

**AGGREGATI DI RICICLO PER LA
COSTRUZIONE DI OPERE CIVILI
E INFRASTRUTTURALI**



COSTRUZIONE DI RILEVATI STRADALI CON L'UTILIZZO DI AGGREGATI DI RICICLO ADDITIVATI A CEMENTO

*Auditorium della Biblioteca Comunale "G. Bassani" Piazza Emilia n°1
Quartiere Barco -44100 Ferrara*

VENERDÌ 11/04/08

Ing. Mirco Mischiatti



Adeguamento viabilità a sud-est di
Ferrara con nuovo accesso sul
raccordo autostradale Ferrara-Mare a
Cona Lotto A



Strada Provinciale

Realizzazione della viabilità per le opere
di urbanizzazione al piano
particolareggiato di iniziativa privata in
località Cassana a Ferrara



Strada Comunale

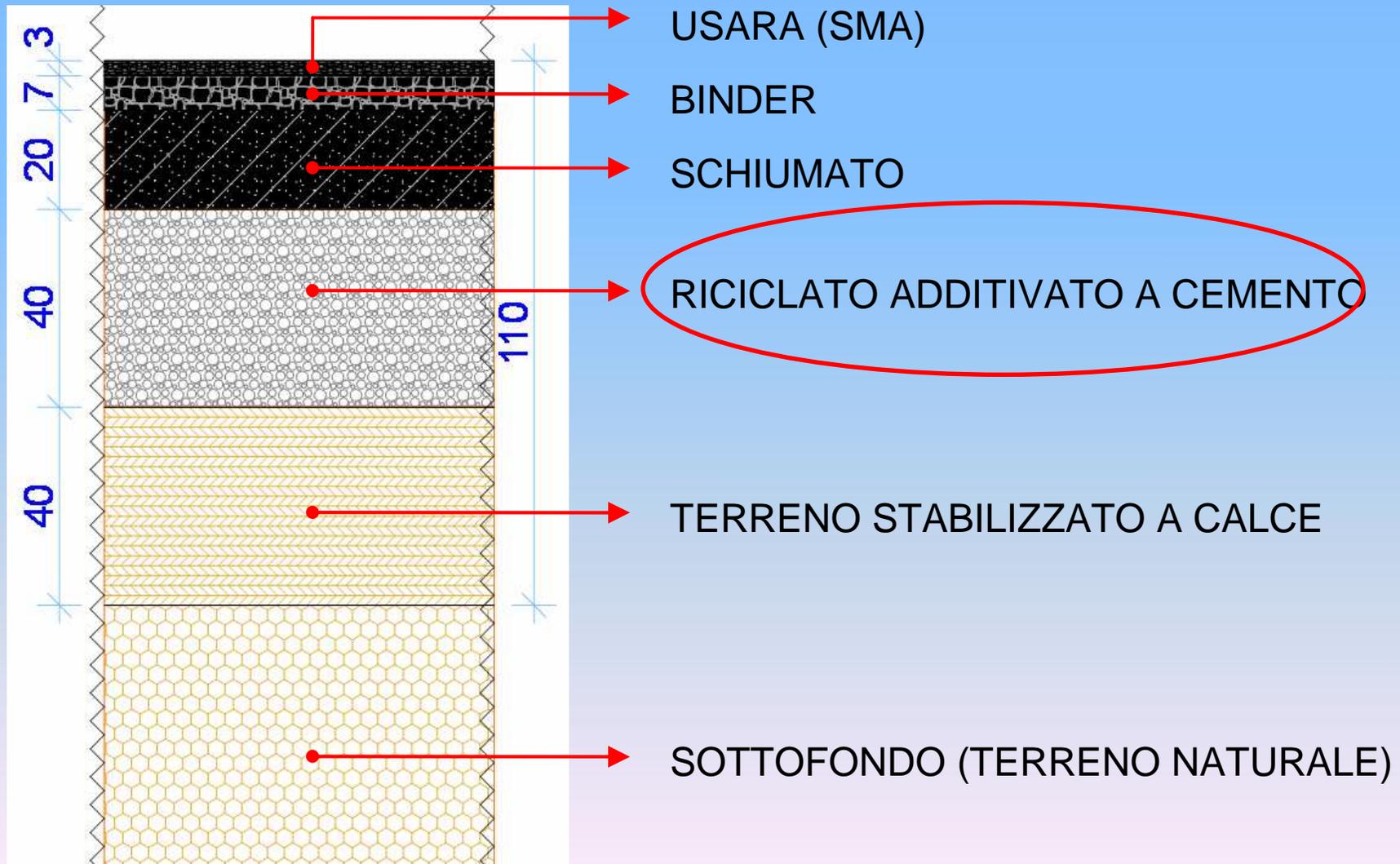
CASO 1

Adeguamento viabilità a sud-est di Ferrara con nuovo accesso sul raccordo autostradale Ferrara-Mare a Cona Lotto A

PLANIMETRIA INTERVENTO



SEZIONE SOVRASTRUTTURA STRADALE



PROVE SUL MATERIALE RICICLATO

PROVE DI LABORATORIO

MATERIALE NON ADDITIVATO

- CLASSIFICAZIONE DEL MATERIALE (EX CNR-UNI 10006/63)
- ANALISI GRANULOMETRICA
- LOS ANGELES
- COMPATTAZIONE PROCTOR MOD.

MATERIALE ADDITIVATO A CEMENTO

- RESISTENZA A COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA
- RESISTENZA A TRAZIONE INDIRETTA (BRASILIANA)

CONTROLLI IN SITO

DURANTE LA LAVORAZIONE

- UMIDITÀ DEL MATERIALE
- STESA DEL LEGANTE
- PROFONDITÀ DELLA LAVORAZIONE (FRESA)
- COMPATTAZIONE (RULLI FERRO GOMMA VIBRANTI)
- SAGOMATURA DELLA STRADA (MOTOGREDER)
- FINITURA (RULLI GOMMATI)

POST-LAVORAZIONE

- PROVE DI CARICO CON PIASTRA STATICA
- DENSITÀ IN SITO (DIFFICILE DA ESEGUIRE)
- SPESSORE MATERIALE TRATTATO (CAROTE)

CAMPO PROVA

PARTICOLARE MATERIALE IN SITO



DOPO LA FRESATURA



**PRELIEVO MATERIALE
PER PROVE DI LABORATORIO**

PRIMA DELLA FRESATURA

AGGREGATI DI RICICLO PER LA COSTRUZIONE DI OPERE CIVILI E INFRASTRUTTURALI



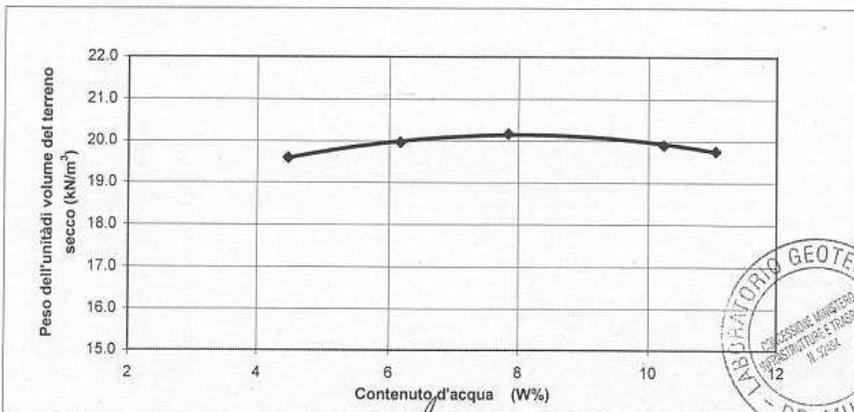
PROCTOR MOD.

Committente : Robur Asfalti
 Cantiere : Viabilità Ospedale Cona (FE)
 Campione : Mix Sez. 6/7 + sez. 304/305 Data inizio prova : 17/04/07

PROVA N°	1	2	3	4	5
Peso fustella + terra (N)	73.794	75.362	76.538	76.930	76.930
Peso Fustella (N)	30.380	30.380	30.380	30.380	30.380
Peso dell'unità di volume (kN/m³)	20.459	21.198	21.752	21.937	21.937
Contenuto d'acqua (W%)	4.472	6.171	7.842	10.239	11.045
Peso dell'unità di volume del terreno secco(kN/m³)	19.583	19.966	20.170	19.899	19.755

CARATTERISTICHE DELLA PROVA:	
Altezza fustella (mm):	117
Diámetro fustella (mm):	101
Volume fustella (cmc):	945
Numero strati:	5
Numero colpi per strato:	25
Altezza di caduta (cm):	45.7
Peso del pestello (N):	44.52

CARATTERISTICHE OTTIMALI:	
Peso dell'unità di volume del terreno secco (kN/m³)	20.20
Contenuto d'acqua (W %):	8



LOS ANGELES

Committente : Robur Asfalti Srl
 Cantiere : Viabilità Ospedale Cona (FE)

Campione : Mix. Sez. 6/7 + Sez. 304/305

Data inizio prova : 20/04/2007

DETERMINAZIONE DELLA PERDITA IN PESO PER ABRASIONE (Los Angeles - C.N.R. B.U n. 34)

CLASSE GRANULOMETRICA	(mm)	19-12.7
CLASSE GRANULOMETRICA	(mm)	12.7-9.5
PESO DEL MATERIALE	(gr)	5.000
TRATTENUTO AL SETACCIO CON APERTURA 1.68 mm	(gr)	3.565

COEFFICIENTE LOS ANGELES LA = 28.7%

PROVE DI COMPRESSIONE (ELL)

TRAZIONI INDIRETTE

Provino n°	Cemento %	Contenuto d'acqua W%	Peso di volume secco (MN/m ³)	Resistenza a compressione (N/mm ²)
1	4%	9.3	20.58	1.897
2	4%	9.2	20.16	2.013
3	4%	9.2	20.56	1.641

Provino n°	Cemento %	Contenuto d'acqua W%	Peso di volume secco (MN/m ³)	Resistenza a compressione (N/mm ²)
1	4%	10.4	20.22	0.28
2	4%	8.5	20.64	0.3
3	4%	9.5	20.42	0.33

Provino n°	Cemento %	Contenuto d'acqua W%	Peso di volume secco (MN/m ³)	Resistenza a compressione (N/mm ²)
1	5%	8.1	20.50	2.333
2	5%	10.1	20.22	2.577
3	5%	9.2	20.35	2.711

Provino n°	Cemento %	Contenuto d'acqua W%	Peso di volume secco (MN/m ³)	Resistenza a compressione (N/mm ²)
1	5%	10.1	20.29	0.45
2	5%	10.2	20.27	0.39
3	5%	9.1	20.45	0.32

VALORI DI CAPITOLATO

VALORI DI CAPITOLATO

$$2,5 \text{ N/mm}^2 \leq R_C \leq 4,5 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{TR} \geq 0,25 \text{ N/mm}^2$$

**AGGREGATI DI RICICLO PER LA
COSTRUZIONE DI OPERE CIVILI
E INFRASTRUTTURALI**



RICICLATO CEMENTATO

PARTICOLARI DURANTE LA LAVORAZIONE



**AGGREGATI DI RICICLO PER LA
COSTRUZIONE DI OPERE CIVILI
E INFRASTRUTTURALI**



RICICLATO CEMENTATO

PARTICOLARI A LAVORAZIONE ESEGUITA



AGGREGATI DI RICICLO PER LA COSTRUZIONE DI OPERE CIVILI E INFRASTRUTTURALI



PROVE DI PIASTRA CNR-B.U. (Norme Tecniche) - Anno XXVI - n° 146



PROVINCIA DI FERRARA

U.O.P.C. GEOLOGICO E PROTEZIONE CIVILE - C.so Isonzo, 26 - 44100 Ferrara
tel. 0532/299426-299460 - fax 0532-299438



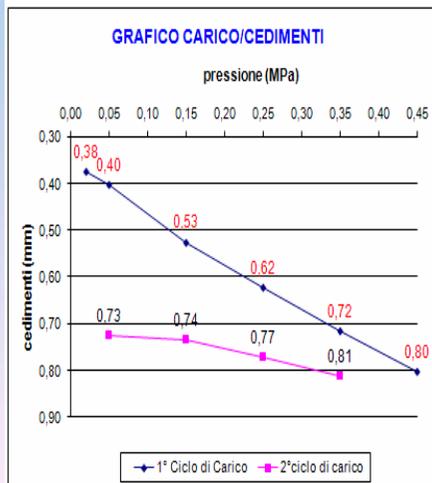
CANTIERE: Cona Lotto A
PROVA N. 1
OPERATORE: F.F.
Piastra $\phi=300$ mm



DATA: 14-mag-07
SEZIONE: 202/203 Sx
STRATO: Cementato
NOTE: 3 giorni di maturazione

1° CICLO DI CARICO					
Pressione Mpa	Comparatori mm			Tempo minuti	media mm
	1°	2°	3°		
0,02	0,18	0,74	0,21	1	0,38
0,05	0,21	0,75	0,25	2	0,40
0,15	0,33	0,85	0,40	2	0,53
0,25	0,41	0,95	0,51	2	0,62
0,35	0,51	1,04	0,60	2	0,72
0,45	0,60	1,11	0,70	1	0,80

2° CICLO DI CARICO					
Pressione Mpa	Comparatori mm			Tempo minuti	media mm
	1°	2°	3°		
0,05	0,53	1,04	0,61	2	0,73
0,15	0,54	1,05	0,62	2	0,74
0,25	0,58	1,08	0,66	2	0,77
0,35	0,62	1,12	0,70	1	0,81



$$Md1 = \frac{\phi \text{ piastra}}{S_{3,5} - S_{2,5}} = \frac{300}{S_{3,5} - S_{2,5}} = 3214,29 \text{ kg/cm}^2$$

$$Md2 = \frac{\phi \text{ piastra}}{S_{3,5} - S_{2,5}} = \frac{300}{S_{3,5} - S_{2,5}} = 7500,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{Md1}{Md2} = 0,43$$



PROVINCIA DI FERRARA

U.O.P.C. GEOLOGICO E PROTEZIONE CIVILE - C.so Isonzo, 26 - 44100 Ferrara
tel. 0532/299426-299460 - fax 0532-299438

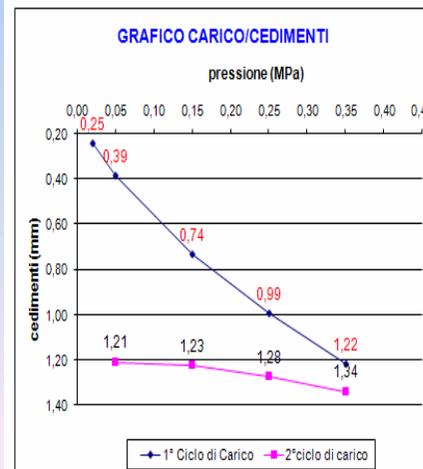


CANTIERE: Cona Lotto A
PROVA N. 2
OPERATORE: F.F.
Piastra $\phi=300$ mm

DATA: 14-mag-07
SEZIONE: 207 dx
STRATO: Cementato
NOTE: 3 giorni di maturazione materiale smosso

1° CICLO DI CARICO					
Pressione Mpa	Comparatori mm			Tempo minuti	media mm
	1°	2°	3°		
0,02	0,05	0,65	0,04	1	0,25
0,05	0,19	0,82	0,15	2	0,39
0,15	0,50	1,33	0,38	3	0,74
0,25	0,81	1,65	0,52	3	0,99
0,35	1,10	1,87	0,68	3	1,22
0,45	1,29	2,03	0,84	1	1,39

2° CICLO DI CARICO					
Pressione Mpa	Comparatori mm			Tempo minuti	media mm
	1°	2°	3°		
0,05	1,13	1,87	0,63	2	1,21
0,15	1,15	1,88	0,65	2	1,23
0,25	1,2	1,93	0,7	2	1,28
0,35	1,26	1,99	0,77	1	1,34



$$Md1 = \frac{\phi \text{ piastra}}{S_{3,5} - S_{2,5}} = \frac{300}{S_{3,5} - S_{2,5}} = 1343,28 \text{ kg/cm}^2$$

$$Md2 = \frac{\phi \text{ piastra}}{S_{3,5} - S_{2,5}} = \frac{300}{S_{3,5} - S_{2,5}} = 4736,84 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{Md1}{Md2} = 0,28$$

AGGREGATI DI RICICLO PER LA COSTRUZIONE DI OPERE CIVILI E INFRASTRUTTURALI



PROVE DI PIASTRA CNR-B.U. (Norme Tecniche) - Anno XXVI - n° 146



PROVINCIA DI FERRARA

U.O.P.C. GEOLOGICO E PROTEZIONE CIVILE - C.so Isonzo, 26 - 44100 Ferrara
tel. 0532/299426-299460 - Efax 0532-299438

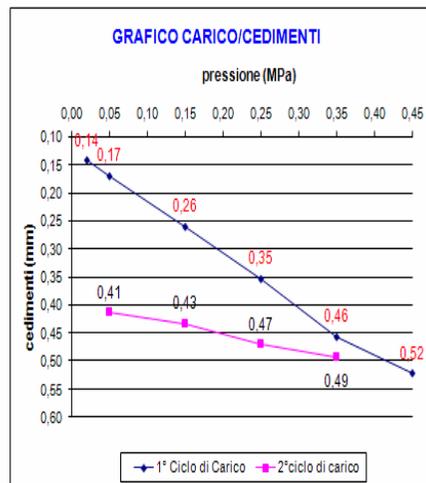


CANTIERE: Cona Lotto A
PROVA N. 1
OPERATORE: F.F.
Piastra $\phi=300$ mm

DATA: 15-mag-07
SEZIONE: 301asse
STRATO: Cementato
NOTE: 4 giorni di maturazione

1° CICLO DI CARICO					
Pressione Mpa	Comparatori mm			Tempo minuti	media mm
	1°	2°	3°		
0,02	0,36	0,06	0,01	1	0,14
0,05	0,41	0,07	0,03	2	0,17
0,15	0,55	0,14	0,09	2	0,26
0,25	0,66	0,25	0,15	2	0,35
0,35	0,78	0,35	0,24	2	0,46
0,45	0,86	0,42	0,29	1	0,52

2° CICLO DI CARICO					
Pressione Mpa	Comparatori mm			Tempo minuti	media mm
	1°	2°	3°		
0,05	0,75	0,28	0,21	2	0,41
0,15	0,78	0,30	0,22	2	0,43
0,25	0,81	0,35	0,25	2	0,47
0,35	0,84	0,38	0,26	1	0,49



$$M_{d1} = \frac{\phi \text{ piastra}}{S_{3,5} - S_{2,5}} = \frac{300}{S_{3,5} - S_{2,5}} = 2903,23 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_{d2} = \frac{\phi \text{ piastra}}{S_{3,5} - S_{2,5}} = \frac{300}{S_{3,5} - S_{2,5}} = 12857,14 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{M_{d1}}{M_{d2}} = 0,23$$



PROVINCIA DI FERRARA

U.O.P.C. GEOLOGICO E PROTEZIONE CIVILE - C.so Isonzo, 26 - 44100 Ferrara
tel. 0532/299426-299460 - Efax 0532-299438

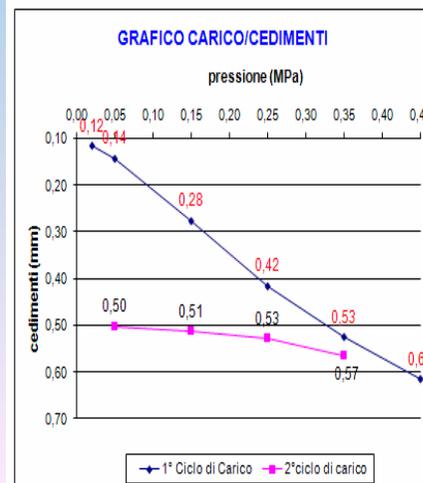


CANTIERE: Cona Lotto A
PROVA N. 1
OPERATORE: F.F.
Piastra $\phi=300$ mm

DATA: 16-mag-07
SEZIONE: 1/1A asse
STRATO: Cementato
NOTE: 5 giorni di maturazione

1° CICLO DI CARICO					
Pressione Mpa	Comparatori mm			Tempo minuti	media mm
	1°	2°	3°		
0,02	0,07	0,13	0,15	1	0,12
0,05	0,09	0,18	0,16	2	0,14
0,15	0,19	0,33	0,31	2	0,28
0,25	0,23	0,54	0,48	2	0,42
0,35	0,29	0,63	0,66	2	0,53
0,45	0,32	0,71	0,82	1	0,62

2° CICLO DI CARICO					
Pressione Mpa	Comparatori mm			Tempo minuti	media mm
	1°	2°	3°		
0,05	0,23	0,57	0,71	2	0,50
0,15	0,24	0,59	0,71	2	0,51
0,25	0,25	0,61	0,73	2	0,53
0,35	0,27	0,64	0,79	1	0,57



$$M_{d1} = \frac{\phi \text{ piastra}}{S_{3,5} - S_{2,5}} = \frac{300}{S_{3,5} - S_{2,5}} = 2727,27 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_{d2} = \frac{\phi \text{ piastra}}{S_{3,5} - S_{2,5}} = \frac{300}{S_{3,5} - S_{2,5}} = 8181,82 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{M_{d1}}{M_{d2}} = 0,33$$

TABELLA PROVE DI PIASTRA

N.	DATA	SEZIONE	M_{d1}	M_{d2}	M_{d1}/M_{d2}
1	14/05/2007	202-203	3114	7500	0,42
2	14/05/2007	207	1343	2308	0,58
3	15/05/2007	301	2903	12857	0,23
4	16/05/2007	1-1A	2727	8182	0,33
5	16/05/2007	9	3333	10000	0,33
6	16/05/2007	19	3000	6923	0,43
7	16/05/2007	308	3333	6429	0,52
8	16/05/2007	206	1169	2308	0,51
			2615	7063	0,42

VALORI MEDI

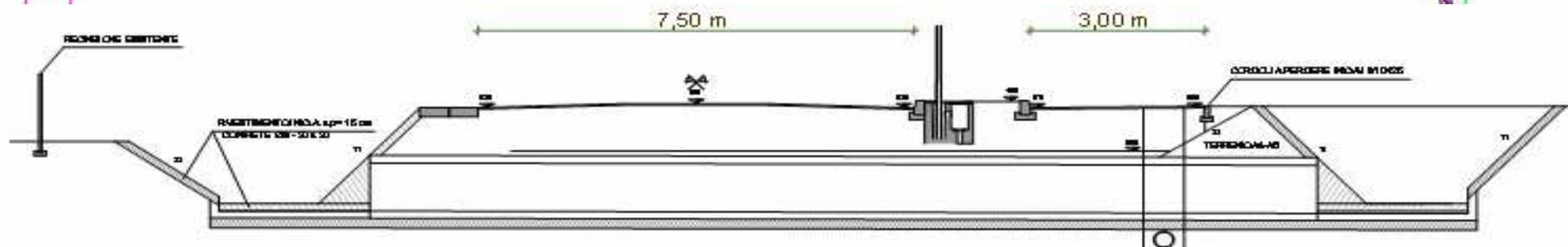
CASO 2

Realizzazione della viabilità per le opere di urbanizzazione al piano particolareggiato di iniziativa privata in località Cassana a Ferrara

PLANIMETRIA INTERVENTO



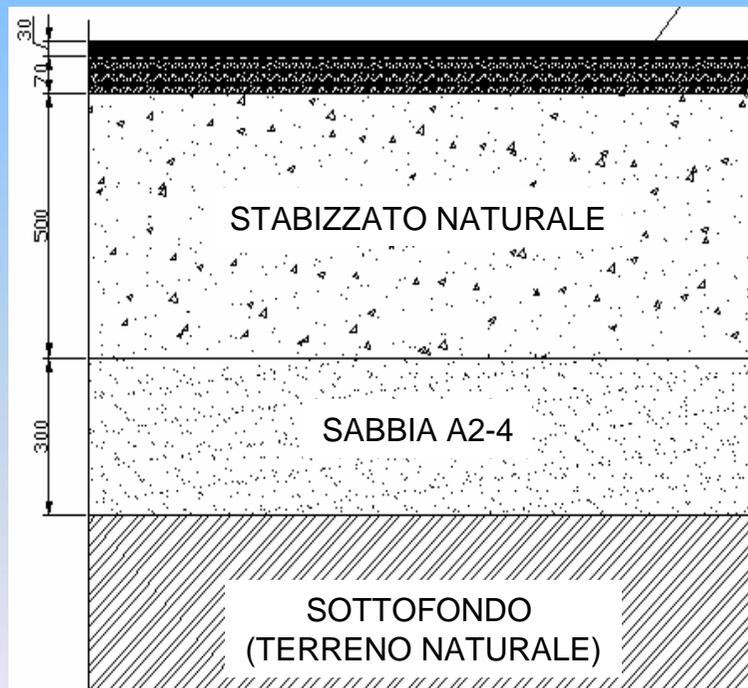
SEZIONE STRADALE TIPO



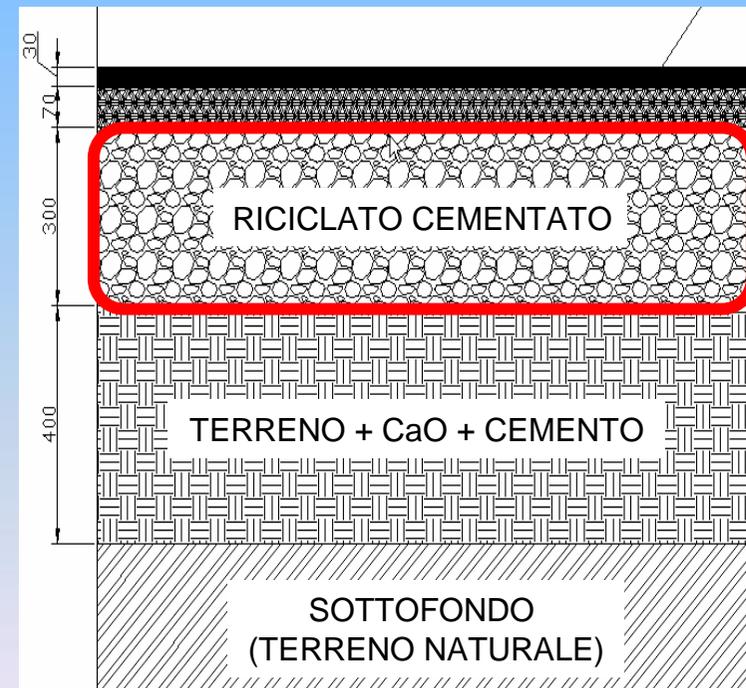
CASO 2

Realizzazione della viabilità per le opere di urbanizzazione al piano particolareggiato di iniziativa privata in località Cassana a Ferrara

PAVIMENTAZIONE PREVISTA IN PROGETTO



PAVIMENTAZIONE DI VARIANTE



PROVE SUL MATERIALE RICICLATO

PROVE DI LABORATORIO

MATERIALE NON ADDITIVATO

- CLASSIFICAZIONE DEL MATERIALE (EX CNR-UNI 10006/63)
- ANALISI GRANULOMETRICA
- LOS ANGELES
- COMPATTAZIONE PROCTOR MOD.

MATERIALE ADDITIVATO A CEMENTO

- RESISTENZA A COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA
- RESISTENZA A TRAZIONE INDIRETTA (BRASILIANA)

CONTROLLI IN SITO

DURANTE LA LAVORAZIONE

- UMIDITÀ DEL MATERIALE
- STESA DEL LEGANTE
- PROFONDITÀ DELLA LAVORAZIONE (FRESA)
- COMPATTAZIONE (RULLI FERRO GOMMA VIBRANTI)
- SAGOMATURA DELLA STRADA (MOTOGREDER)
- FINITURA (RULLI GOMMATI)

POST-LAVORAZIONE

- PROVE DI CARICO CON PIASTRA STATICA
- DENSITÀ IN SITO (DIFFICILE DA ESEGUIRE)
- SPESSORE MATERIALE TRATTATO (CAROTE)

**AGGREGATI DI RICICLO PER LA
COSTRUZIONE DI OPERE CIVILI
E INFRASTRUTTURALI**

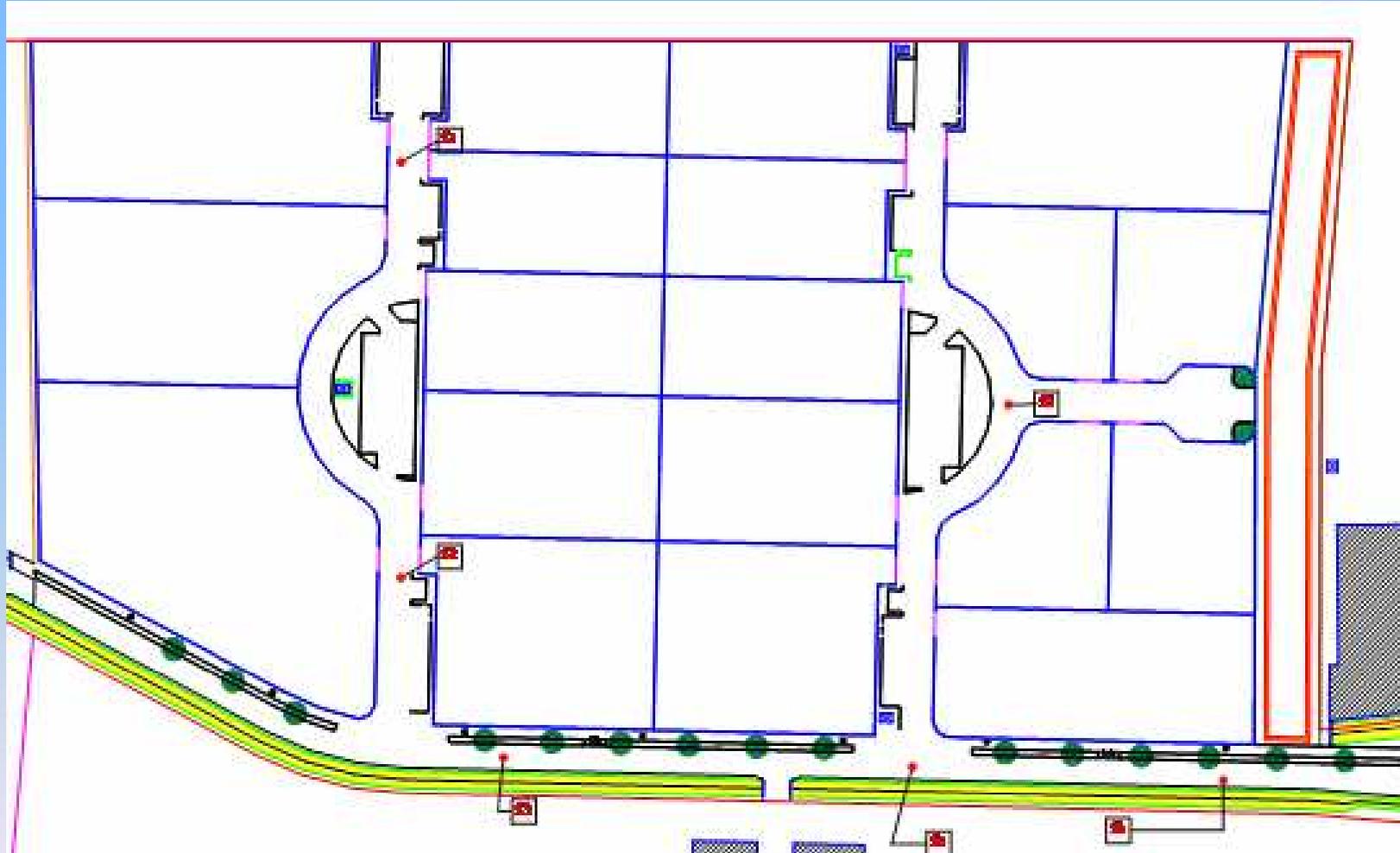


FOTO MATERIALE RICICLATO



PRELIEVO MATERIALE PER CONTROLLO ACCETTAZIONE

UBICAZIONE SONDAGGI CEMENTATO



SONO STATI ESEGUITI N.6 SONDAGGI

AGGREGATI DI RICICLO PER LA COSTRUZIONE DI OPERE CIVILI E INFRASTRUTTURALI



CLASSIFICAZIONE

Committente: Synthesis Srl
 Località: Cassana-Fe
 Cantiere: Lottizzazione SIPRO

Sondaggio: -
 Campione: MIX
 Profondità: -

pagina 1 di 1

Data ricevimento campione: 23/06/2006
 Data inizio prove: 27/06/2006

Data emissione certificato: 20/07/2006
 Data fine prove: 28/06/2006

CARATTERISTICHE FISICHE, VOLUMETRICHE E DI CONSISTENZA

Umidità e Densità		
t	-	g
cu+t	-	g
cs+t	-	g
V. Fustella	14,884	cm ³

Contenuto sostanze organiche		
t	-	g
cu+t	-	g
cs+t	-	g
cs'+t	-	g

CARATTERISTICHE NATURALI		
Umidità naturale	w	%
Densità naturale	γ	kN/m ³
Densità secca	γ_d	kN/m ³
Densità minima	γ_{min}	kN/m ³
Peso specifico dei grani	γ_s	kN/m ³
Equivalente in sabbia	-	%
Contenuto sostanze organiche	-	%
Contenuto solfati	-	%
Contenuto carbonati	-	%

Peso dei grani		
Pic	-	g
Pic + camp.	-	g
pic+ta+H ₂ O	-	g
pic+ta+H ₂ O+cam	-	g

Contenuto carbonati		
V CO ₂	-	cm ³
P atm	-	mm
Q	-	g

Limite liquido		
N colpi	-	n°
t	71.63	g
cu+t	126.00	g
cs+t	110.00	g

Limite plastico		
t	-	g
cu+t	-	g
cs+t	-	g

Ritiro lineare		
Lungh. iniziale	-	mm
Lungh. finale	-	mm

Densità minima		
V. fustella	-	cm ³
peso sabbia + t	-	g

Granulometria		
Peso Campione	1179.80	g
2 mm	751.09	g
0.42 mm	56.10	g
0.075 mm	105.00	g

equivalente in sabbia		
H tot	-	mm
h p	-	mm

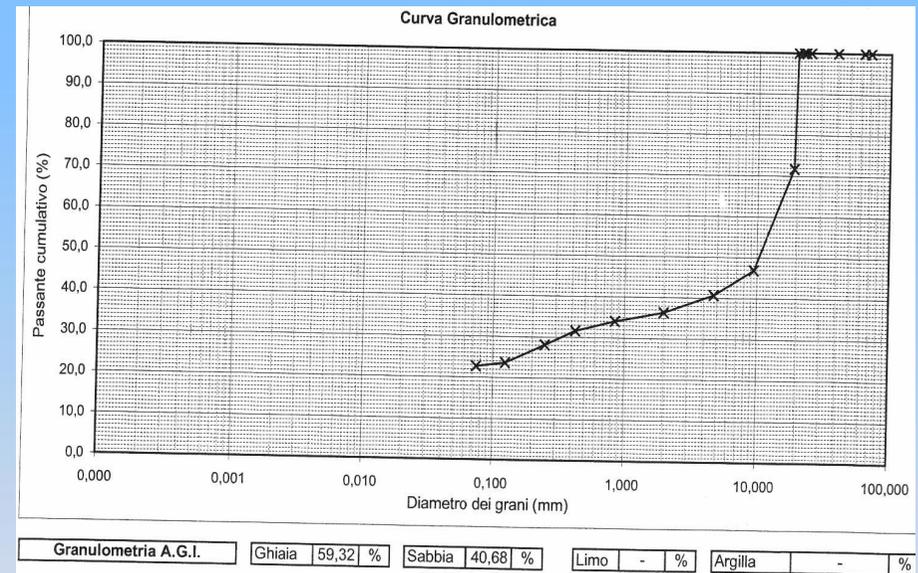
CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE		
Setaccio	Passante	%
2.00 mm	45.37	%
0.42 mm	31.58	%
0.075 mm	13.65	%

PARAMETRI DERIVATI		
Indice di liquidità	IL	-
Indice di consistenza	IC	-
Indice di gruppo	IG	-
U.S.C.S.	-	-
C.N.R.-U.N.I.	-	-
Indice dei vuoti	e	-
Porosità	N	%
Umidità di saturazione	Ws	%
Grado di saturazione	S	%

Limite di ritiro		
cu+t	-	g
cs+t	-	g
peso Hg	-	g
t	-	g
volume tara	-	cm ³
+ Hg	-	kN/m ³
volume Hg	-	cm ³
CU	-	g
CS	-	g

Norme di riferimento: CNR-UNI 10008, CNR-UNI Anno VII n° 40, CNR-UNI 10013, CNR-UNI 10014, BS 1377, CNR-UNI 8520, CNR-UNI ANNO V N°23, Procedure Interne OP 3.16, OP 3.14, OP 3.13, OP 3.17

GRANULOMETRIA



AGGREGATI DI RICICLO PER LA COSTRUZIONE DI OPERE CIVILI E INFRASTRUTTURALI

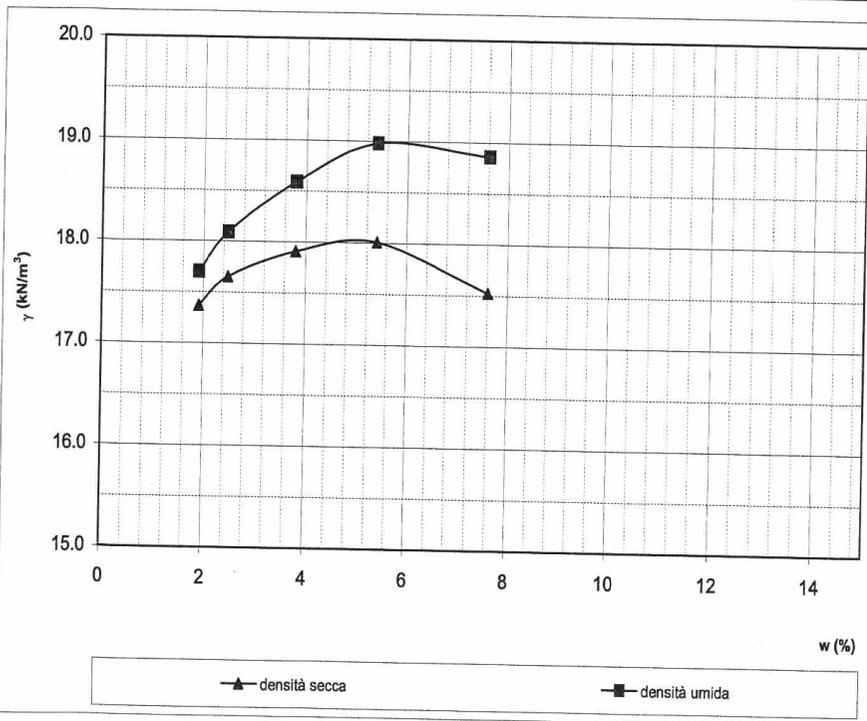


PROCTOR MOD.

PROVA DI COMPATTAZIONE PROCTOR MODIFICATO

Norma di riferimento: ASTM D698-78

Volume fustella	2131.54	cm ³	Provino n°	1	2	3	4	5
Peso pestello	4.540	kg	Peso fust.	g	4252.0	4252.0	4252.0	4252.0
Altezza di caduta	45.7	cm	Peso camp.+fust.	g	8024.9	10125.0	8218.3	8303.4
			Vol. fustella	cm ³	2131.6	2132.6	2133.6	2134.6
			t	g	398.9	263.9	389.6	518.3
			cu+t	g	5612.0	5917.5	6110.0	6960.0
			cs+t	g	5514.0	5700.0	5900.0	6630.0
			w	%	1.9	2.5	3.8	5.4
			γ	kN/m ³	17.7	18.1	18.6	19.0
			γ _d	kN/m ³	17.4	17.7	17.9	18.0



LOS ANGELES

DETERMINAZIONE DELLA PERDITA IN PESO PER ABRASIONE DI AGGREGATI LAPIDEI CON APPARECCHIO "LOS ANGELES"

norma UNI EN 1097-2/09

COMMITTENTE: FERRARI STRADE S.r.l.
 via S. Liberata, 12 - Cento (FE)
CANTIERE: SIPRO_FERRARA
OPERA: MAXI lotto 6-8
CAMPIONE: Misto granulare di riciclo
COMMESSA: 3847/06
VERBALE ACC.: 53/06
GEO - CERT. n°: 471/06
DURATA PROVE: 19 - 20/04/06
DATA CONSEGNA: 12/04/06
rev.Q del: 20/04/06

bilancie cod. 553, 567, attrezzatura Los Angeles: 31
 setacci: 362, 395, 400, 401, 402

NATURA DEL CAMPIONE: misto granulare di riciclo

Procedimento di prova

12 sfere - 1000 giri

Classi impiegate

38.10 - 25.40 mm

25.40 - 19.00 mm

massa iniziale = 10000 grammi
 massa dopo prova = 6688 grammi

Coefficiente Los Angeles = 33

PROVE DI COMPRESSIONE (ELL)

TRAZIONI INDIRETTE

Provino n°	Cemento %	Contenuto d'acqua W%	Peso di volume secco (MN/m ³)	Resistenza a compressione (N/mm ²)
1	4%	8,5%	20,21	0,154
2	4%	8,7%	20,19	0,134
3	4%	8,8%	20,17	0,176

Provino n°	Cemento %	Contenuto d'acqua W%	Peso di volume secco (MN/m ³)	Resistenza a compressione (N/mm ²)
1	4%	9,2%	20,18	0,176
2	4%	8,5%	20,20	0,156
3	4%	9,1%	20,18	0,165

Provino n°	Cemento %	Contenuto d'acqua W%	Peso di volume secco (MN/m ³)	Resistenza a compressione (N/mm ²)
1	5%	8,2%	20,09	2,121
2	5%	8,4%	19,98	1,987
3	5%	9,1%	20,12	2,023

Provino n°	Cemento %	Contenuto d'acqua W%	Peso di volume secco (MN/m ³)	Resistenza a compressione (N/mm ²)
1	5%	8,2%	20,09	0,213
2	5%	8,4%	19,98	0,261
3	5%	9,1%	20,12	0,245

VALORI STANDARD DI RIFERIMENTO

VALORI STANDARD DI RIFERIMENTO

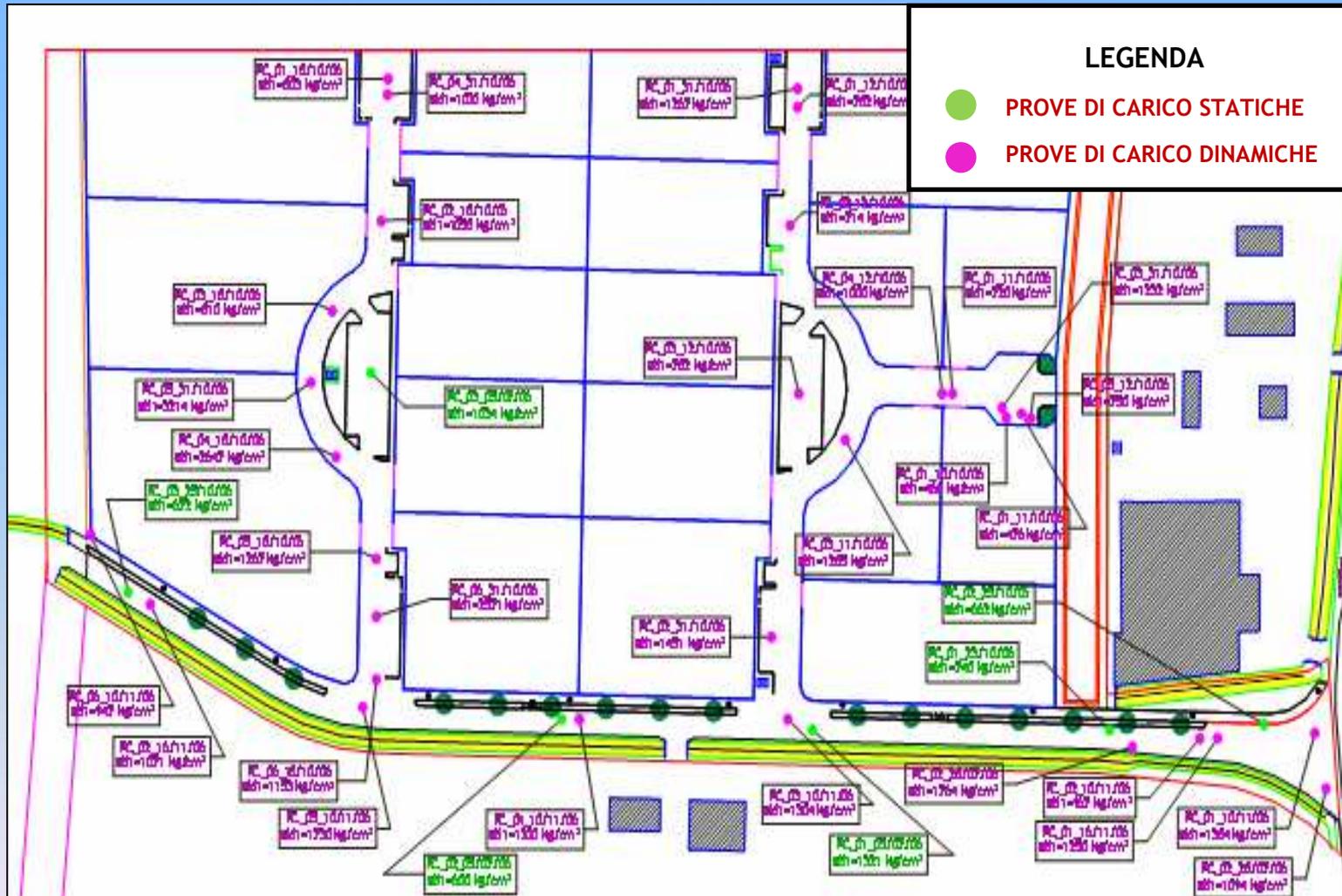
$$2,5 \text{ N/mm}^2 \leq R_C \leq 4,5 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{TR} \geq 0,25 \text{ N/mm}^2$$

AGGREGATI DI RICICLO PER LA COSTRUZIONE DI OPERE CIVILI E INFRASTRUTTURALI



UBICAZIONE PROVE DI CARICO



N.6 PROVE DI CARICO STATICHE - VALORE MEDIO DEL MODULO M_{d1} : 115,3 MPa

N.30 PROVE DI CARICO DINAMICHE - VALORE MEDIO DEL MODULO DIN. 145,7 MPa

VANTAGGI DELLA TECNICA →

MINOR COSTO D'INTERVENTO

PRODUTTIVITÀ

COMPATIBILITÀ AMBIENTALE

MAGGIOR RESISTENZA DELLA FONDAZIONE

SVANTAGGI DELLA TECNICA →

PERSONALE QUALIFICATO

CONDIZIONI ATMOSFERICHE

CONTROLLI CONTINUI