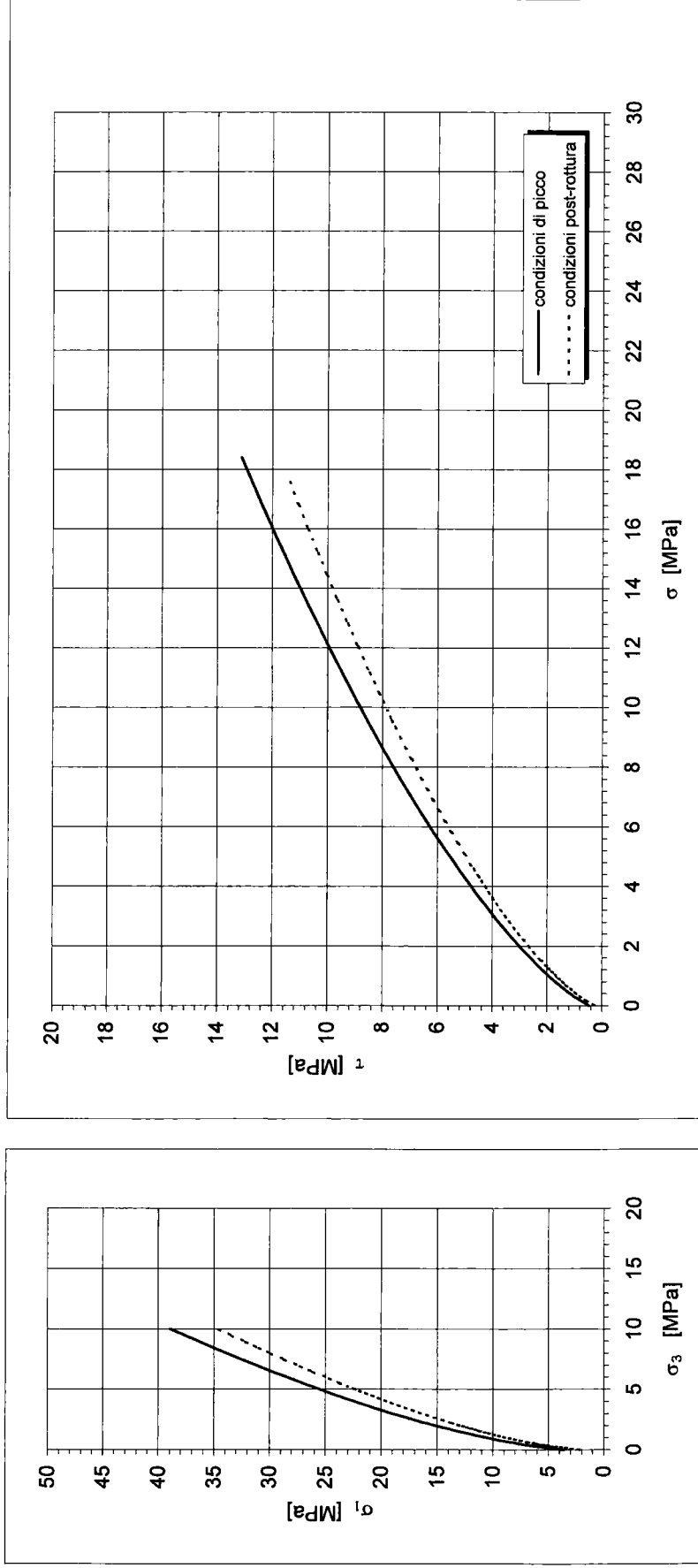
INVILUPPO DI ROTTURA DELL'AMMASSO ROCCIOSO ($\sigma_3 = 0 - 1 \text{ MPa}$)

σ_3 [MPa]	picco	post- rottura	condizioni di picco		condizioni post-rottura		condizioni di picco		condizioni post-rottura	
	σ_1 [MPa]	σ_1 [MPa]	σ_n [MPa]	τ [MPa]	σ_n [MPa]	τ [MPa]	c_i [kPa]	φ_i [°]	c_i [kPa]	φ_i [°]
0.00	3.53	2.18	0.00	0.46	0.00	0.26	507	58	294	60
0.01	3.65	2.31	0.27	0.94	0.15	0.55	514	58	302	59
0.02	3.77	2.44	0.29	0.98	0.17	0.59	522	57	310	58
0.03	3.88	2.56	0.32	1.02	0.20	0.63	529	57	318	58
0.04	4.00	2.68	0.34	1.06	0.22	0.67	537	56	326	57
0.05	4.10	2.79	0.37	1.09	0.25	0.71	544	56	334	57
0.06	4.21	2.90	0.40	1.13	0.28	0.75	552	56	342	56
0.07	4.31	3.01	0.42	1.17	0.30	0.79	559	55	350	56
0.08	4.42	3.11	0.44	1.20	0.32	0.83	567	55	358	55
0.09	4.52	3.21	0.47	1.24	0.35	0.86	574	55	366	55
0.10	4.62	3.31	0.49	1.28	0.37	0.90	582	55	374	54
0.11	4.71	3.40	0.52	1.31	0.40	0.93	589	54	382	54
0.12	4.81	3.50	0.54	1.34	0.42	0.97	597	54	390	54
0.13	4.90	3.59	0.57	1.38	0.45	1.00	605	54	398	53
0.14	4.99	3.68	0.59	1.41	0.47	1.03	612	54	406	53
0.15	5.09	3.77	0.62	1.44	0.50	1.06	620	53	413	53
0.16	5.18	3.86	0.64	1.48	0.52	1.10	627	53	421	52
0.17	5.26	3.94	0.67	1.51	0.54	1.13	635	53	429	52
0.18	5.35	4.03	0.69	1.54	0.57	1.16	642	53	437	52
0.19	5.44	4.11	0.71	1.57	0.59	1.19	650	52	444	52
0.20	5.52	4.19	0.74	1.60	0.62	1.22	657	52	452	51
0.22	5.69	4.35	0.76	1.64	0.64	1.25	672	52	467	51
0.24	5.85	4.51	0.81	1.70	0.69	1.31	687	51	482	50
0.26	6.02	4.66	0.86	1.76	0.73	1.36	702	51	497	50
0.28	6.17	4.81	0.90	1.81	0.78	1.42	716	51	511	49
0.30	6.33	4.95	0.95	1.87	0.83	1.47	731	50	526	49
0.32	6.48	5.09	1.00	1.93	0.87	1.53	745	50	540	49
0.34	6.63	5.23	1.05	1.98	0.92	1.58	760	50	554	48
0.36	6.77	5.37	1.09	2.04	0.96	1.63	774	49	568	48
0.38	6.92	5.50	1.14	2.09	1.01	1.68	788	49	582	47
0.40	7.06	5.63	1.18	2.15	1.05	1.73	802	49	596	47
0.42	7.20	5.76	1.23	2.20	1.10	1.78	816	48	609	47
0.44	7.33	5.88	1.28	2.25	1.14	1.83	830	48	623	46
0.46	7.47	6.01	1.32	2.30	1.19	1.87	844	48	636	46
0.48	7.60	6.13	1.37	2.35	1.23	1.92	858	48	649	46
0.50	7.73	6.25	1.41	2.40	1.28	1.97	871	47	662	46
0.55	8.06	6.55	1.46	2.45	1.32	2.01	905	47	695	45
0.60	8.37	6.84	1.57	2.57	1.43	2.12	938	46	726	44
0.65	8.68	7.11	1.68	2.69	1.54	2.23	971	46	757	44
0.70	8.97	7.38	1.79	2.81	1.65	2.33	1003	45	788	43
0.75	9.26	7.65	1.90	2.92	1.75	2.44	1035	45	818	43
0.80	9.55	7.91	2.01	3.03	1.86	2.53	1066	44	848	42
0.85	9.82	8.16	2.12	3.13	1.97	2.63	1097	44	877	42
0.90	10.10	8.41	2.23	3.24	2.07	2.73	1128	43	905	41
0.95	10.36	8.65	2.34	3.34	2.17	2.82	1158	43	933	41
1.00	10.63	8.89	2.45	3.44	2.28	2.91	1188	43	961	41
			2.55	3.54	2.38	3.00				

Inviluppi di rottura dell'ammasso roccioso

A1 MI-NA - Ampliamento alla 3a corsia del tratto Firenze Sud -Incisa
Bruschetto

RG 5



Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \cdot \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a \quad (\text{Hoek et al., 2002})$$

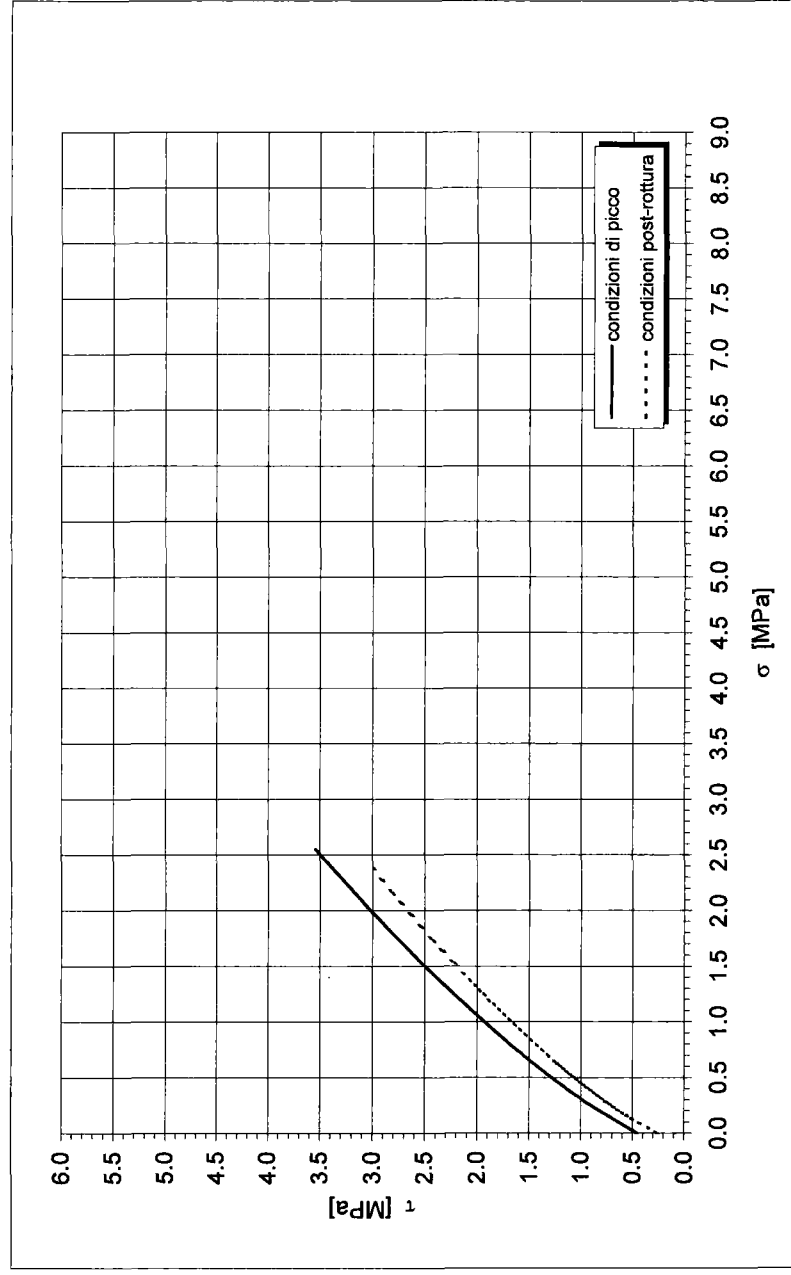
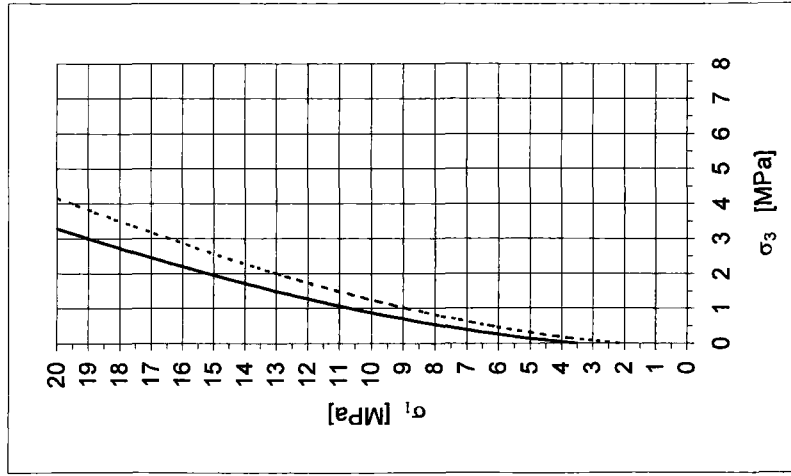
Materiale roccia	σ_{ci} [MPa]	70
resistenza a compressione monoassiale	σ_{ci} [MPa]	8.6
resistenza a trazione (calcolata)	m_i [-]	8.0
parametro dell'inviluppo di rottura		

Ammasso roccioso		picco	post-rottura
parametri dell'inviluppo di rottura	m_b [-]	1.21	0.91
	s [-]	2.8E-03	1.1E-03
	a [-]	0.51	0.51
resistenza a trazione	σ_t [MPa]	0.16	0.09
resistenza a compressione monoassiale	σ_c [MPa]	3.53	2.18
resistenza globale	σ_{cm} [MPa]	10.32	8.58
modulo di deformabilità	E_m [GPa]	7.04	4.44

**Inviluppi di rottura dell'ammasso roccioso
($0 < \sigma_3 < 1 \text{ MPa}$)**

**A1 MI-NA - Ampliamento alla 3a corsia del tratto Firenze Sud -Incisa
Bruscheto**

RG 5



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	σ_{ci} [MPa]	70
resistenza a compressione monoassiale	σ_{ti} [MPa]	8.6
resistenza a trazione (calcolata)	m_1 [-]	8.0
parametro dell'inviluppo di rottura		

Ammasso roccioso		picco	post-rottura
parametri dell'inviluppo di rottura		m_b [-]	0.91
		s [-]	1.1E-03
		a [-]	0.51
resistenza a trazione		σ_t [MPa]	0.16
resistenza a compressione monoassiale		σ_c [MPa]	3.53
resistenza globale		σ_{cm} [MPa]	10.32
modulo di deformabilità		E_m [GPa]	7.04
			4.44

RILIEVO GEOMECCANICO
 Scheda di rilievo

Committente	SPEA Autostrade S.p.A.
Commissa	A1 MI-NA - Ampliamento alla 3a corsia del tratto Firenze Sud-Incisa
Località	Bruscheto
Data	17/12/2002
Area di rilievo geomeccanico	RG 5bis



Condizioni generali dell'ammasso roccioso

Giacitura del fronte di misura	[°°]	280/80
Giacitura generale del pendio	[°°]	
Dimensioni dell'area di rilievo geomeccanico	[m x m]	8 x 2
Volume roccioso unitario medio	[cm x cm x cm]	2 x 1 x 0,5
[forma]	[f]	scaglie
Resistenza a compressione monoassiale del materiale roccia	[MPa]	10 (stima)
Intercetta delle discontinuità	[cm]	< 1
Numero di discontinuità per metro cubo d'ammasso - J _v	[n°/m ³]	> 100

Grado di alterazione dell'ammasso	non alterato	debolm. alterato	moder. alterato	molto alterato	decomposto
		x	x		
Condizioni di umidità dell'ammasso	asciutto	umido	bagnato	stifficcio	flusso
		x			

Litologia e descrizione geologica generale

Marne calcaree di colore dal grigio-verdastro al grigio-nocciola, molto fratturate, con tipica sfaldatura a saponetta, a letto dei calcari marnosi di cui al rilievo geomeccanico RG 5 per uno spessore di almeno 5-6 m.

La reazione delle marne all'HCl 5% è evidente.

L'alterazione dell'ammasso roccioso è variabile.

La resistenza del materiale roccia è bassa: il materiale può essere inciso con qualche colpo di martello.

[Formazione di Monte Morello: Eocene inf. e medio]

DEFINIZIONE DEI PARAMETRI GEOMECCANICI DI RESISTENZA E DEFORMABILITA'

Committente	SPEA Autostrade S.p.A.
Commessa	A1 MI-NA - Ampliamento alla 3 ^a corsia del tratto Firenze Sud -Incisa
Località	Bruschetto
Data	30/12/2002
Area di rilievo geomeccanico	RG 5bis

Litologia e descrizione geologica generale

Marne calcaree da grigio verdastre a grigio nocciola, molto fratturate con tipica sfaldatura a saponetta. [Formazione di Monte Morello: Eocene inf. e medio]

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

tipo ammasso	omogeneo	classe	-	litotipo a	litotipo b
resistenza a compressione monoassiale		σ_{ci} [MPa]	10		-
parametro dell'inviluppo di rottura		m_i [-]	7		-
percentuale relativa		[%]	100		0

Parametri del materiale roccia assunti per la classificazione e la parametrizzazione

resistenza a compressione monoassiale	σ_{ci} [MPa]	10
parametro dell'inviluppo di rottura	m_i [-]	7

Q System (Grimstad e Barton, 1993)

RQD [%]	J_r [-]	J_w [-]	RQD : Rock Quality Designation	J_w : Joint Water Reduction Factor
10	1.0	1.0	J_n : Joint Set Number	SRF : Stress Reduction Factor
			J_r : Joint Roughness Number	
J_n [-]	J_a [-]	SRF [-]	J_a : Joint Alteration Number	
15.0	1.0	1.0		

Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso

Q' [-]	classe	qualità dell'ammasso
0.67	E	molto scadente

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

RMR System - Geomechanics Classification (Bieniawski, 1989)

Resistenza a compressione monoassiale σ_{ci} [MPa]	10	2
Rock Quality Designation RQD [%]	0	3
N° di famiglie di discontinuità [-]	4	5
Spaziatura delle discontinuità [cm]	1	
Condizioni delle discontinuità:		
lunghezza [m]	20	0
apertura [mm]	1	1
rugosità [-]	lisce	1
riempimento:		
tipo [-]	assente	
spessore [mm]	-	6
alterazione [-]	debolmente alterate	5
Condizioni idriche [-]	umido	10

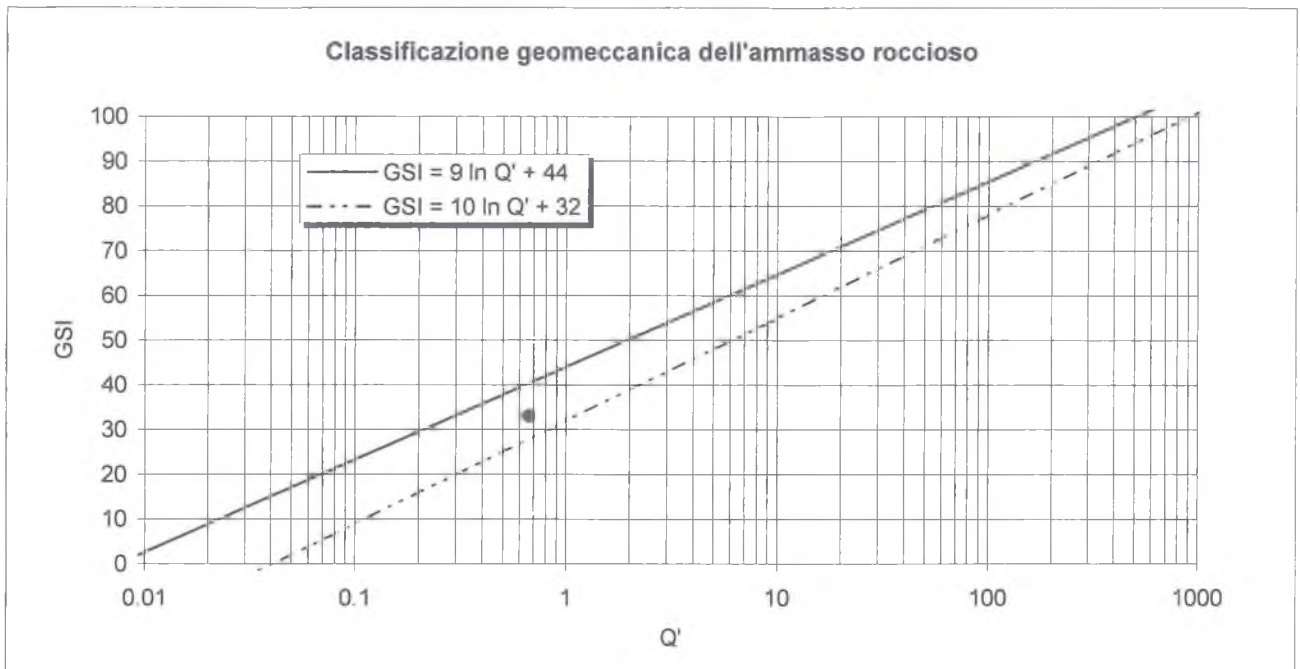
Rock Mass Rating intrinseco RMR' 38

Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso

RMR' [-]	classe	qualità dell'ammasso
38	IV	scadente

Geological Strength Index (Hoek e Marinos., 2000)

Condizioni di picco	GSI	33
Condizioni post-rottura	GSI_{RES}	30



PARAMETRI GEOMECCANICI

Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \cdot \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a \quad (\text{Hoek et al., 2002})$$

Materiale roccia		
resistenza a compressione monoassiale	σ_{ci} [MPa]	10
resistenza a trazione (calcolata)	σ_{ti} [MPa]	1.4
parametro dell'inviluppo di rottura	m_i [-]	7

Coefficiente di disturbo	D [-]	0.0
--------------------------	---------	-----

Ammasso roccioso - Condizioni di picco		
parametri dell'inviluppo di rottura	m_b [-]	0.64
	s [-]	5.8E-04
	a [-]	0.52
resistenza a trazione	σ_t [MPa]	0.01
resistenza a compressione monoassiale	σ_c [MPa]	0.21
resistenza globale	σ_{cm} [MPa]	0.99

Ammasso roccioso - Condizioni post-rottura		
parametri dell'inviluppo di rottura	m_b [-]	0.57
	s [-]	4.2E-04
	a [-]	0.52
resistenza a trazione	σ_t [MPa]	0.01
resistenza a compressione monoassiale	σ_c [MPa]	0.17
resistenza globale	σ_{cm} [MPa]	0.91

Modulo di deformabilità

(Serafim e Pereira, 1983; Hoek et al., 2002)

Condizioni di picco	E_m [GPa]	1.19
Condizioni post-rottura	E_m [GPa]	1.00

INVILUPPO DI ROTTURA DELL'AMMASSO ROCCIOSO

	post-rottura		condizioni di picco		condizioni post-rottura		condizioni di picco		condizioni post-rottura	
σ_3 [MPa]	σ_1 [MPa]	σ_1 [MPa]	σ_n [MPa]	τ [MPa]	σ_n [MPa]	τ [MPa]	c_i [MPa]	φ_i [°]	c_i [MPa]	φ_i [°]
0.00	0.21	0.17	0.00	0.03	0.00	0.02	0.03	59	0.02	59
0.05	0.61	0.55	0.02	0.05	0.01	0.04	0.06	45	0.06	44
0.10	0.86	0.80	0.13	0.20	0.13	0.18	0.09	40	0.09	39
0.15	1.08	1.01	0.24	0.29	0.23	0.27	0.12	37	0.11	36
0.20	1.27	1.19	0.33	0.37	0.33	0.35	0.14	35	0.13	34
0.25	1.44	1.36	0.43	0.44	0.42	0.41	0.16	33	0.15	32
0.30	1.61	1.51	0.52	0.50	0.51	0.47	0.18	32	0.17	31
0.35	1.76	1.66	0.61	0.56	0.60	0.52	0.20	30	0.19	29
0.40	1.91	1.81	0.70	0.61	0.69	0.57	0.22	29	0.20	28
0.45	2.06	1.94	0.79	0.66	0.77	0.62	0.24	28	0.22	27
0.50	2.20	2.08	0.87	0.71	0.85	0.66	0.25	28	0.24	27
0.60	2.46	2.33	0.96	0.75	0.94	0.71	0.28	26	0.27	25
0.70	2.71	2.58	1.12	0.83	1.10	0.78	0.31	25	0.29	24
0.80	2.96	2.81	1.28	0.91	1.25	0.86	0.34	24	0.32	23
0.90	3.19	3.04	1.44	0.98	1.41	0.92	0.37	23	0.34	22
1.00	3.42	3.26	1.59	1.05	1.56	0.99	0.39	23	0.37	22
1.10	3.64	3.47	1.75	1.12	1.71	1.05	0.42	22	0.39	21
1.20	3.85	3.68	1.90	1.18	1.86	1.11	0.44	21	0.41	20
1.30	4.07	3.89	2.05	1.24	2.01	1.16	0.46	21	0.44	20
1.40	4.27	4.09	2.19	1.29	2.15	1.22	0.49	20	0.46	19
1.50	4.48	4.29	2.34	1.35	2.30	1.27	0.51	20	0.48	19
1.60	4.68	4.48	2.48	1.40	2.44	1.32	0.53	19	0.50	19
1.70	4.88	4.67	2.63	1.45	2.58	1.37	0.55	19	0.52	18
1.80	5.07	4.86	2.77	1.50	2.72	1.41	0.57	19	0.54	18
1.90	5.26	5.05	2.91	1.55	2.86	1.46	0.59	18	0.55	18
2.00	5.45	5.24	3.05	1.60	3.00	1.50	0.61	18	0.57	17
2.20	5.83	5.60	3.19	1.64	3.14	1.55	0.65	17	0.61	17
2.40	6.19	5.96	3.47	1.73	3.41	1.63	0.68	17	0.64	16
2.60	6.55	6.31	3.75	1.82	3.68	1.71	0.72	16	0.67	16
2.80	6.91	6.66	4.02	1.90	3.95	1.79	0.75	16	0.70	15
3.00	7.26	7.00	4.29	1.97	4.22	1.86	0.78	16	0.74	15
3.20	7.60	7.33	4.56	2.05	4.48	1.93	0.81	15	0.77	15
3.40	7.94	7.67	4.82	2.12	4.75	2.00	0.84	15	0.79	14
3.60	8.28	8.00	5.09	2.19	5.01	2.07	0.87	15	0.82	14
3.80	8.61	8.32	5.35	2.26	5.27	2.13	0.90	14	0.85	14
4.00	8.94	8.64	5.61	2.33	5.53	2.20	0.93	14	0.88	13
4.20	9.27	8.96	5.87	2.40	5.78	2.26	0.96	14	0.90	13
4.40	9.59	9.28	6.13	2.46	6.04	2.32	0.99	14	0.93	13
4.60	9.91	9.59	6.39	2.52	6.29	2.38	1.01	13	0.95	13
4.80	10.23	9.91	6.64	2.58	6.55	2.44	1.04	13	0.98	13
5.00	10.54	10.22	6.90	2.64	6.80	2.49	1.07	13	1.00	12
5.50	11.32	10.98	7.15	2.70	7.05	2.55	1.13	12	1.06	12
6.00	12.09	11.74	7.79	2.84	7.68	2.68	1.19	12	1.12	12
6.50	12.85	12.48	8.41	2.98	8.30	2.81	1.25	12	1.18	11
7.00	13.60	13.22	9.03	3.11	8.91	2.93	1.30	11	1.23	11
7.50	14.34	13.95	9.65	3.23	9.52	3.05	1.36	11	1.28	11
8.00	15.07	14.67	10.27	3.36	10.13	3.17	1.41	11	1.33	10
8.50	15.80	15.38	10.88	3.47	10.74	3.28	1.46	10	1.38	10
9.00	16.51	16.09	11.48	3.59	11.34	3.39	1.51	10	1.43	10
9.50	17.23	16.79	12.09	3.70	11.94	3.49	1.56	10	1.47	10
10.00	17.94	17.49	12.69	3.81	12.54	3.59	1.61	10	1.52	9

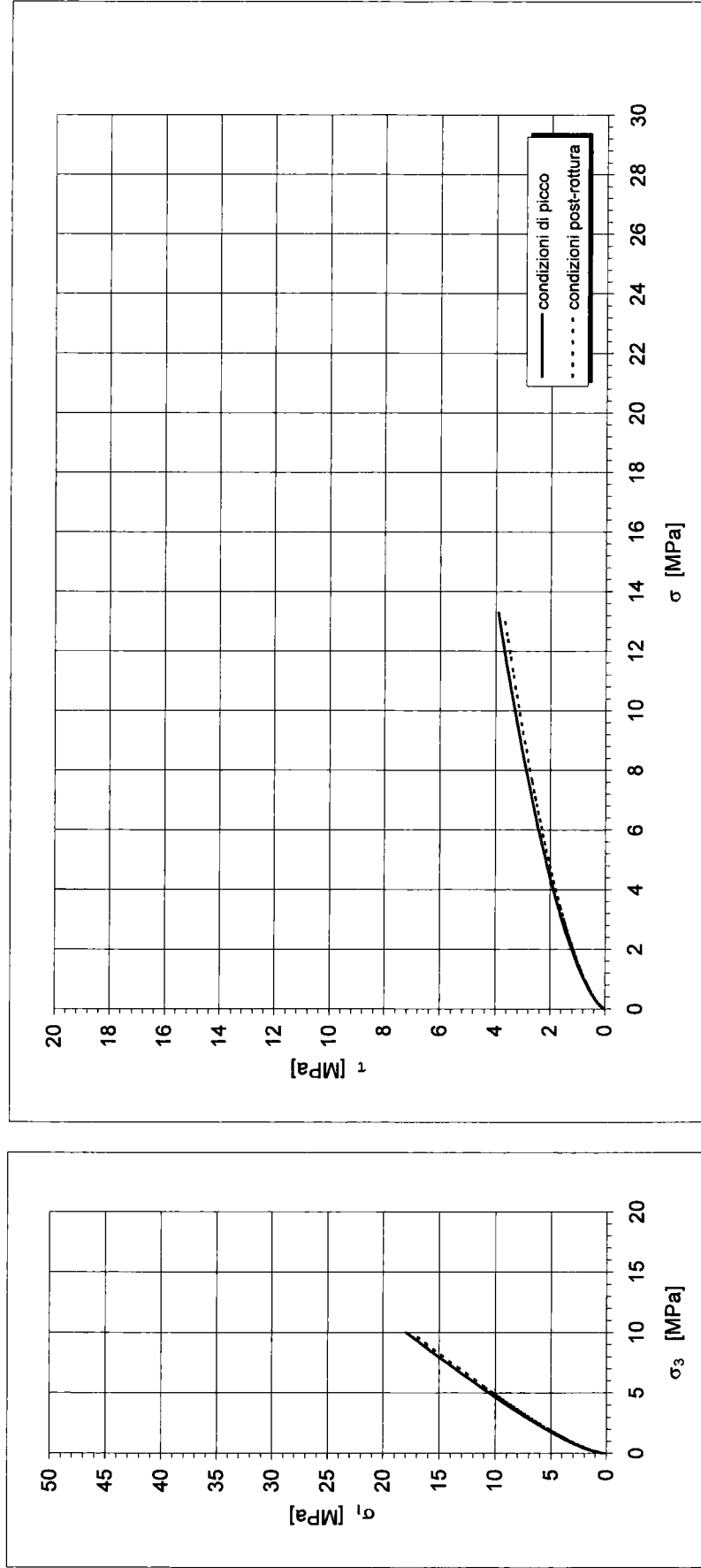
INVILUPPO DI ROTTURA DELL'AMMASSO ROCCIOSO ($\sigma_3 = 0 - 1 \text{ MPa}$)

σ_3 [MPa]	picco	post- rottura	condizioni di picco		condizioni post-rottura		condizioni di picco		condizioni post-rottura	
	σ_1 [MPa]	σ_1 [MPa]	σ_n [MPa]	τ [MPa]	σ_n [MPa]	τ [MPa]	c_i [kPa]	φ_i [°]	c_i [kPa]	φ_i [°]
0.00	0.21	0.17	0.00	0.03	0.00	0.02	29	59	24	59
0.01	0.32	0.28	0.02	0.05	0.01	0.04	37	54	31	53
0.02	0.40	0.36	0.04	0.09	0.04	0.08	44	51	38	50
0.03	0.48	0.43	0.06	0.12	0.06	0.11	51	48	45	48
0.04	0.54	0.50	0.09	0.15	0.08	0.14	58	47	52	46
0.05	0.61	0.55	0.11	0.17	0.10	0.16	64	45	58	44
0.06	0.66	0.61	0.13	0.20	0.13	0.18	71	44	64	43
0.07	0.72	0.66	0.15	0.22	0.15	0.20	76	43	70	42
0.08	0.77	0.71	0.17	0.24	0.17	0.22	82	42	75	41
0.09	0.82	0.76	0.19	0.26	0.19	0.24	88	41	80	40
0.10	0.86	0.80	0.22	0.27	0.21	0.26	93	40	86	39
0.11	0.91	0.84	0.24	0.29	0.23	0.27	98	39	91	38
0.12	0.95	0.89	0.26	0.31	0.25	0.29	104	39	96	38
0.13	1.00	0.93	0.28	0.32	0.27	0.30	109	38	100	37
0.14	1.04	0.97	0.30	0.34	0.29	0.32	114	38	105	36
0.15	1.08	1.01	0.32	0.36	0.31	0.33	118	37	110	36
0.16	1.12	1.04	0.33	0.37	0.33	0.35	123	36	114	35
0.17	1.16	1.08	0.35	0.38	0.35	0.36	128	36	118	35
0.18	1.19	1.12	0.37	0.40	0.36	0.37	132	36	123	35
0.19	1.23	1.15	0.39	0.41	0.38	0.39	137	35	127	34
0.20	1.27	1.19	0.41	0.43	0.40	0.40	141	35	131	34
0.22	1.34	1.26	0.43	0.44	0.42	0.41	150	34	139	33
0.24	1.41	1.26	0.47	0.46	0.46	0.44	158	34	147	32
0.26	1.48	1.32	0.50	0.49	0.49	0.46	166	33	155	32
0.28	1.54	1.39	0.54	0.51	0.53	0.48	174	33	163	31
0.30	1.61	1.45	0.58	0.54	0.56	0.50	182	32	170	31
0.32	1.67	1.51	0.61	0.56	0.60	0.52	190	32	177	30
0.34	1.73	1.57	0.65	0.58	0.63	0.54	197	31	184	30
0.36	1.79	1.63	0.68	0.60	0.67	0.56	204	31	191	29
0.38	1.85	1.69	0.72	0.62	0.70	0.58	212	30	198	29
0.40	1.91	1.75	0.75	0.64	0.74	0.60	219	30	205	28
0.42	1.97	1.81	0.79	0.66	0.77	0.62	225	29	211	28
0.44	1.97	1.86	0.82	0.68	0.80	0.64	232	29	218	28
0.46	2.03	1.92	0.85	0.70	0.84	0.65	239	28	224	27
0.48	2.08	1.97	0.89	0.72	0.87	0.67	246	28	230	27
0.50	2.14	2.02	0.92	0.73	0.90	0.69	252	28	236	27
0.55	2.20	2.08	0.96	0.75	0.94	0.71	268	27	251	26
0.60	2.33	2.21	1.04	0.79	1.02	0.75	283	26	266	25
0.65	2.46	2.33	1.12	0.83	1.10	0.78	298	26	280	25
0.70	2.59	2.46	1.20	0.87	1.18	0.82	313	25	293	24
0.75	2.71	2.58	1.28	0.91	1.25	0.86	327	25	307	24
0.80	2.84	2.69	1.36	0.95	1.33	0.89	341	24	320	23
0.85	2.96	2.81	1.44	0.98	1.41	0.92	354	24	332	23
0.90	3.07	2.93	1.52	1.02	1.49	0.96	367	23	345	22
0.95	3.19	3.04	1.59	1.05	1.56	0.99	380	23	357	22
1.00	3.30	3.15	1.67	1.08	1.64	1.02	393	23	369	22
1.00	3.42	3.26	1.75	1.12	1.71	1.05				

Inviluppi di rottura dell'ammasso roccioso

**A1 MI-NA - Ampliamento alla 3a corsia del tratto Firenze Sud -Incisa
Bruscheto**

RG 5bis



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)

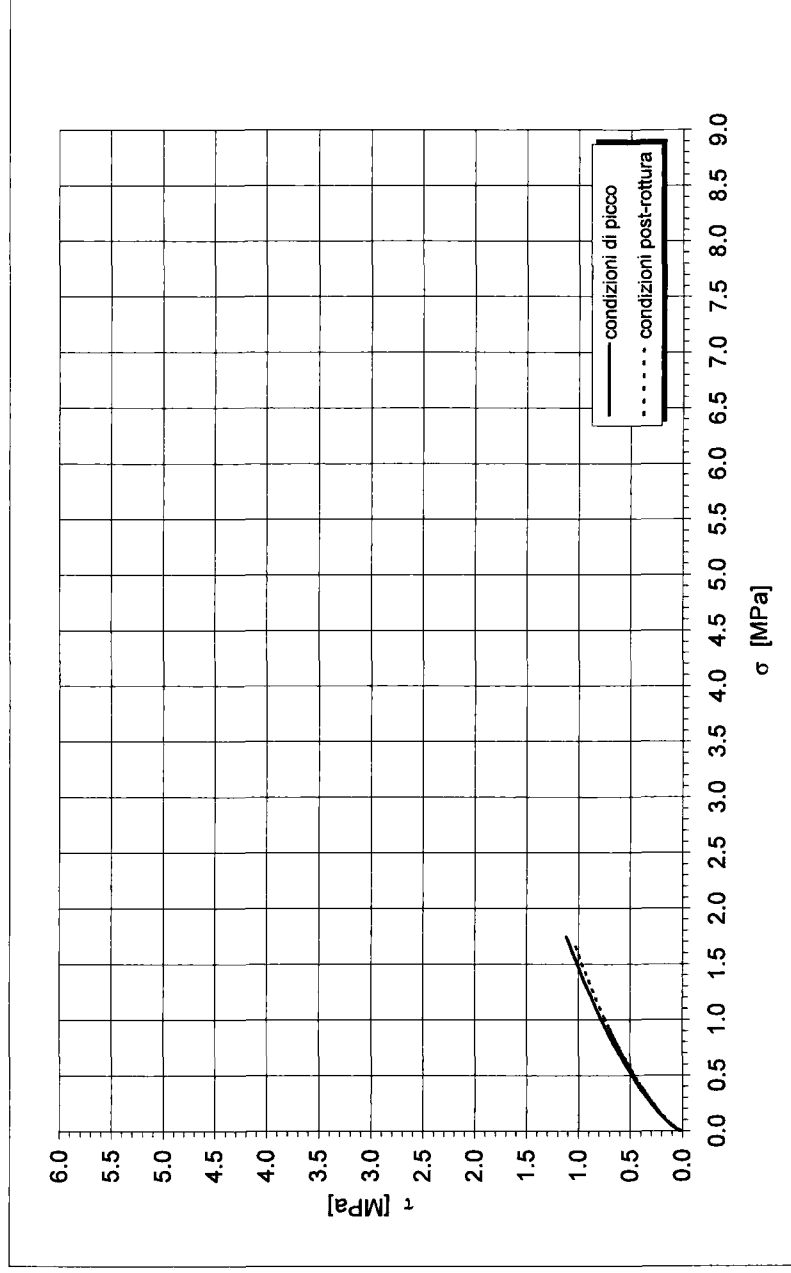
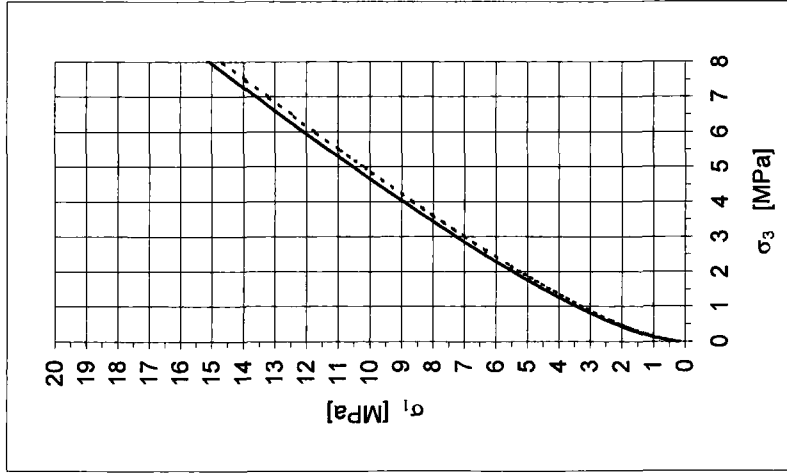
Materiale roccia			
resistenza a compressione monoassiale	σ_{ci} [MPa]	10	10
resistenza a trazione (calcolata)	σ_{ti} [MPa]	1.4	1.4
parametro dell'involuppo di rottura	m_i [-]	7.0	7.0

Ammasso roccioso		picco		post-rottura	
parametri dell'involuppo di rottura		m_b [-]	0.64	0.57	0.57
		s [-]	5.8E-04	4.2E-04	4.2E-04
		a [-]	0.52	0.52	0.52
resistenza a trazione		σ_t [MPa]	0.01	0.01	0.01
resistenza a compressione monoassiale		σ_c [MPa]	0.21	0.21	0.17
resistenza globale		σ_{cm} [MPa]	0.99	0.99	0.91
modulo di deformabilità		E_m [GPa]	1.19	1.19	1.00

**Inviluppi di rottura dell'ammasso roccioso
($0 < \sigma_3 < 1 \text{ MPa}$)**

**A1 MI-NA - Ampliamento alla 3a corsia del tratto Firenze Sud -Incisa
Bruscheto**

RG 5bis



Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \cdot \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a \quad (\text{Hoek et al., 2002})$$

Materiale roccia	
resistenza a compressione monoassiale	σ_{ci} [MPa]
resistenza a trazione (calcolata)	σ_{ti} [MPa]
parametro dell'involuppo di rottura	m_b [-]

Ammasso roccioso		picco		post-rottura	
parametri dell'involuppo di rottura		m_b [-]	0.64	0.57	
		s [-]	5.8E-04	4.2E-04	
		a [-]	0.52	0.52	
resistenza a trazione		σ_t [MPa]	0.01	0.01	0.01
resistenza a compressione monoassiale		σ_c [MPa]	0.21	0.17	0.17
resistenza globale		σ_{cm} [MPa]	0.99	0.91	0.91
modulo di deformabilità		E_m [GPa]	1.19	1.00	1.00