

COMMITTENTE:



OGGETTO:

“OPERE PER LA MESSA IN SICUREZZA, RIPRISTINO E CONSOLIDAMENTO DELLE SPONDE FIUME LAMBRO SETTENTRIONALE IN FRAZ. MAIRANO - COMUNE DI CASALETTO LODIGIANO (LO)”.

**D.G.R. N. IX/6273 DEL 11/04/2022 DECRETO DIREZIONE GENERALE TERRITORIO E PROTEZIONE CIVILE DI REGIONE LOMBARDIA N. 10807 DEL 22/07/2022
LO-E-29 CUP B58H22001030002**

ELABORATO:

02

PROGETTO ESECUTIVO

Relazione Geologica

TAVOLA:

SCALA:

DATA:

FEBBRAIO 2024

PROGETTISTI:

Dott. Geol. ALBERTO MACCABRUNI



RUP:

F.T. Geom. Mauro Maccone

NOTE:

N°	DATA	
00	FEBBRAIO 2024	EMISSIONE

STUDIO GEOIDROTECNICO Dr. ALBERTO MACCABRUNI

via Roma, 15 - 27040 CASATISMA (PV)

tel. 0383-891809; fax 0382-589019;

E-Mail: alberto@studiomaccabruni.191.it

SOMMARIO

1. PREMESSA	1
2. FATTIBILITA' GEOLOGICA.....	1
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO.....	2
4. SITUAZIONE DEL DISSESTO.....	2
6. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE	3
7. CONCLUSIONI	4

ALLEGATI:

- All. 1 - Inquadramento territoriale
- All. 2 - Carta Geologica
- All. 3 - Localizzazione dei punti d'indagine
- All. 4 - Modello geologico del sito
- Diagrafie e stratigrafie delle CPT: 1/2002, 3/2011, 1/2017

1. PREMESSA

La breve relazione che segue descrive la situazione dei dissesti e gli interventi di consolidamento spondale di un tratto di sponda destra del Fiume Lambro in comune di Casaletto Lodigiano (LO), frazione Mairano, in corrispondenza dello stabilimento della S.p.A. Olon (già Sifavitor srl). Si tratta di una industria farmaceutica con stoccaggio di prodotti tossici e nocivi, nonché caratterizzato da processi tecnologici che non possono essere interrotti. Il pericolo derivante da potenziali cedimenti della sponda fluviale determina una condizione di rischio elevata per la salute degli addetti e per l'ambiente.

Lo studio si è basato su sopralluoghi, rilievi topografici, sull'esame della documentazione inserita nel PGT comunale, sull'esame delle fotografie satellitari e aeree di Google Earth, sulle ortofoto reperite sul Geoportale di Regione Lombardia e sulla conoscenza personale della zona da parte dello scrivente.

2. FATTIBILITA' GEOLOGICA

Nella carta di fattibilità geologica dello strumento urbanistico comunale (redatto a cura di Studio Ambientale sas) l'area è descritta come segue.

Classe IV – Fattibilità con gravi limitazioni

L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica di destinazioni d'uso delle aree. È esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idraulica ed idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica previa specifica autorizzazione. Per gli edifici esistenti sono consentiti esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 31 lettere a) b) c) della L. 457/1978.

Per i nuclei abitati esistenti dovranno essere predisposti piani di protezione idrogeologica. Eventuali infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico potranno essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili e dovranno comunque essere puntualmente verificate attraverso studi di VIA comprensivi di dettagliata analisi geologica, e idrogeologica che accerti la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

Sottoclasse B: *Le Fasce di rispetto del Reticolo Idrico Principale e Minore (10 m). Quest'area si estende per 10 m su ambo i lati del reticolo idrico Principale e Minore a partire dal ciglio spondale (inteso come limite superiore della scarpata stabile) o dal piede del rilevato qualora si tratti di un alveo pensile. Questa fascia di rispetto è da intendersi valida anche nel caso di rogge tombinate. Vigè il divieto di tombinatura dei corsi d'acqua pubblici ai sensi della D.G.R. 7/13950/03. Tale divieto è da ritenersi valido anche per tutti gli altri corsi d'acqua ai sensi dell' art. 115 D.Lgs 152/06.*

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

L'area di indagine è ubicata in comune di Casaletto Lodigiano, nella zona settentrionale della frazione Mairano (V. All. 1).

L'area, collocata ad una quota di circa 75 m s.l.m., è impostata su un ripiano intermedio in sponda destra del fiume Lambro modellato in depositi alluvionali di origine fluviale riferibili per età al "Alluvium antico" (Olocene). Questo ripiano nella zona di indagine è raccordato da una netta e ripida scarpata morfologica, verso ovest, con il cosiddetto "Piano generale terrazzato della pianura" (V. All. 2) riferibile al "Fluviale Würm" (Pleistocene sup.); la scarpata che raccorda detti ripiani presenta altezze di 5-5,5 metri. Verso est il ripiano, sul quale insiste lo stabilimento industriale della Olon, è bordato dalla scarpata fluviale del Lambro, che presenta un'altezza variabile di 9-11 m e un'inclinazione media di circa 40° sull'orizzontale.

I terreni più superficiali sono costituiti prevalentemente da sabbie, con coltre di alterazione limo-argillosa superficiale e locali intercalazioni di livelli limosi.

Nella zona si è in presenza di un complesso idrogeologico superficiale, esteso fino alla profondità di circa 70 m, caratterizzato da sabbie e ghiaie con locali intercalazioni di livelli argillosi con spessori anche di alcuni metri; in questo complesso acquifero è presente una falda freatica alimentata direttamente dalla superficie. La soggiacenza nell'ambito del Piano Generale Terrazzato è nell'ordine di una decina di metri dal piano campagna; questa misura aumenta in corrispondenza della scarpata morfologica principale e diminuisce fino a 4-5 m nell'ambito del ripiano alluvionale del Lambro.

La soggiacenza della falda è mediamente di circa 7.5-8 m di profondità rispetto al ripiano sul quale è ubicato lo stabilimento Olon SpA. Il senso di deflusso della falda nella zona d'indagine è da ovest a est, dovuto all'azione drenante dell'incisione fluviale.

Il PAI inserisce tutta la scarpata oggetto di intervento in fascia A, mentre l'area di deposito dei materiali e parte della strada di cantiere ricadono in fascia B (V. Tav. 1 e All. 3 della Relazione Tecnica). Il limite della fascia B coincide con quello della fascia C e in sponda destra segue indicativamente l'orlo superiore della scarpata morfologica principale.

4. SITUAZIONE DEL DISSESTO

Da una ventina d'anni si osservano dissesti della sponda destra in erosione del Lambro e questo ha già richiesto interventi di sistemazione spondale nella parte alta

della scarpata e soprattutto la realizzazione di fondazioni profonde lungo il muretto di recinzione dello stabilimento Olon (già Sifavitor).

L'erosione al piede della scarpata sta attivando pur modesti cedimenti gravitativi multipli con arretramento della zona di distacco e locale esposizione a giorno delle opere di fondazione. Anche la vegetazione arboreo arbustiva subisce gravi danni fino a seccare a causa delle fratture da trazione per scivolamento del terreno senza sottostante appoggio.

5. INDAGINI ESEGUITE

Per le valutazioni stratigrafiche e geotecniche sono stati utilizzati i risultati di n. 3 prove penetrometriche eseguite in prossimità della scarpata del Lambro in diversi tempi.

Schematicamente, è presente un banco superficiale di terreno riportato e/o rimaneggiato, con spessore di 5-8 m costituito da materiali misti limo-argilla-sabbia, soprastante depositi sabbioso ghiaiosi generalmente ben addensati (V. diagrafie e stratigrafie allegate).

Sulla base di queste prove e della stratigrafia del pozzo dello stabilimento Olon è stato ricostruito uno schematico Modello Geologico dell'area (V. All. 4).

6. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

Il comune di Casaletto Lodigiano ricade in zona sismica 3 e non è ancora dotato di un approfondimento di 2° livello dello studio sulla sismicità, da predisporre in fase pianificatoria del PGT.

Va precisato che l'opera di difesa in progetto, essendo elastica, ha una grande capacità di adattarsi anche a deformazioni del terreno e non è suscettibile di ammaloramenti e lesioni dovuti all'azione sismica.

Tuttavia, come ulteriore dato si segnala che in occasione dell'edificazione di alcune struttura interne allo stabilimento Olon sono stati eseguiti approfondimenti di 2° livello, sia per la valutazione degli effetti litologici (scenario di pericolosità sismica Z4a) che per valutare il grado di protezione nei confronti degli effetti morfologici (scenario di pericolosità sismica Z3a).

Quindi è stata eseguita un'indagine sismica a rifrazione superficiale (MASW) dalla quale risulta, confermato anche delle prove penetrometriche, che i terreni rientrano mediamente in categoria **C**, come da tabella 3.2. II delle Norme Tecniche per le

Costruzioni 2018, con una V_{s30} di 229 m/s e un fattore di amplificazione (F_a) inferiore al valore di soglia.

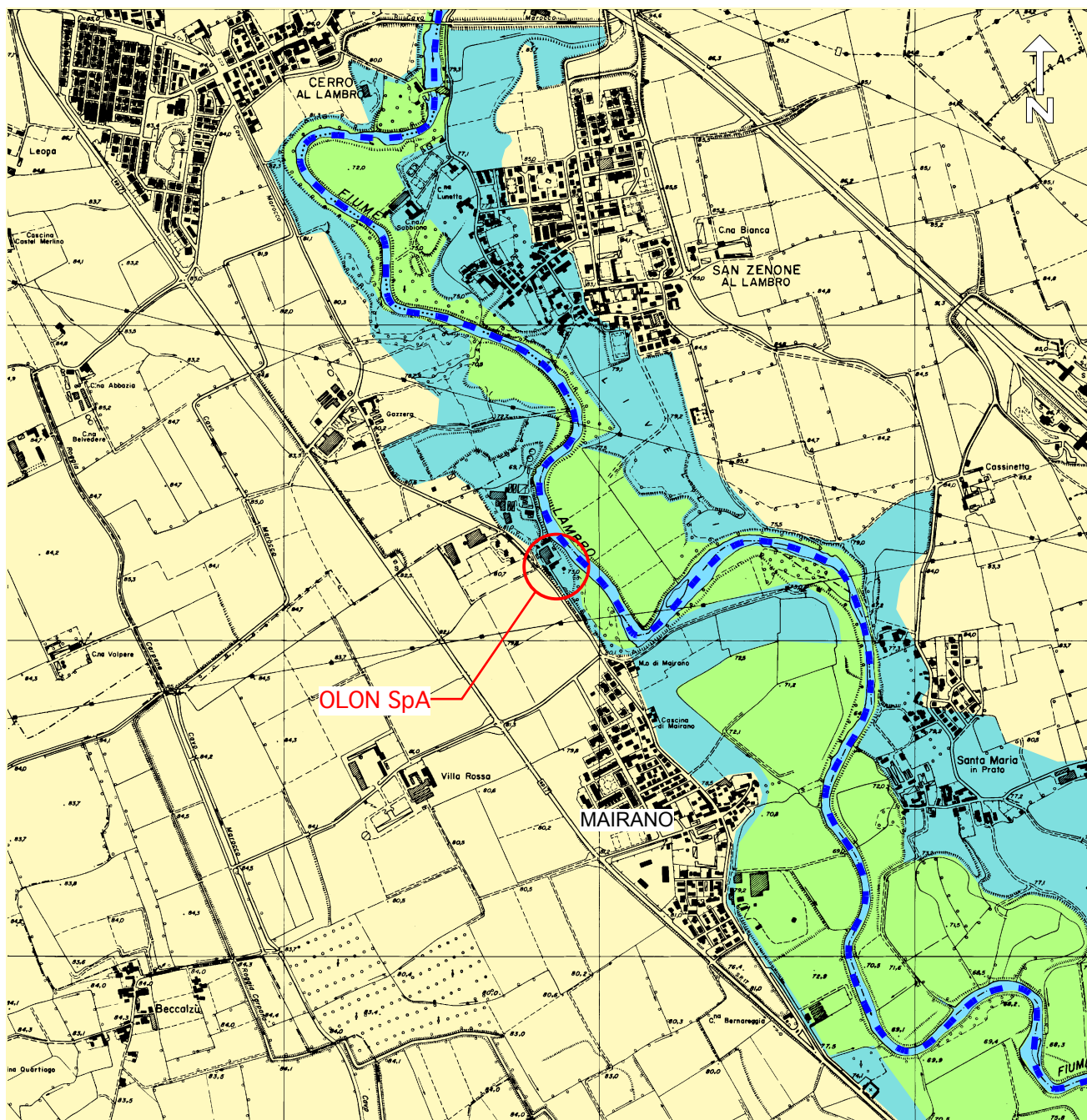
Per quanto riguarda gli effetti morfologici la scarpata del Lambro rientra nella definizione di "scarpata ideale", compresa nella prima classe altimetrica (altezze tra 10 e 20 m): il valore di F_a è pari a 1,1, con area di influenza pari all'altezza della scarpata (circa 11 metri). I coefficienti di amplificazione topografica (St) fissati dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, considerato che la scarpata in oggetto ricade nella categoria topografica T2, corrisponde una St di 1,2; tale valore è sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito.

7. CONCLUSIONI

La realizzazione delle opere in progetto ha lo scopo di prevenire l'aggravarsi delle forme di erosione fluviale in atto della sponda destra in corrispondenza dello stabilimento della società Olon.

ALLEGATI

AII. 1 - INQUADRAMENTO TERRITORIALE



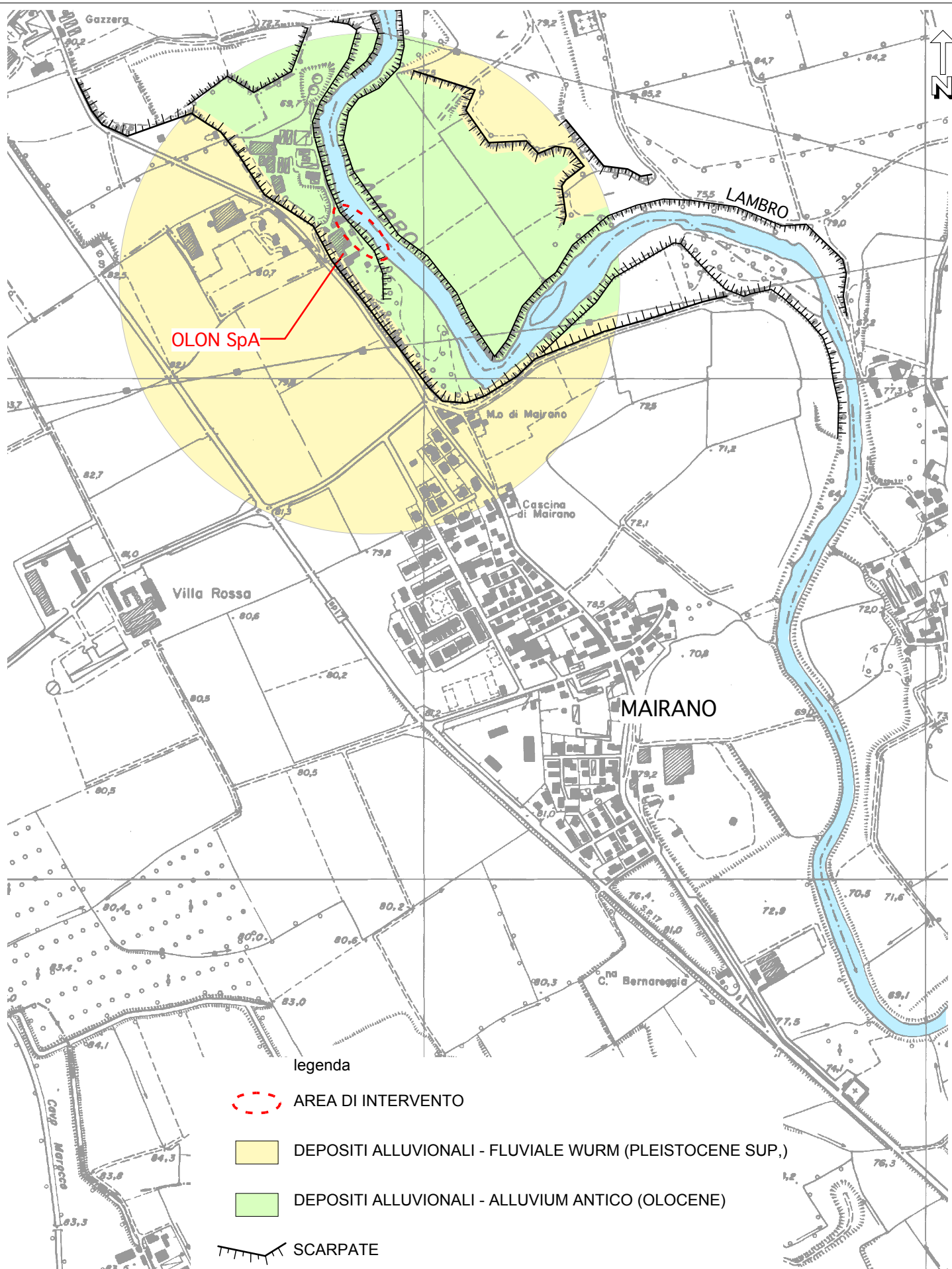
scala 1:20.000

legenda

- Ripiano fondamentale della Pianura, riferibile al Fluviale Wurm (Pleistocene sup.)
- Ripiano intermedio riferibile all'Alluvium antico (Olocene)
- Fondovalle del F. Lambro, modellato in depositi alluvionali recenti e attuali
- Fiume Lambro

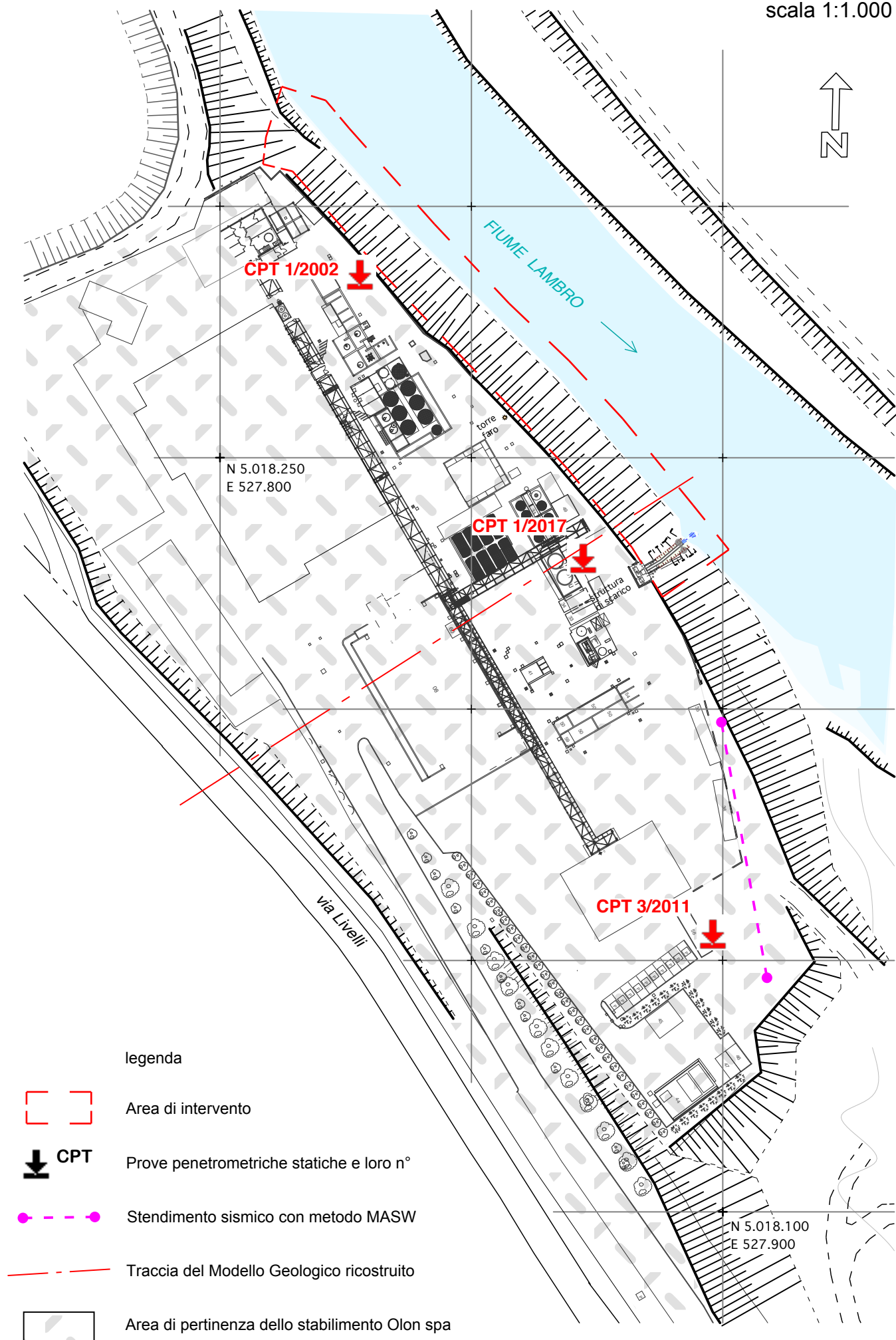
AII. 2 - CARTA GEOLOGICA

scala 1:10.000



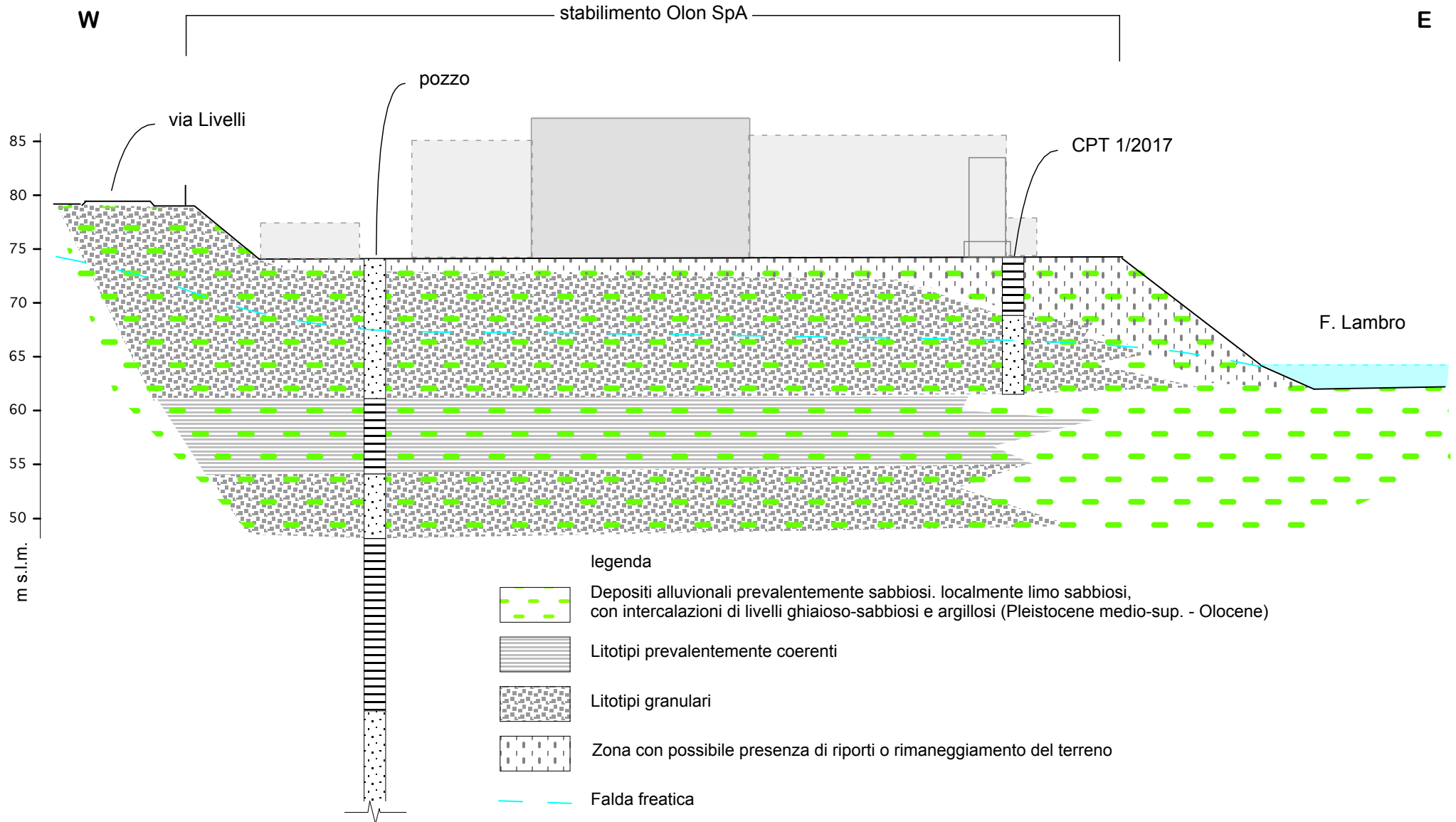
All. 3 - Localizzazione punti d'indagine

scala 1:1.000

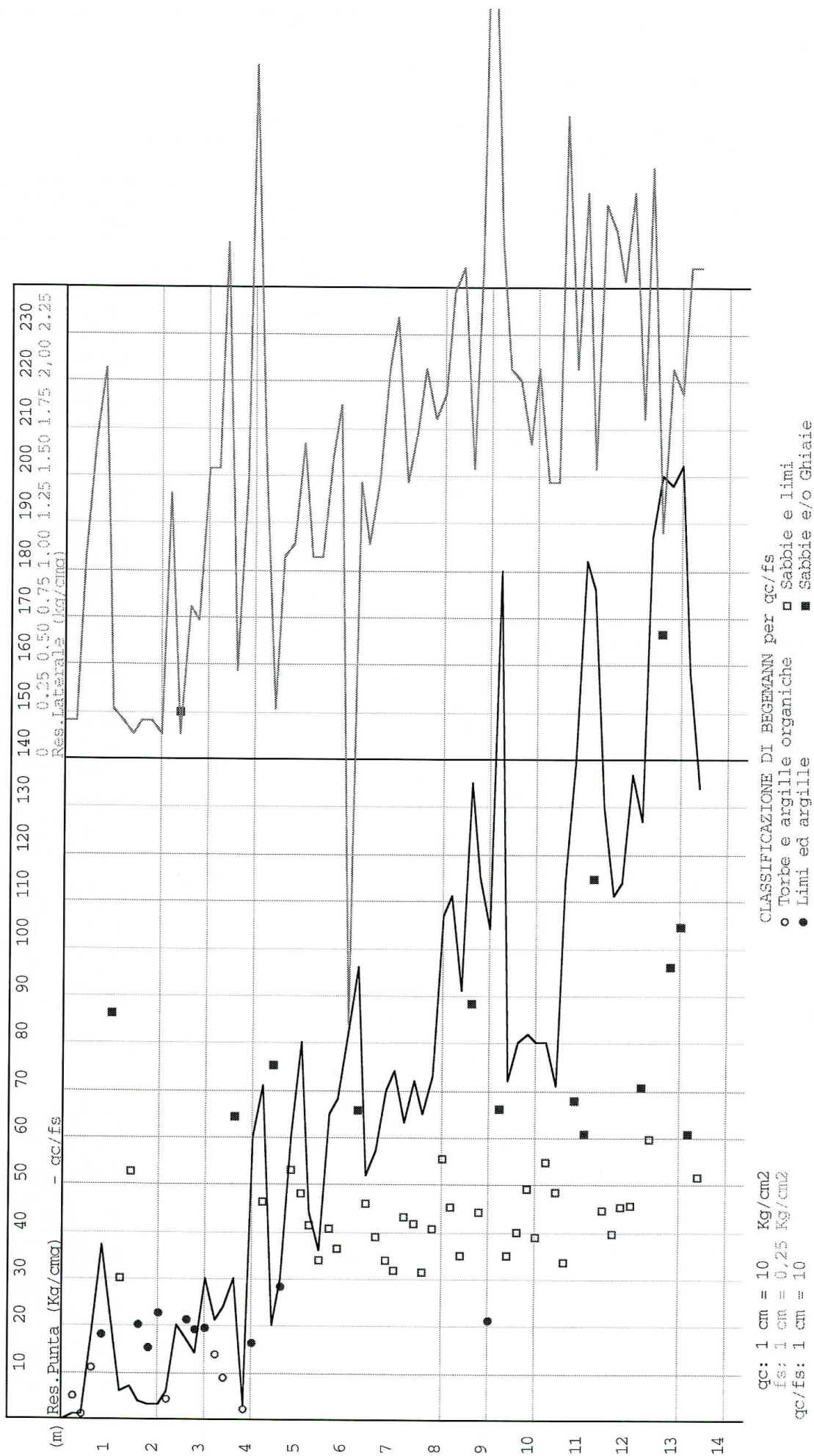







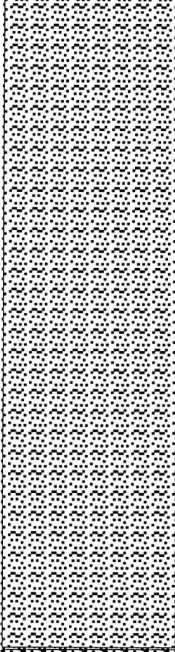
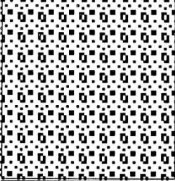
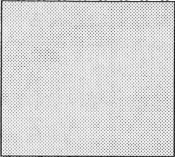
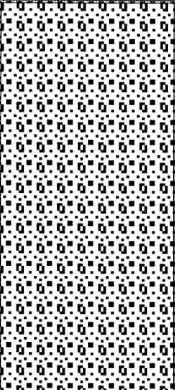
AII. 4 - MODELLO GEOLOGICO DEL SITO

scala 1:500



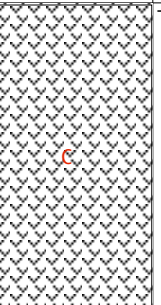
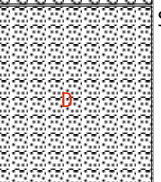
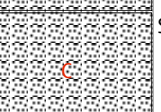

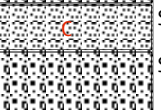

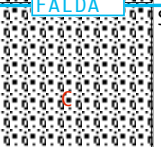

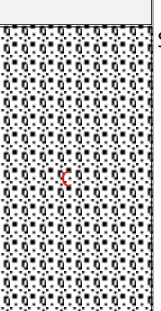
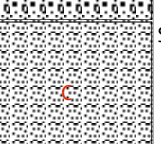
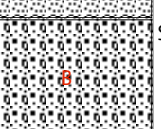
STUDIO GEODIDROTECNICO DOTT. ALBERTO MACCABRUNI
 CASALETTO LODIGIANO - STABILIMENTO SIFAVITOR
 CPT 1 - 19/12/2002



Prof ml	Strati	Tipologia	Gamma kg/m3	Gamma' kg/m3	Sigma'V kg/cm2	CU kg/cmq	FI °	DR %	Mv cm2/Kg
0.80		Terreno misto fine	1806	1806	0.144	0.712	0	0	0.014035
1.40		Sabbia sciolta	1650	1650	0.243	0.000	33	20	0.041667
2.20		Terreno misto fine	1616	1616	0.373	0.200	0	0	0.029412
2.40		Sabbia	1800	1800	0.409	0.000	33	28	0.033333
2.80		Argilla compatta	1819	1819	0.482	0.775	0	0	0.030722
7.80		Sabbia e limo argilloso	1500	1500	1.232	0.000	33	42	0.009287
9.20		Sabbia densa o ghiaiosa	1900	1900	1.498	0.000	35	66	0.005536
10.40		Sabbia	1800	1800	1.714	0.000	33	48	0.008602
13.40		Sabbia densa o ghiaiosa	1900	1900	2.284	0.000	34	67	0.004329

Prof ml	Resistenza di punta					Resistenza laterale		Rapporto qc/fs			
	25	50	75	100	125	1.00	2.00	A	L	S	SG
0.20	68.0					1.00		68.0			
0.40	68.0					1.00		68.0			
0.60	68.0					2.13		31.9			
0.80	53.0					1.53		34.6			
1.00	22.0					0.87		25.4			
1.20	21.0					1.60		13.1			
1.40	6.0	33.7				0.93	1.15	6.4	29.3		
1.60	33.0					0.80		41.2			
1.80	12.0					0.40		30.0			
2.00	17.0					0.73		23.2			
2.20	21.0					0.93		22.5			
2.40	22.0					1.53		14.3			
2.60	27.0					1.47		18.4			
2.80	39.0					1.47		26.6			
3.00	30.0					1.00		30.0			
3.20	26.0					1.07		24.4			
3.40	25.0	28.5				0.47	0.86	53.6	33.2		
3.60	23.0					0.67		34.5			
3.80	22.0					0.73		30.0			
4.00	28.0					0.53		52.5			
4.20	35.0					0.93		37.5			
4.40	39.0					1.47		26.6			
4.60	43.0					1.20		35.8			
4.80	50.0	44.6				1.00	1.29	50.0	34.5		
5.00	43.0					1.07		40.3			
5.20	48.0					1.73		27.7			
5.40	100.0					2.67		37.5			
5.60	133.0	112.5				1.73	1.88	76.7	59.7		
5.80	128.0					1.67		76.8			
6.00	89.0					1.47		60.7			
6.20	63.0	61.5				1.40	1.67	45.0	36.9		
6.40	60.0					1.93		31.0			
6.60	155.0					1.93		80.2			
6.80	121.0					1.80		67.2			
7.00	75.0					1.33		56.3			
7.20	106.0	119.9				1.93	1.88	54.8	63.7		
7.40	84.0					1.80		46.7			
7.60	98.0					1.53		63.9			
7.80	179.0					2.47		72.6			
8.00	141.0					2.27		62.2			
8.20	106.0					1.67		63.6			
8.40	122.0					1.40		87.1			
8.60	103.0					1.87		55.2			
8.80	66.0	111.5				1.47	1.88	45.0	59.2		
9.00	106.0					2.07		51.3			
9.20	140.0					2.13		65.6			
9.40	108.0					1.47		73.6			
9.60	141.0					3.00		47.0			
9.80	83.0					1.67		49.8			
10.00	123.0	97.7				2.40	1.78	51.2	54.9		
10.20	87.0					1.27		68.7			
10.40	121.0					1.73		69.8			
10.60	142.0					1.93		73.4			
10.80	114.0					2.00		57.0			
11.00	122.0					1.73		70.4			
11.20	159.0					1.80		88.3			
11.40	127.0					2.60		48.8			
11.60	108.0	129.5				1.73	1.97	62.3	65.7		
11.80	151.0					2.20		68.6			
12.00	115.0					2.00		57.5			
12.20	138.0					1.73		79.6			
12.40	118.0					2.20		53.6			
12.60	154.0					1.53		100.4			
12.80	114.0					2.40		47.5			
13.00	53.0					0.93		56.8			
13.20	40.0					1.73		23.1			
13.40	68.0	50.8				0.93	1.29	72.9	39.4		
13.60	51.0					1.00		51.0			
13.80	38.0					1.13		33.5			
14.00	55.0					2.00		27.5			
14.20	169.0					2.47		68.5			
14.40	187.0					2.40		77.9			
14.60	180.0	173.8				3.07	2.81	58.7	61.8		
14.80	170.0					3.07		55.4			
15.00	163.0					3.07		53.2			

STUDIO GEOIDROTECNICO DOTT. ALBERTO MACCABRUNI
Sifavitor - Casaleto Lod. - Mairano
CPT 3 4 febbraio 2011

Prof ml	Strati	Tipologia	Gamma kg/m3	Gamma' kg/m3	Sigma' V kg/cm2	CU kg/cmq	FI °	DR %	Mv cm2/Kg	K oriz Kg/cm3	Perm. cm/sec
		Terreno di riporto									
2.60			1935	1935	0.503	1.123	0	0	0.005936	2.2462	4.4e-3
		Sabbia e limo argilloso									
4.20			1500	1500	0.743	0.000	32	29	0.017544	1.9000	7.3e-3
		Sabbia e limo argilloso									
5.20			1500	1500	0.893	0.000	33	41	0.011211	2.9733	8.9e-3
		Sabbia densa o ghiaiosa									
6.00			1900	1900	1.045	0.000	37	71	0.005926	5.6250	6.4e-2
6.40			1500	1500	1.105	0.000	34	49	0.008130	4.1000	1.2e-2
		Sabbia densa o ghiaiosa									
8.00			1900	1900	1.409	0.000	36	67	0.005561	5.9937	7.6e-2
	FALDA										
		Sabbia densa o ghiaiosa	1900	900	1.553	0.000	35	63	0.005979	5.5750	6.3e-2
9.60											
10.20		Sabbia	1800	800	1.601	0.000	34	58	0.006826	4.8833	5.1e-2
		Sabbia densa o ghiaiosa									
12.80			1900	900	1.835	0.000	35	65	0.005150	6.4731	8.2e-2
		Sabbia e limo argilloso									
14.00			1500	500	1.895	0.000	30	32	0.009836	3.3889	1.6e-2
		Sabbia densa o ghiaiosa									
15.00			1900	900	1.985	0.000	36	74	0.003836	8.6900	7.1e-2

STUDIO GEOIDROTECNICO DOTT. ALBERTO MACCABRUNI
 Olon S.p.A. - Casaleggio Lodigiano, Mairano - 7 aprile 2017
 CPT 1 0.00=-0.27 m da piano piazzale

Prof ml	Resistenza di punta					Resistenza laterale		Rapporto qc/fs			
	25	50	75	100	125	1.00	2.00	A	L	S	SG
0.20	39.0					0.13		300.0			
0.40	39.0	38.0				1.27	0.73	30.8	51.9		
0.60	36.0					0.80		45.0			
0.80	15.0					0.47		32.1			
1.00	43.0	28.0				0.73	0.49	58.6	57.3		
1.20	26.0					0.27		97.5			
1.40	13.0					0.87		15.0			
1.60	22.0					1.00		22.0			
1.80	28.0	22.0				1.00	1.03	28.0	21.4		
2.00	23.0					1.27		18.2			
2.20	24.0					1.00		24.0			
2.40	20.0					0.80		25.0			
2.60	21.0					1.00		21.0			
2.80	14.0	18.7				0.80	0.90	17.5	20.8		
3.00	20.0					1.00		20.0			
3.20	24.0					0.87		27.7			
3.40	33.0	34.3				0.87	0.91	38.1	37.7		
3.60	46.0					1.00		46.0			
3.80	17.0	28.5				1.33	1.63	12.8	17.4		
4.00	40.0					1.93		20.7			
4.20	56.0					1.40		40.0			
4.40	120.0					1.33		90.0			
4.60	110.0	77.8				3.00	1.52	36.7	51.2		
4.80	71.0					1.27		56.1			
5.00	32.0					0.60		53.3			
5.20	13.0	10.0				0.33	0.57	39.0	17.6		
5.40	7.0					0.80		8.8			
5.60	54.0					1.00		54.0			
5.80	55.0	63.2				1.13	1.60	48.5	39.5		
6.00	64.0					1.93		33.1			
6.20	80.0					2.33		34.3			
6.40	100.0	137.5				2.13	2.83	46.9	48.5		
6.60	175.0					3.53		49.5			
6.80	80.0					1.93		41.4			
7.00	73.0					1.80		40.6			
7.20	83.0	88.3				1.73	2.10	47.9	42.1		
7.40	90.0					1.87		48.2			
7.60	89.0					2.47		36.1			
7.80	115.0					2.80		41.1			
8.00	139.0					2.80		49.6			
8.20	135.0	147.7				2.73	2.60	49.4	56.8		
8.40	169.0					2.27		74.6			
8.60	170.0	160.0				3.73	2.90	45.5	55.2		
8.80	150.0					2.07		72.6			
9.00	68.0					2.13		31.9			
9.20	72.0	76.0				2.00	2.04	36.0	37.2		
9.40	88.0					2.00		44.0			
9.60	150.0	158.0				1.47	0.20	-102.3	790.0		
9.80	166.0					1.87		88.9			
10.00	102.0					2.27		45.0			
10.20	102.0	108.0				2.53	1.98	40.3	54.6		
10.40	120.0					1.13		105.9			
10.60	68.0					1.27		53.7			
10.80	8.0	38.0				1.20	1.23	6.7	30.8		
11.00	99.0					0.87		114.2			
11.20	139.0					1.27		109.7			
11.40	113.0					0.93		121.1			
11.60	103.0	121.6				2.67	1.59	38.6	76.4		
11.80	125.0					2.27		55.1			
12.00	129.0					2.33		55.3			
12.20	133.0					1.20		110.8			
12.40	132.0					1.20		110.0			

STUDIO GEIDROTECNICO DOTT. ALBERTO MACCABRUNI

Olon S.p.A. - Casaleggio Lodigiano, Mairano - 7 aprile 2017

CPT 1 0.00=-0.27 m da piano piazzale

Prof ml	Strati	Tipologia	Gamma kg/m ³	Gamma' kg/m ³	Sigma' V kg/cm ²	CU kg/cm ²	FI °	DR %	Mv cm ² /Kg	K oriz Kg/cm ³	Perm. cm/sec
0.60	D	Sabbia	1800	1800	0.108	0.000	43	76	0.017544	1.9000	4.2e-2
1.20	D	Sabbia	1800	1800	0.216	0.000	38	52	0.023810	1.4000	5.6e-2
2.20	E	Argilla compatta	1871	1871	0.403	1.080	0	0	0.013369	2.2000	5.9e-4
3.00	E	Argilla compatta	1847	1847	0.551	0.910	0	0	0.019394	1.8750	4.4e-4
3.60	B	Sabbia e limo argilloso	1500	1500	0.641	0.000	33	39	0.014563	2.2889	1.3e-2
4.00	E	Argilla molto compatta	1910	1910	0.717	1.389	0	0	0.007465	2.8500	2.1e-4
5.00	C	Sabbia	1800	1800	0.897	0.000	36	61	0.008569	3.8900	4.1e-2
5.40	D	Argilla media	1753	1753	0.967	0.452	0	0	0.018182	1.0000	1.3e-4
6.20	E	Sabbia e limo argilloso	1500	1500	1.087	0.000	34	50	0.007905	4.2167	1.6e-2
6.60	C	Sabbia densa o compatta	1900	1900	1.163	0.000	37	76	0.004848	6.8750	3.5e-2
7.80	E	Sabbia e limo argilloso	1500	1500	1.343	0.000	34	58	0.005660	5.8889	2.1e-2
8.40	C	Sabbia densa o compatta	1900	1900	1.457	0.000	36	74	0.004515	7.3833	5.6e-2
8.80	FALDA	Sabbia densa o compatta	1900	900	1.493	0.000	37	76	0.004167	8.0000	5.2e-2
9.40	E	Sabbia e limo argilloso	1500	500	1.523	0.000	33	50	0.006579	5.0667	1.3e-2
9.80	B	Sabbia densa o compatta	1900	900	1.559	0.000	36	75	0.004219	7.9000	8.1e-1
10.40	C	Sabbia densa o compatta	1900	900	1.613	0.000	34	61	0.006173	5.4000	5.0e-2
10.80	E	Sabbia e limo argilloso	1500	500	1.633	0.000	30	25	0.013158	2.5333	5.1e-3
12.40	C	Sabbia densa o compatta	1900	900	1.777	0.000	35	64	0.005481	6.0812	1.2e-1