DIAGNOSI DELLE COSTRUZIONI

LABORATORIO PROVE NON DISTRUTTIVE
DOTT. ANTONIO TRAMONTE

PROVE TERMOGRAFICHE PROVE SONICHE
PROVE PACOMETRICHE PROVE SCLEROMETRI
PROVE ULTRASONICHE PROVE CON
MARTINETTI PIATTI PROVE DI CARICO
PROVE GEORADAR

Via V. Veneto n. 134, MASSAFRA (TA) Tel/Fax: 099 9677535 Cell: 349 6103296 e-mail: info@lpndtramonte.it

INTERVENTO: CARATTERI MECCANICI DEI TERRENI DI FONDAZIONE DEL PONTE TUBO DELL'IMPIANTO IRRIGUO CONSORTILE SX BRADANO

LUOGO: LAMA DI LATERZA

COMMITTENTE: CONSORZIO DI BONIFICA STORNARA E TARA

OPERATORE: DOTT. ANTONIO TRAMONTE

PROVA NON DISTRUTTIVA NEL METODO SISMICA A RIFRAZIONE

Massafra, lì 25/05/2018

Il Tecnico esecutore di 2° livello
Dott. Antonio Tramonte

L.P.N.D. TRAMONTE
Il Tecnico di 2° Livello
Dott. Antonio Tramonte

Il presente documento, redatto dal dott. Antonio Tramonte, non può essere riprodotto senza preventiva autorizzazione scritta.

INDICE

1. PREMESSA 2

2. DESCRIZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE 2

2.1 Metodologia 2

2.2 Modalità di esecuzione 4

3. ANALISI DEI RISULTATI E CONCLUSIONI 6

ALLEGATI 9

- ORTOFOTO;
- SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA;
- CALCOLO SPESSORI E PARAMETRI SISMICI E MECCANICI;
- DROMOCRONE;
- DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA;
- SISMOGRAMMI;

1. PREMESSA

La presente campagna di indagini con metodologia sismica a rifrazione, è stata eseguita su incarico affidato dal Consorzio di bonifica Stornara e Tara, C.F. 80005450731), in qualità di proprietario del ponte tubo dell'impianto irriguo consortile Sx Bradano, ubicato in attraversamento della Lama di Laterza, oggetto di progettazione di fattibilità tecnico economica.

L'indagine ed è stata condotta sulla superficie di calpestio della pista di servizio limitrofa al ponte tubo, come riportata nell'allegata ortofoto, al fine di verificare le caratteristiche meccaniche del terreno di fondazione, mediante l'analisi delle onde meccaniche riflesse e rifratte dalle superfici di discontinuità.

L'indagine è stata effettuata in ottemperanza dell'O.P.C.M. del 20/03/2003 n. 3274 e delle "Norme Tecniche per le costruzioni" (Decreto 14 gennaio 2008 e Decreto 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni").

L'indagine ha avuto lo scopo di acquisire le seguenti informazioni:

- la velocità di propagazione delle onde P ed onde S nel sottosuolo;
- lo spessore del terreno agrario o di riporto e dei materiali sciolti di copertura;
- la profondità del bedrock;
- la determinazione qualitativa e semiquantitativa di alcuni parametri elastici relativi ai sismostrati, utili anche ai fini del calcolo del coefficiente di sottofondo;
- il valore della VS,eq.

La base sismica coniugata a rifrazione (SS01), è stata eseguita a quota dell'attuale piano campagna, di lunghezza pari a 77m.

2. DESCRIZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE

2.1 METODOLOGIA

L'indagine geognostica, eseguita con il metodo della sismica a rifrazione, ha avuto lo scopo di:

a) ricostruire la successione litostratigrafica del sottosuolo individuando superfici di discontinuità fisiche laterali e/o verticali;
b) fornire indicazioni sulle caratteristiche geomeccaniche dei terreni in oggetto;

c) evidenziare la presenza di eventuali anomalie geofisiche;

d) definire la "Categoria di suolo di fondazione" attraverso il calcolo del valore del $V_{S,eq}$;

Il metodo consiste nell'inviare nel terreno un impulso sismico, tramite un'opportuna sorgente ad impatto oppure esplosiva, e nel rilevare il primo arrivo di energia, costituito da un'onda elastica diretta oppure da un'onda elastica rifratta. L'onda rifratta, emergente in superficie, viene generata da interfacce rifrangenti, che separano mezzi a differente velocità sismica (sismostrati), generalmente, crescente con la profondità.

I primi arrivi, individuati su sismogrammi rilevati da geofoni e registrati tramite un sismografo, sono riportati su grafici tempo-distanza (dromocrone), in seguito interpretati per ottenere informazioni sismostratigrafiche.

La strumentazione utilizzata è composta da un sismografo a 12 canali, della "Pasi" modello 16S12, con acquisizione computerizzata dei dati. È stata utilizzata una sorgente del tipo ad impatto verticale ed orizzontale (massa battente) per la generazione di onde, rilevate da 12 geofoni verticali a 14 Hz per le onde P e da 12 geofoni orizzontali a 14 Hz per le onde S.

Come tutte le indagini geofisiche, per limitare i margini di errore, è necessaria una taratura con una stratigrafia di riferimento in sito.

Ai fini di una corretta interpretazione dei risultati dell'indagine sismica è importante sottolineare che:

a) i sismostrati non sono necessariamente associabili a litotipi ben definiti, ma sono rappresentativi di livelli con simili caratteristiche elastiche, in cui le onde sismiche si propagano con la stessa velocità;

b) la risoluzione del metodo è funzione della profondità di indagine e la risoluzione diminuisce con la profondità: considerato uno strato di spessore h ubicato a profondità z dal piano campagna, in generale non è possibile individuare sismostrati in cui $h<0.25*z$;

c) nelle indagini superficiali, le onde di taglio, meno veloci, arrivano in un tempo successivo, per cui il segnale registrato sarà la risultante delle onde S con le onde P;

quindi la lettura dei tempi di arrivo delle onde S può risultare meno precisa della lettura dei tempi di arrivo delle onde P;

d) le velocità delle onde P misurate in terreni saturi o molto umidi dipende, talora in maniera decisiva, dalle vibrazioni trasmesse dall'acqua interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale; perciò tale valore può non essere rappresentativo delle proprietà meccaniche del materiale in questione. Ne consegue che per alcuni terreni, al disotto della falda, le uniche onde in grado di fornire informazioni precise sulla rigidezza del terreno sono quelle di taglio.

e) i terreni esaminati possono ricoprire un ampio campo delle velocità sismiche, in relazione alla presenza di materiale di riporto, di terreno vegetale e di acqua di falda nonché ai vari gradi di addensamento, consistenza e stratificazione delle formazioni presenti.

Tabella 2.1.1 – Valori di velocità per le onde di compressione (da *"Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo"* di Carrara – Rapolla – Roberti, *"Il manuale del geologo"* di Cassadio – Elmi)

LITOTIPO	Vp (m/sec)
Areato superficiale	300-800
Argille	1100-2900
Sabbia asciutta	200-1000
Sabbie umida	600-1800
Terreni alluvionali sciolti	400-2100
Acqua	1400-1500
Calcare fratturato	700-4200
Calcare compatto	2800-6400
Calcare cristallino	5700-6400
Piroclastiti coerenti (tufo)	750-2450
Piroclastiti incorenti (pozzolana)	350-1000
Arenaria	1400-4500
Granito, Monzonite, Granodiorite, Gabbro, Diabase, Basalto	4000-6000
Anidrite	3500-5500
Gesso	1800-4000
Gneiss e scisti	3500-7500

2.2 MODALITÀ DI ESECUZIONE

E' stato eseguito un profilo sismico coniugato (SS01), di lunghezza pari a m 84 (compreso le battute esterne) ed offset di m 3,5 con battuta centrale, tra i geofoni G6 e G7, oltre a quelle classiche alle estremità.

La profondità di investigazione massima, ottenuta nello stendimento, è stata di circa m 30 con l'utilizzo della metodologia a rifrazione.

Ai fini di una corretta interpretazione dei risultati del sondaggio è importante sottolineare che l'indagine sismica è stata eseguita a quota dell'attuale piano campagna costituito dall'alveo del fiume Lato, con lo stendimento orientato così come riportato nella planimetria allegata fig. 1.1. Adoperando opportune relazioni analitiche desunte da correlazioni empiriche è possibile associare alle caratteristiche elastiche alcuni parametri fisico-meccanici (vedi tab. P1).

Sono stati calcolati, oltre alle velocità di propagazione delle onde P ed allo spessore dei mezzi sismici individuati, alcuni parametri geotecnici. In termini congrui, dalle velocità sismiche, assegnando la densità in situ, è stato calcolato il coefficiente di Poisson ed il modulo elastico dinamico.

Le determinazioni dei moduli elastici, effettuate mediante metodologie sismiche, sono riferibili a volumi significativi di terreno in condizioni relativamente indisturbate, a differenza delle prove geotecniche di laboratorio che, pur raggiungendo un elevato grado di sofisticazione ed affidabilità, soffrono della limitazione di essere puntuali cioè relative ad un modesto volume di terreni di fobdazione. I moduli elastici sismici possono essere messi in relazione ai normali moduli statici, attraverso un fattore di riduzione, (Rzhevsky et alii, 1971) evidenziando semplicemente che si riferiscono, in virtù delle energie movimentate dall'indagine e del conseguente basso livello di deformazione raggiunto, ad un modulo statico tangente iniziale.

Infine, con i dati ottenuti, dall'indagine eseguita è possibile calcolare il coefficiente di reazione del terreno Ks (Kg/cmc) attraverso la relazione semplificata di Vesic (1961):

$$Ks = E/B(1 - \nu^2)$$

Dove:

B = larghezza della fondazione;

E = modulo di elasticità del terreno;

ν= coefficiente di Poisson.

3. ANALISI DEI RISULTATI E CONCLUSIONI

L'indagine è stata eseguita a quota dell'attuale piano campagna, caratterizzato dalla presenza di materiale di riporto.

Sulla base dell'interpretazione quantitativa del profilo sismico eseguito, è stato possibile rilevare che il sottosuolo indagato risulta costituito da tre sismostrati ben definiti, le cui caratteristiche dinamiche migliorano procedendo in profondità (vedi sezione sismostratigrafica allegata fig. 3.1).

In particolare, dall'alto verso il basso, si riscontra:

- 1° sismostrato a bassa velocità di propagazione delle onde P (da 347 m/s a 507 m/s);
- 2° sismostrato caratterizzato da una velocità di propagazione delle onde P da 1280 m/s a 1718 m/s;
- 3° sismostrato caratterizzato da una velocità di propagazione delle onde P da 2123 m/s a 2326 m/s.

Il primo sismostrato comprende depositi fluviali superficiali costituiti da sabbie e limi con ciottoli, la profondità è compresa tra m 1,10 e m 1,40 dal piano campagna. La velocità media delle onde S è di 140 m/s.

Il secondo sismostrato, ha un velocità media delle onde P di 1499 m/s, ed è associabile a limo argilloso - sabbioso mediamente consistente con lenti sabbiose; esso si rinviene fino ad una profondità media di circa m 6,0-7,3 dal piano campagna, risultando più potente in prossimità della battuta di andata. La velocità media delle onde S è di 391 m/s.

Il terzo sismostrato, ha un velocità media delle onde P di 2210 m/s, ed è associabile a limo argilloso - sabbioso consistente. La velocità media delle onde S è di 444 m/s.

In sintesi, per i "mezzi sismici" rinvenuti, non considerando il primo sismostrato in quanto costituito da depositi fluviali superficiali sabbiosi e limosi con ciottoli, non interessati dal sovraccarico trasmesso dalla struttura sovrastante, è possibile fare riferimento ai seguenti valori medi:

Sismostrato n°2:

Vp	1499
Vs	391
Ed	938
Es	31
γ	1,9
ν	0,46

Sismostrato n°3:

Vp	2210
Vs	444
Ed	1179
Es	47
γ	2,1
ν	0,48

Vp = velocità onde longitudinali (m/s)
Ed = modulo elastico dinamico (MPa)
Es = modulo elastico statico (MPa)
γ = densità del mezzo (t/m^3)
ν = coefficiente di Poisson

L'indagine ha contribuito a definire le caratteristiche elastiche delle formazioni geologiche presenti, evidenziando la presenza di materiale incoerente e sciolto, in superficie, e di materiale via via più consistente in profondità.

Sotto la formazione incoerente troviamo limo argilloso - sabbioso consistente.

Dai risultati dell'indagine sismica è possibile determinare il valore del $V_{s,eq}$ attraverso la relazione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Dove:

h_i = spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato; N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

$$\mathbf{V_{s,eq} = 397\ m/s}$$

Pertanto, ai fini dell'azione sismica di progetto, nell'area di indagine, la categoria di suolo di fondazione rientra nella Categoria **B** di suolo di fondazione, avendo valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s ("Norme Tecniche per le costruzioni", approvate con D.M. 14/01/2008 e **Decreto 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni**").

Per quanto riguarda l'*Amplificazione topografica*, si utilizza il valore del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab. 3.2.VI (*Norme Tecniche per le Costruzioni)*, in funzione delle categorie topografiche e dell'ubicazione dell'opera con T_1 pari a S_T = **1,0**.

Tutte le ulteriori informazioni sugli spessori dei sismostrati, sui valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio e sulle caratteristiche elastiche dei mezzi indagati, sono riportate nelle tabelle dei parametri sismici e meccanici (tab. P1) e nella sezione sismostratigrafica (fig. 3.1).

Massafra, lì 25/05/2018

Il tecnico

L.P.N.D. TRAMONTE
Il Tecnico di 2° Livello
Dott. Antonio Tramonte

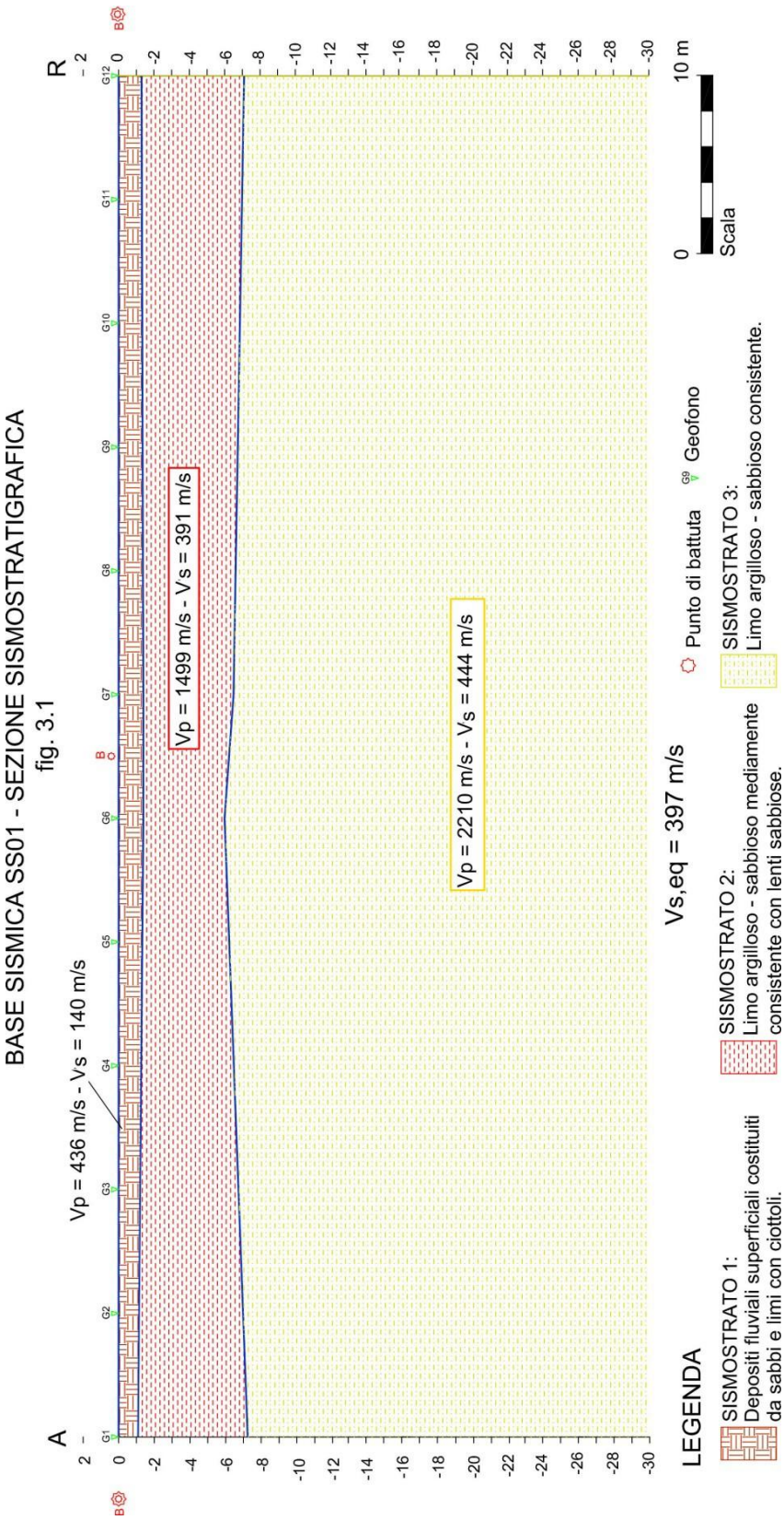
LABORATORIO PROVE NON DISTRUTTIVE
dott. Antonio Tramonte
Via Vittorio Veneto n. 134, 74016 Massafra (TA)
Tel/Fax: 0999677535 cell: 3496103296 e-mail: info@lpndtramonte.it

ISO 9712 UNI ISO 9712

ORTOFOTO CON INDICAZIONE DELLA TOMOGRAFIA SISMICA ESEGUITE (FONTE GOOGLE HEART)

Intervento: verifica dei parametri meccanici del terreno di fondazione.
Luogo: ponte tubo Sx Bradano in attraversamento della Lama di Laterza (TA)

L.P.N.D. TRAMONTE
Il Tecnico di 2° Livello
Dott. Antonio Tramonte



LABORATORIO PROVE NON DISTRUTTIVE
dott. Antonio Tramonte
Via Vittorio Veneto n. 134, 74016 Massafra (TA)
Tel/Fax: 0999677535 cell: 3496103296 e-mail: info@lpndtramonte.it

ISO 9712 UNI ISO 9712

CALCOLO SPESSORE ORIZZONTI SISMICI-Metodo delle "intercette"

Sondaggio Sismico a rifrazione SS01

Velocità

Andata		Cent. Andata		Cent. Ritorno		Ritorno		Velocità media
v1:	507 m/s	v1:	347 m/s	v1:	412 m/s	v1:	479 m/s	436 m/s
v2:	1332 m/s	v2:	1718 m/s	v2:	1667 m/s	v2:	1280 m/s	1499 m/s
v3:	2203 m/s	v3:	2123 m/s	v3:	2188 m/s	v3:	2326 m/s	2210 m/s

Tempi di intercetta

Andata			Cent. Andata			Cent. Ritorno			Ritorno		
ti2:	4,18		ti2:	8,18		ti2:	6,68		ti2:	5,18	
ti3:	11,82		ti3:	11,45		ti3:	10,70		ti3:	12,96	
ti4:	-		ti4:	-		ti4:	-		ti4:	-	

L.P.N.D. TRAMONTE
Il Tecnico di 2° Livello
Dott. Antonio Tramonte

RISULTATI

Spessore orizzonti sismici

Andata		Centrale Andata am 38,5		Centrale Ritorno am 45,5		Ritorno		Z medio
Z1	1,1 m	Z1	1,4 m	Z1	1,4 m	Z1	1,3 m	1,3 m
Z2	6,2 m	Z2	4,6 m	Z2	5,1 m	Z2	5,8 m	5,4 m
Z3	- m	Z3	- m	Z3	- m	Z3	- m	-

Profondità orizzonti sismici

Andata		Centrale Andata am 38,5		Centrale Ritorno am 45,5		Ritorno		H media
H1	1,1 m	H1	1,4 m	H1	1,4 m	H1	1,3 m	1,3 m
H2	7,3 m	H2	6,0 m	H2	6,5 m	H2	7,1 m	6,7 m
H3	- m	H3	- m	H3	- m	H3	- m	

Tabella parametri sismici e meccanici dei sismostrati

Vs,eq= 397 m/sec

N° orizzonte sismico	Descrizione litologica	Vp	Vs	Mod. di Poisson	Densità in sito	ID Indice di disomogeneità	Edin (mod. di Young dinamico)	G (mod. di taglio)	Es (mod. di Young statico)	Rigidità Sismica	Periodo dello strato	Frequenza dello strato
		m/s	m/s		gr/cmc	%	MPa	MPa	MPa	m/s*kN/m3	sec.	hz
1	Depositi fluviali superficiali costituiti da sabbie e limi con ciottoli	436	140	0,44	1,4	3,11	81	28	3	1974	0,04	27
2	Limo argilloso - sabbioso mediamente consistente con lenti sabbiose	1499	391	0,46	1,9	3,83	938	321	31	7546	0,05	18
3	Limo argilloso - sabbioso consistente	2210	444	0,48	2,1	4,98	1179	398	47	9413	-	-

Intervento: verifica dei parametri meccanici del terreno di fondazione.
Luogo: ponte tubo Sx Bradano in attraversamento della Lama di Laterza (TA)

LABORATORIO PROVE NON DISTRUTTIVE
dott. Antonio Tramonte
Via Vittorio Veneto n. 134, 74016 Massafra (TA)
Tel/Fax: 0999677535 cell: 3496103296 e-mail: info@lpndtramonte.it

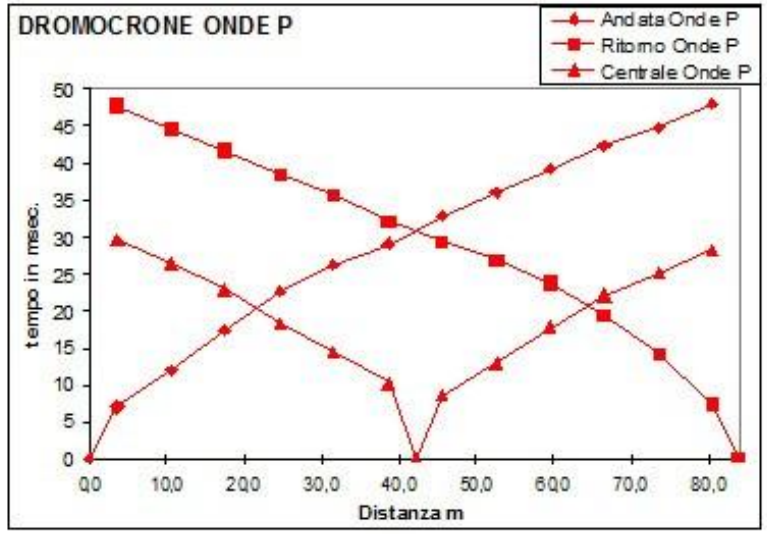
BUREAU VERITAS ISO 9712 — RINA UNI ISO 9712

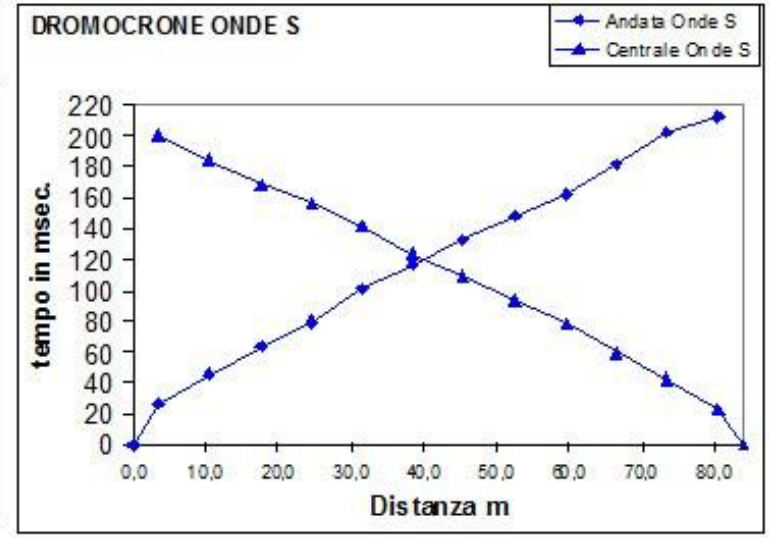
L.P.N.D. TRAMONTE
Il Tecnico di 2° Livello
Dott. Antonio Tramonte

Sondaggio Sismico a rifrazione SS01

Distanza intergeofonica: m. 7,0
Lunghezza stendimento: m. 77,0
Offset m. 3,5

			ONDE P					ONDE S	
	Geofono	Distanza A/R	Time A	Time R	Geofono	Distanza C	Time C	Time A	Time R
	N°	m	ms	ms	N°		ms	ms	ms
Punto di battuta (A)		0,0	0	-		0,00	-	0	-
	1	3,5	6,9	47,8	1	3,50	29,6	26,5	200,1
	2	10,5	11,9	44,6	2	10,50	26,3	46,2	184,3
	3	17,5	17,4	41,8	3	17,50	22,8	64,5	169,1
	4	24,5	22,6	38,4	4	24,50	18,3	79,8	156,2
	5	31,5	26,1	35,6	5	31,50	14,4	100,6	141,5
	6	38,5	29,1	32,0	6	38,50	10,1	117,0	123,5
	7	45,5	32,9	29,3	Battuta (C)	42,00	0,0	132,8	109,9
	8	52,5	35,9	26,8	7	45,50	8,5	148,5	93,6
	9	59,5	39,1	23,8	8	52,50	12,9	162,4	78,4
	10	66,5	42,4	19,3	9	59,50	17,8	181,5	59,8
	11	73,5	44,9	14,1	10	66,50	22,0	201,8	42,8
	12	80,5	48,0	7,3	11	73,50	25,1	212,2	23,7
Punto di battuta (R)		84,0	-	0,0	12	80,50	28,3	-	0,0





Dromocrone Sondaggio Sismico a rifrazione SS01

tab. D1

Intervento: verifica dei parametri meccanici del terreno di fondazione.
Luogo: ponte tubo Sx Bradano in attraversamento della Lama di Laterza (TA)

LABORATORIO PROVE NON DISTRUTTIVE
dott. Antonio Tramonte
Via Vittorio Veneto n. 134, 74016 Massafra (TA)
Tel/Fax: 0999677535 cell: 3496103296 e-mail: info@lpndtramonte.it

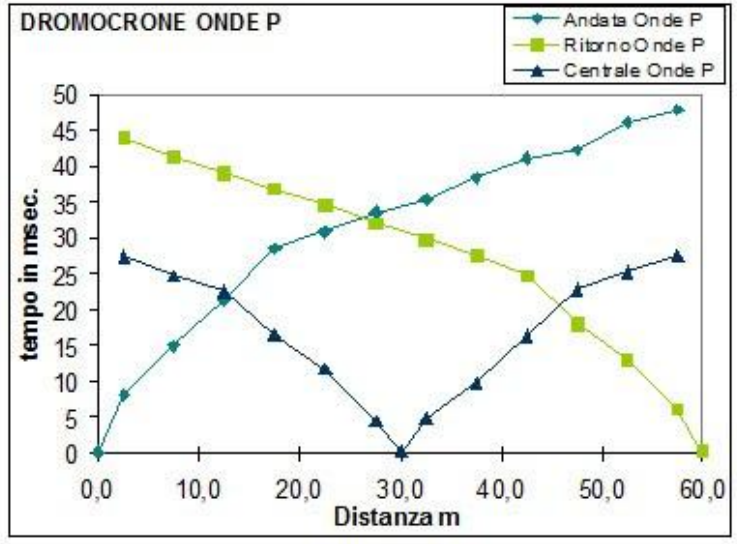
ISO 9712 UNI ISO 9712

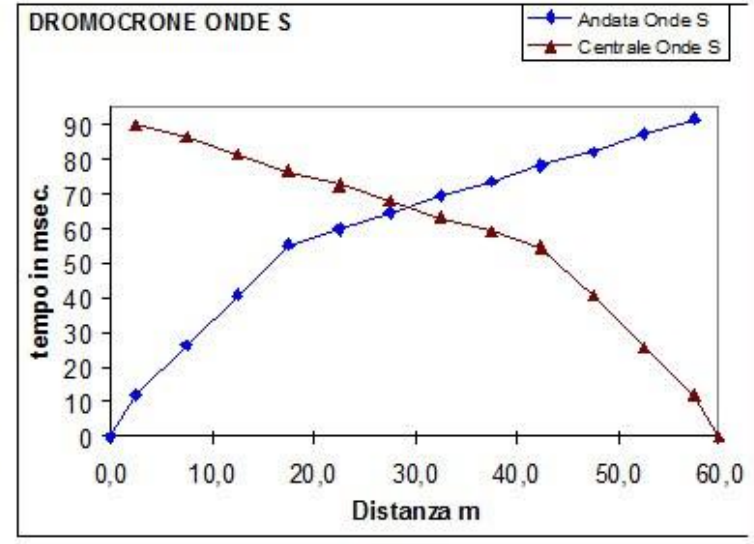
L.P.N.D. TRAMONTE
Il Tecnico di 2° Livello
Dott. Antonio Tramonte

Sondaggio Sismico a rifrazione SS01

Distanza intergeofonica: *m.* 5,0
Lunghezza stendimento: *m.* 55,0
Offset *m.* 2,50

			ONDE P					ONDE S	
	Geofono	Distanza A/R	Time A	Time R	Geofono	Distanza C	Time C	Time A	Time R
	N°	m	ms	ms	N°		ms	ms	ms
Punto di battuta (A)		0,0	0	-		0,00	-	0	-
	1	2,50	8,0	44,0	1	2,50	27,4	12,1	90,4
	2	7,50	14,9	41,3	2	7,50	24,8	26,6	86,8
	3	12,50	21,4	39,1	3	12,50	22,6	41,3	81,9
	4	17,50	28,5	36,8	4	17,50	16,4	55,6	77,0
	5	22,50	30,8	34,6	5	22,50	11,6	60,0	72,9
	6	27,50	33,5	32,0	6	27,50	4,4	64,9	68,3
	7	32,50	35,3	29,8	Battuta (C)	30,00	0,0	69,8	63,4
	8	37,50	38,4	27,5	7	32,50	4,8	74,0	59,4
	9	42,50	41,1	24,8	8	37,50	9,8	78,6	54,8
	10	47,50	42,4	18,0	9	42,50	16,3	82,6	40,9
	11	52,50	46,1	12,9	10	47,50	22,9	87,8	26,1
	12	57,50	47,8	6,0	11	52,50	25,3	92,1	11,9
Punto di battuta (R)		60,00	-	0,0	12	57,50	27,5	-	0,0





Dromocrone Sondaggio Sismico a rifrazione SS01 Tab. D'

Intervento: verifica dei parametri meccanici del terreno di fondazione.
Luogo: ponte tubo Sx Bradano in attraversamento della Lama di Laterza (TA)

LABORATORIO PROVE NON DISTRUTTIVE
dott. Antonio Tramonte
Via Vittorio Veneto n. 134, 74016 Massafra (TA)
Tel/Fax: 0999677535 cell: 3496103296 e-mail: info@lpndtramonte.it

ISO 9712 UNI ISO 9712

Sondaggio SS01 vista verso Nord-Est

Sondaggio SS01 vista verso Sud-Ovest

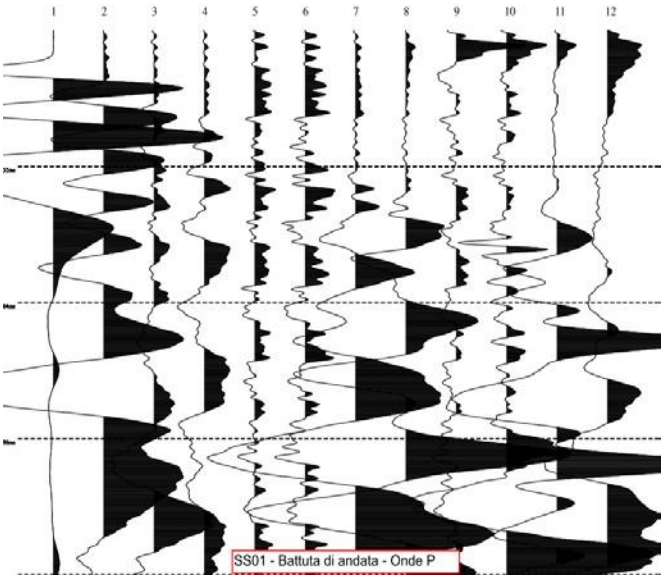
L.P.N.D. TRAMONTE
Il Tecnico di 2° Livello
Dott. Antonio Tramonte

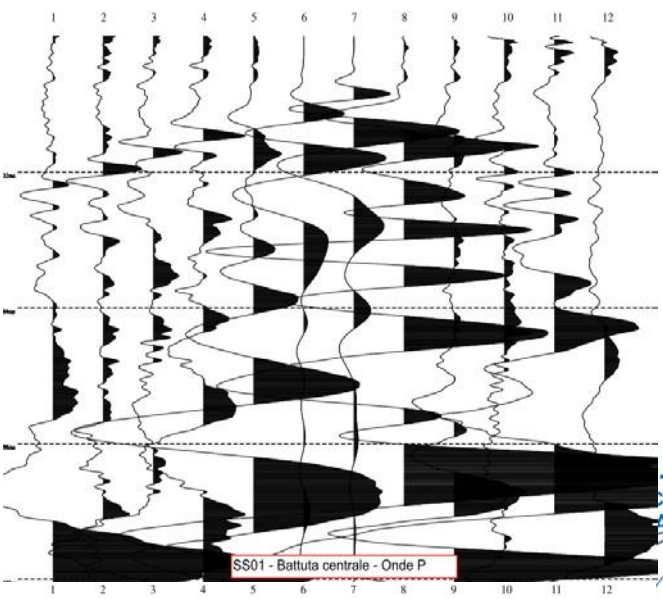
Intervento: verifica dei parametri meccanici del terreno di fondazione.
Luogo: ponte tubo Sx Bradano in attraversamento della Lama di Laterza (TA)

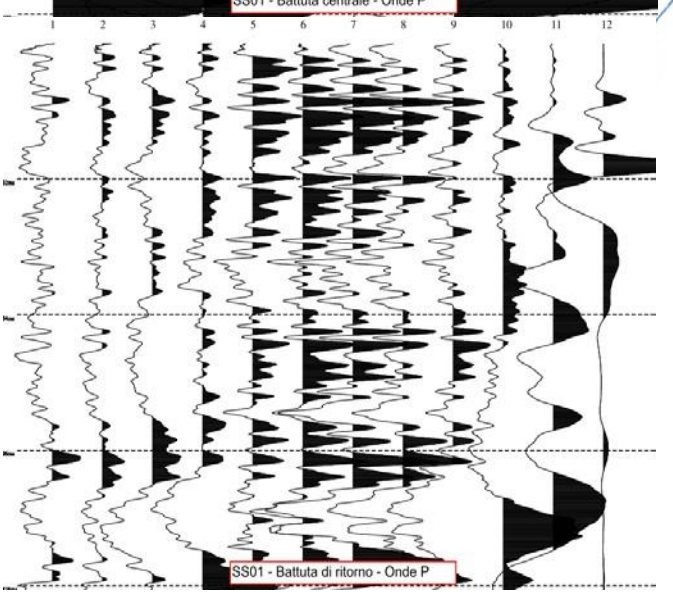
LABORATORIO PROVE NON DISTRUTTIVE
dott. Antonio Tramonte
Via Vittorio Veneto n. 134, 74016 Massafra (TA)
Tel/Fax: 0999677535 cell: 3496103296 e-mail: info@lpndtramonte.it

ISO 9712 UNI ISO 9712

SISMOGRAMMI



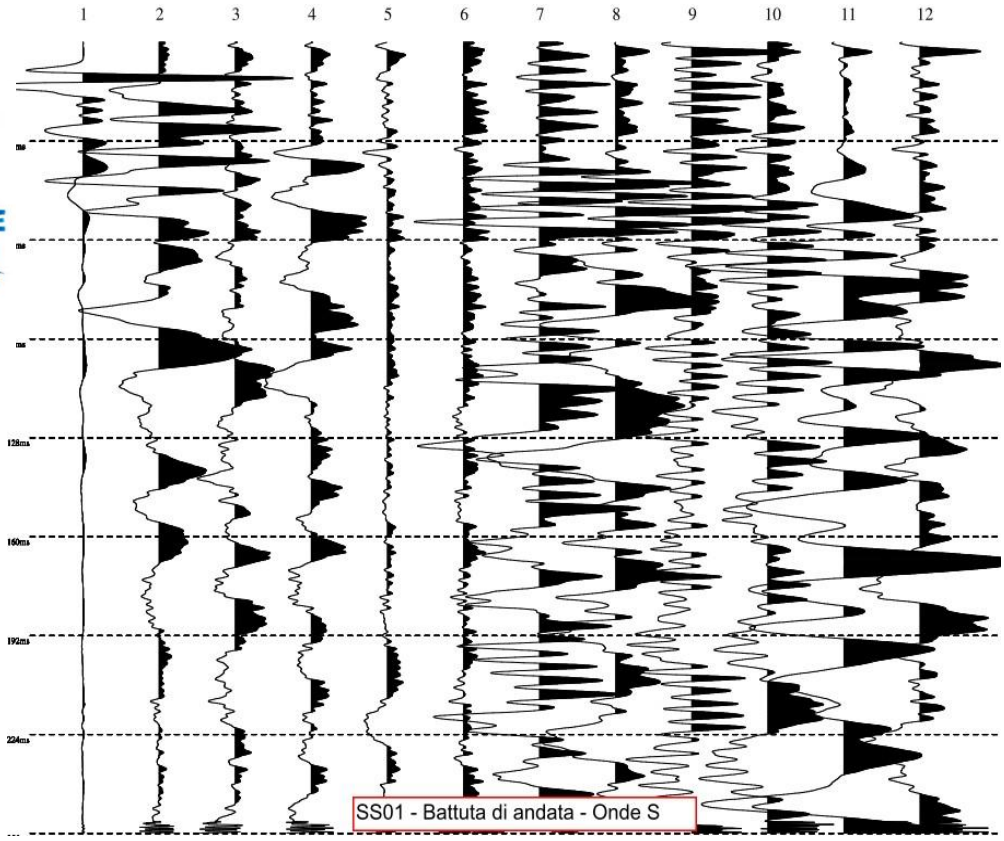


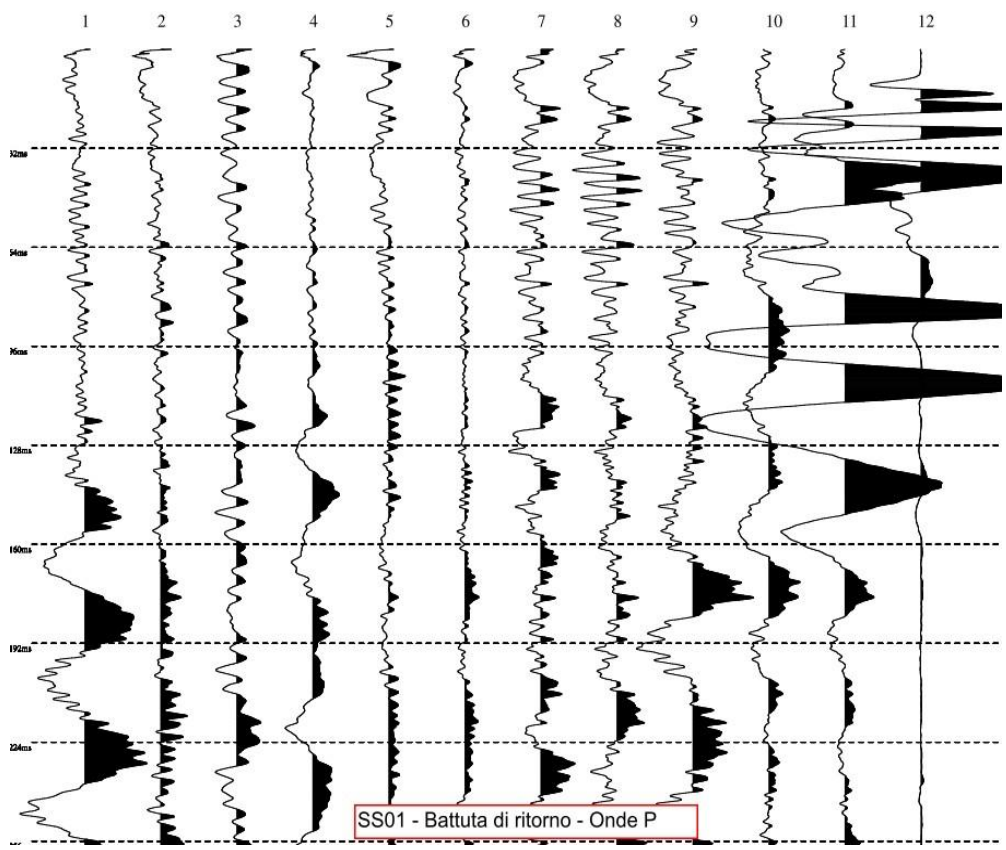


.D. TRAMONTE
cnico di 2° Livello
Antonio Tramonte

Intervento: verifica dei parametri meccanici del terreno di fondazione.
Luogo: ponte tubo Sx Bradano in attraversamento della Lama di Laterza (TA)

L.P.N.D. TRAMONTE
Il Tecnico di 2° Livello
Dott. Antonio Tramonte





DIAGNOSI DELLE COSTRUZIONI

LABORATORIO PROVE NON DISTRUTTIVE
DOTT. ANTONIO TRAMONTE

PROVE TERMOGRAFICHE PROVE SONICHE
PROVE PACOMETRICHE PROVE SCLEROMETRI
PROVE ULTRASONICHE PROVE CON
MARTINETTI PIATTI PROVE DI CARICO
PROVE GEORADAR

Via V. Veneto n. 134, MASSAFRA (TA) Tel/Fax: 099 9677535 Cell: 349 6103296 e-mail: info@lpndtramonte.it

INTERVENTO: CARATTERI LITOSTRATIGRAFICI DEI TERRENI DI FONDAZIONE DEL PONTE TUBO DELL'IMPIANTO IRRIGUO CONSORTILE SX BRADANO

LUOGO: LAMA DI LATERZA

COMMITTENTE: CONSORZIO DI BONIFICA STORNARA E TARA

OPERATORE: DOTT. ANTONIO TRAMONTE

PROVA NON DISTRUTTIVA NEL METODO GEORADAR (G.P.R.)

Massafra, lì 25/05/2018

Il Tecnico esecutore di 2° livello
Dott. Antonio Tramonte

L.P.N.D. TRAMONTE
Il Tecnico di 2° Livello
Dott. Antonio Tramonte

Il presente documento, redatto dal dott. Antonio Tramonte, non può essere riprodotto senza preventiva autorizzazione scritta.

INDICE

1	PREMESSA	Pag.	2
2	DESCRIZIONE DELLE INDAGINI RADAR	Pag.	2
2.1	Metodologia	Pag.	2
2.2	Strumentazione utilizzata	Pag.	4
2.3	Modalità di esecuzione	Pag.	4
2.4	Acquisizione ed elaborazione dati	Pag.	5
3	ANALISI DEI RISULTATI E CONCLUSIONI	Pag.	5

ALLEGATI:

ALLEGATO 1: PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE SEZIONI GEORADAR ALLEGATO 2: RADARGRAMMI 2D

1. PREMESSA

La presente campagna di indagini georadar è stata eseguita su incarico affidato dal Consorzio di bonifica Stornara e Tara, C.F. 80005450731), in qualità di proprietario del ponte tubo dell'impianto irriguo consortile Sx Bradano, ubicato in attraversamento della Lama di Laterza, oggetto di progettazione di fattibilità tecnico economica.

L'indagine ed è stata condotta sulla superficie di calpestio della pista di servizio limitrofa al ponte tubo, come riportata nell'allegata ortofoto, al fine di verificare la tipologia del terreno di fondazione, mediante l'analisi delle onde elettromagnetiche riflesse su superfici di discontinuità.

I dati, come meglio descritto nelle pagine seguenti, sono stati acquisiti mediante 2 antenne, a bassa e alta frequenza al fine di investigare, con dettagli differenti profondità massime variabili da circa 6 a circa 20 metri (in funzione del tipo di antenna utilizzato).

2. DESCRIZIONE DELLE INDAGINI RADAR

2.1 METODOLOGIA

La metodologia GPR, attraverso l'utilizzo di onde elettromagnetiche, consente la definizione delle caratteristiche interne al mezzo indagato. In particolare è possibile identificare interfacce tra livelli dotati di differente resistività e costante dielettrica. Tali parametri sono in seguito correlabili a fattori fisici quali la posizione e le caratteristiche di eventuali manufatti sepolti, la presenza di zone umide o di zone non cementate e/o fratturate.

Un impulso elettromagnetico della durata di pochi nanosecondi, inviato nel mezzo tramite un'antenna trasmittente, viene in parte riflesso dalle interfacce tra livelli in contrasto elettromagnetico ed in parte trasmesso nei livelli sottostanti. I segnali riflessi sono captati in superficie tramite un'antenna ricevente.

La scelta della configurazione, definita in base agli scopi della ricerca, è basata sulla profondità massima di indagine e sul livello di dettaglio richiesto. Questi a loro volta contribuiscono alla scelta della frequenza dell'antenna; ad una bassa frequenza corrisponde infatti una elevata penetrazione del segnale in profondità ma con uno

scarso dettaglio delle anomalie riscontrabili (risoluzione bassa), al contrario ad alte frequenze corrispondono elevati livelli risolutivi con scarsa penetrazione del segnale. La generazione e la ricezione dei segnali a radiofrequenza è operata da una o più antenne che vengono fatte scorrere lungo le superfici da indagare.

I dati raccolti, opportunamente elaborati, sono memorizzati e rappresentati su una unità di controllo che genera anche gli impulsi necessari al funzionamento delle antenne. Eventuali oggetti presenti al di sotto delle superfici rilevate generano nelle immagini radar ("o radargrammi") con caratteristiche forme iperboliche e/o con anomalie puntuali.

La riflessione dell'onda radar emessa avviene a causa delle differenti caratteristiche "elettriche" dei materiali attraversati.

Tutti i mezzi reali assorbono le onde elettromagnetiche in misura dipendente dalle loro caratteristiche elettriche.

In generale un mezzo omogeneo è definito, da un punto di vista elettrico, dalla seguente coppia di valori:

• costante dielettrica relativa (ε_r);

• conduttività (σ).

Da questi valori è possibile risalire al comportamento del mezzo nei confronti della propagazione delle onde elettromagnetiche.

Un trasmettitore genera un segnale di tipo impulsivo con una determinata frequenza di ripetizione. La successione di questi impulsi genera un segnale di durata dell'ordine dei nanosecondi che viene irradiato nel mezzo da un'antenna a larga banda.

La forma dell'impulso trasmesso è opportunamente calibrata in modo da ottenere una distribuzione spettrale di tipo gaussiano dove il valore centrale rappresenta la **frequenza caratteristica**, (o **frequenza centrale**) dell'antenna, che corrisponde alla frequenza dominante dell'impulso. La frequenza centrale dell'antenna determina le caratteristiche di risoluzione e di massima profondità di esplorazione.

Il segnale elettromagnetico ricavato è caratterizzato da una serie di picchi. La loro ampiezza dipende principalmente da tre fattori:

- natura del riflettore;
- natura del mezzo tra riflettore ed antenna;
- curva di amplificazione applicata.

2.2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'indagine è stata eseguita utilizzando un sistema radar V3 della EASYRAD costituito da:

- computer laptop "hp";
- unità di controllo montata su telaio portatile;
- antenna di frequenza da 100Mhz;
- antenna di frequenza da 500 Mhz;
- encoder montato sul telaio portatile;
- cavo multipolare.

Il laptop consente tutte le operazioni di calibrazione del sistema e l'impostazione dei parametri di acquisizione quali tempo di registrazione, guadagno e tipi di filtro da applicare ai segnali elettromagnetici; nonché la visualizzazione del profilo in tempo reale consentendo una rapida valutazione, già durante le operazioni di campagna, della qualità dei segnali registrati.

L'unità di controllo genera il segnale che viene inviato alla sezione trasmittente ed elabora il segnale ricevuto dalla sezione ricevente dell'antenna.

All'unità centrale è collegata, l'antenna che ha il compito di trasmettere i segnali elettromagnetici all'interno della struttura da indagare e di ricevere le riflessioni dovute alle interfacce elettromagnetiche presenti alle diverse profondità di indagine.

2.3 MODALITÀ DI ESECUZIONE

Sulla base della finalità delle indagini sono stati determinati, in primo luogo, dei target di misura (costante dielettrica e profondità di indagine), in secondo luogo, le antenne di acquisizione, individuate nei tipi *da 100 MHz* e da 500 Mhz.

Si è scelto di acquisire i radargrammi mediante l'impiego di due antenne diverse, al fine di investigare profondità diverse e con gradi di dettaglio differenti,. Infatti, con l'antenna da 500 MHz si ha una maggiore risoluzione, ma una minore profondità

(circa 6 m) di investigazione mentre con l'antenna da 100 MHz si ha una bassa risoluzione ma una maggiore profondità di penetrazione del segnale georadar (circa 20 m).

2.4 ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI

I dati sono stati acquisiti ed elaborati mediante il software EASYRAD 1.00, coadiuvato dal software VOXLER 3.00 del modulo 3D.

Durante la fase di acquisizione in campagna, si è preferito applicare ai dati i soli filtri necessari alla rimozione dei disturbi principali, preferendo rimandare alla successiva fase di elaborazione in ufficio la determinazione dei parametri ottimali.

La fase preliminare di elaborazione ha richiesto di determinare gli elementi in frequenza proprie del segnale e quelle dovute al rumore, al fine di eliminare dai dati le informazioni non utili.

3. ANALISI DEI RISULTATI E CONCLUSIONI

Per la restituzione dei dati sono stati utilizzati radargrammi 2D in cui sono ben visibili riflessioni a carattere iperbolico, riflessioni estese lateralmente ad andamento spesso sub orizzontale ed anomalie puntuali.

Per quanto riguarda riflessioni a carattere iperbolico, queste hanno una modesta estensione e sono correlabili alla presenza, nel terreno di fondazione, di piccole sacche riempite di materiale meno consistente.

Per quanto attiene le riflessioni estese lateralmente ad andamento sub-orizzontale, sono correlabili a superfici di strato e a passaggi orizzontali tra materiali di natura diversa e/o a materiali della stessa natura ma con densità differente, dovuta anche alla presenza di falda acquifera.

Per quanto attiene le anomalie puntuali, sono correlabili a superfici di passaggio verticale tra materiali di natura diversa e/o a materiali della stessa natura ma con densità differente per variazione del grado di cementazione dello stesso.

Di seguito si riportano le risultanze dell'indagine effettuata.

Complessivamente si riscontra una successione litostratigrafica costituita, dall'alto verso il basso, da un primo livello di materiale di riporto, fino a circa m 0,80 di

profondità dal piano campagna, utilizzato per la bonifica del terreno vegetale in situ e la realizzazione della pista di servizio. Sotto questo primo livello, si riconosce la presenza di un livello molto eterogeneo, acquifero, compatibile con una successione di limi argillosi intervallati da ampie lenti sabbiose che permettono la filtrazione delle acque di falda riscontrate. Tale livello presenta una graduale diminuzione della sua consistenza da circa m 6,00 fino a circa m 12,00 di profondità dal piano campagna. Oltre i m 12,00 di profondità, si riscontra la presenza di materiale molto consistente, privo di acqua di falda, compatibile con le argille limose grigio azzurre, sovraconsolidate ed impermeabili.

Presenza di falda acquifera da circa m 2,00 a circa m 12,00 di profondità dal piano campagna.

Massafra, lì 25/05/2018

Il tecnico

L.P.N.D. TRAMONTE
Il Tecnico di 2° Livello
Dott. Antonio Tramonte

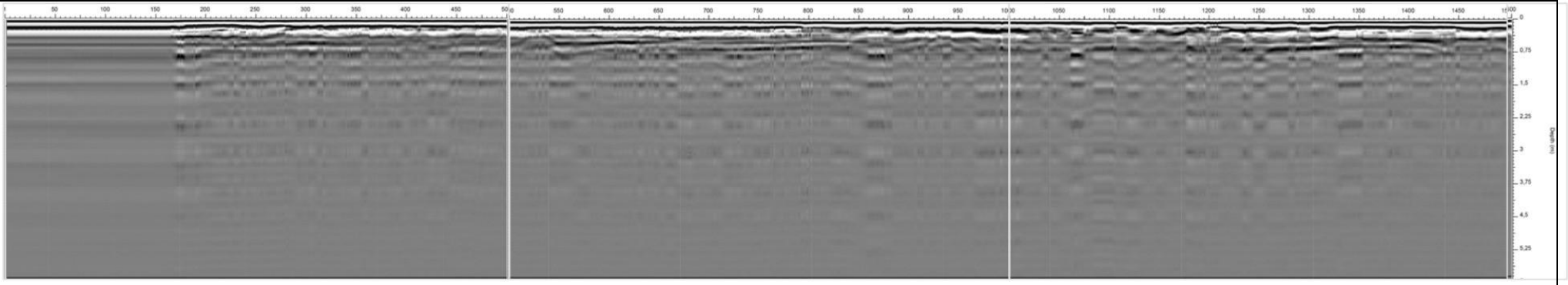
ORTOFOTO CON INDICAZIONE DELLE STESE GEORADAR ESEGUITE (FONTE GOOGLE HEART)

Intervento: verifica della successione litostratigrafica nel terreno di fondazione.
Luogo: ponte tubo Sx Bradano in attraversamento della Lama di Laterza (TA)

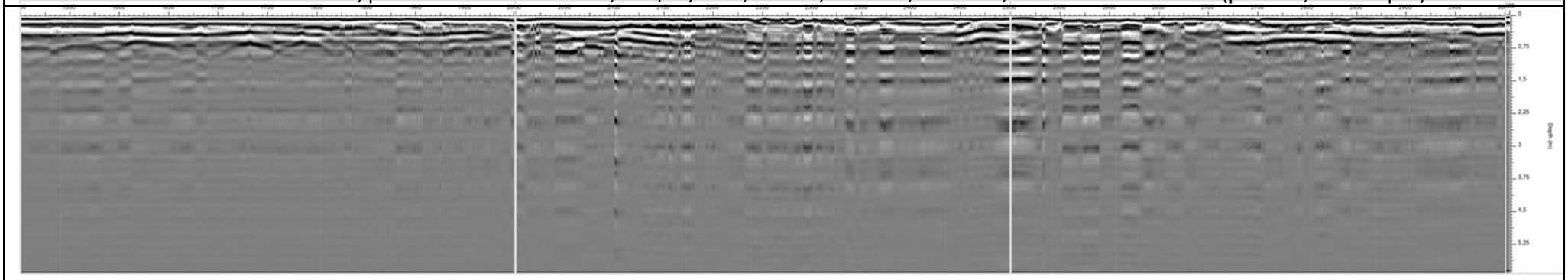
LABORATORIO PROVE NON DISTRUTTIVE
dott. Antonio Tramonte
Via Vittorio Veneto n. 134, 74016 Massafra (TA)
Tel/Fax: 0999677535 cell: 3496103296 e-mail: info@lpndtramonte.it

ISO 9712 UNI ISO 9712

Consorzio di bonifica Stornara e Tara, ponte tubo lama di Laterza, lì 24/05/2018, STESA1, da m. 0,00 a m 15,00 Antenna 500 Mhz (prof. – 6,00 m da p.c.)



Consorzio di bonifica Stornara e Tara, ponte tubo lama di Laterza, lì 24/05/2018, STESA1, da m. 15,00 a m 30,00 Antenna 500 Mhz (prof. – 6,00 m da p.c.)

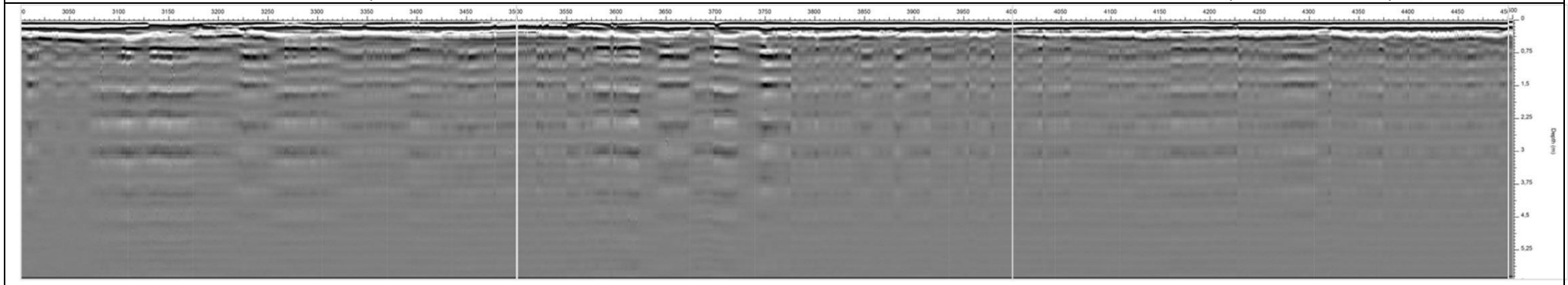


L.P.N.D. TRAMONTE
Il Tecnico di 2° Livello
Dott. Antonio Tramonte

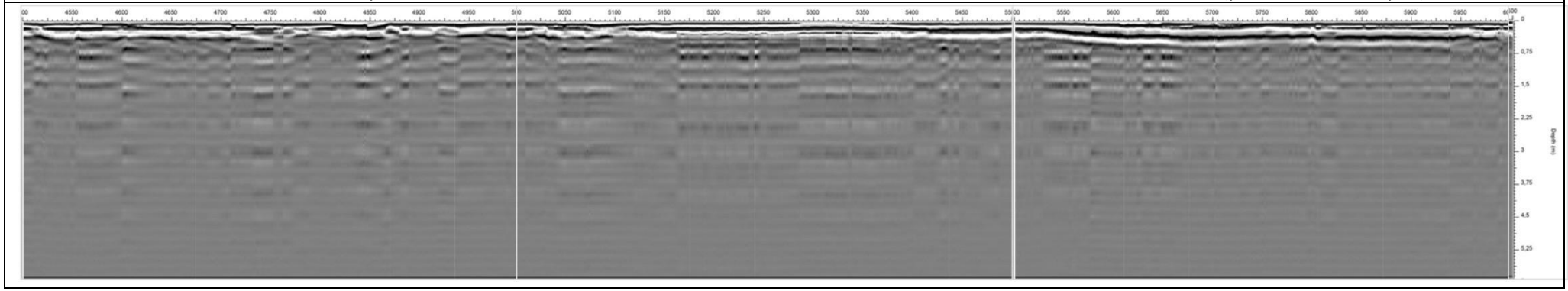
LABORATORIO PROVE NON DISTRUTTIVE
dott. Antonio Tramonte
Via Vittorio Veneto n. 134, 74016 Massafra (TA)
Tel/Fax: 0999677535 cell: 3496103296 e-mail: info@lpndtramonte.it

ISO 9712 UNI ISO 9712

Consorzio di bonifica Stornara e Tara, ponte tubo lama di Laterza, lì 24/05/2018, STESA1, da m. 30,00 a m 45,00 Antenna 500 Mhz (prof. – 6,00 m da p.c.)



Consorzio di bonifica Stornara e Tara, ponte tubo lama di Laterza, lì 24/05/2018, STESA1, da m. 45,00 a m 60,00 Antenna 500 Mhz (prof. – 6,00 m da p.c.)

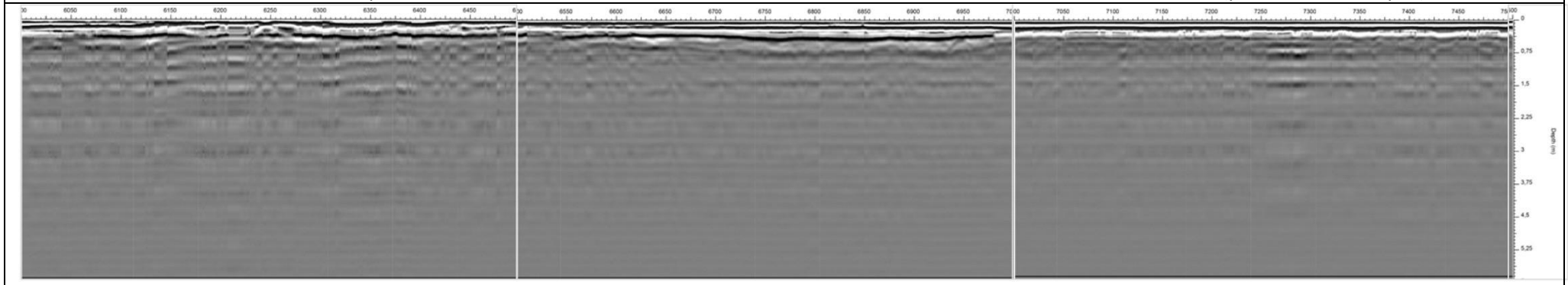


L.P.N.D. TRAMONTE
Il Tecnico di 2° Livello
Dott. Antonio Tramonte

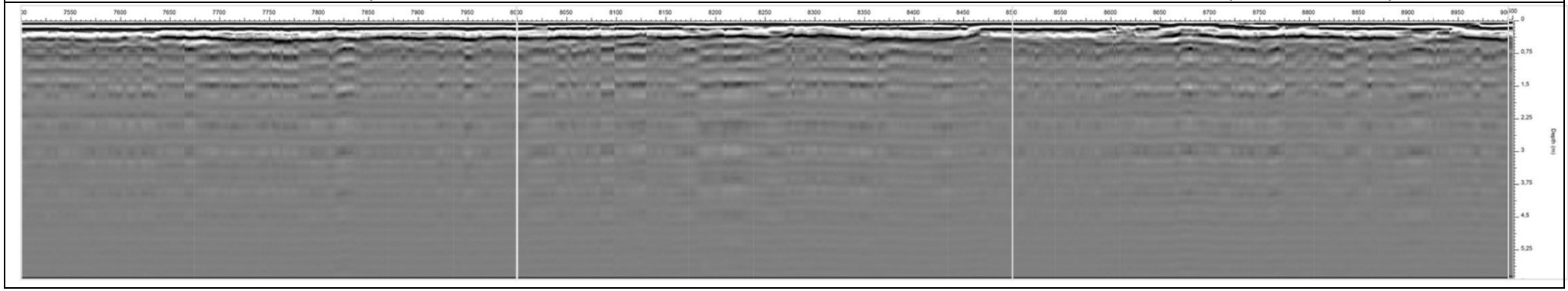
LABORATORIO PROVE NON DISTRUTTIVE
dott. Antonio Tramonte
Via Vittorio Veneto n. 134, 74016 Massafra (TA)
Tel/Fax: 0999677535 cell: 3496103296 e-mail: info@lpndtramonte.it

ISO 9712 UNI ISO 9712

Consorzio di bonifica Stornara e Tara, ponte tubo lama di Laterza, lì 24/05/2018, STESA1, da m. 60,00 a m 75,00 Antenna 500 Mhz (prof. – 6,00 m da p.c.)



Consorzio di bonifica Stornara e Tara, ponte tubo lama di Laterza, lì 24/05/2018, STESA1, da m. 75,00 a m 90,00 Antenna 500 Mhz (prof. – 6,00 m da p.c.)

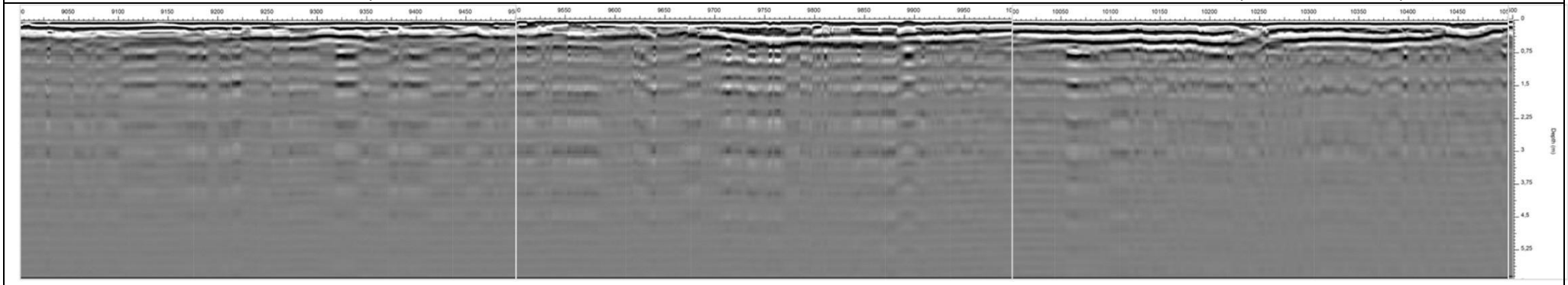


L.P.N.D. TRAMONTE
Il Tecnico di 2° Livello
Dott. Antonio Tramonte

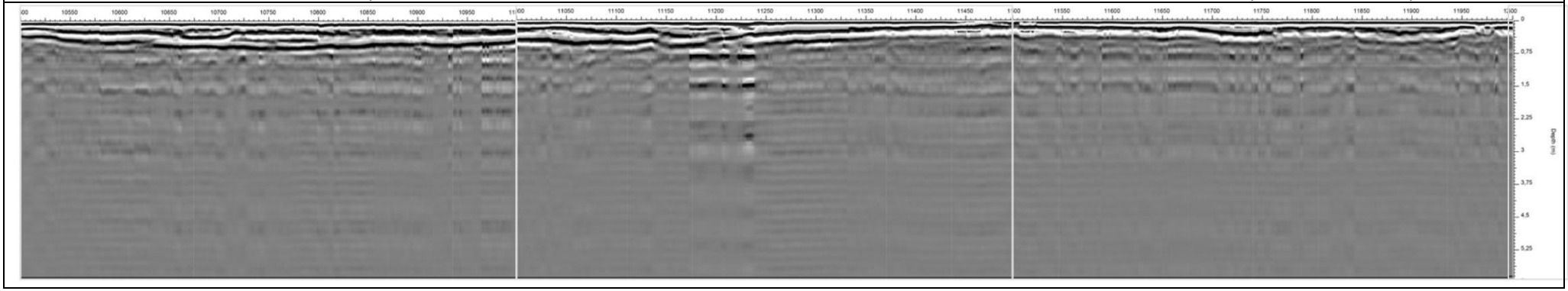
LABORATORIO PROVE NON DISTRUTTIVE
dott. Antonio Tramonte
Via Vittorio Veneto n. 134, 74016 Massafra (TA)
Tel/Fax: 0999677535 cell: 3496103296 e-mail: info@lpndtramonte.it

ISO 9712 UNI ISO 9712

Consorzio di bonifica Stornara e Tara, ponte tubo lama di Laterza, lì 24/05/2018, STESA1, da m. 90,00 a m 105,00 Antenna 500 Mhz (prof. – 6,00 m da p.c.)



Consorzio di bonifica Stornara e Tara, ponte tubo lama di Laterza, lì 24/05/2018, STESA1, da m. 105,00 a m 120,00 Antenna 500 Mhz (prof. – 6,00 m da p.c.)

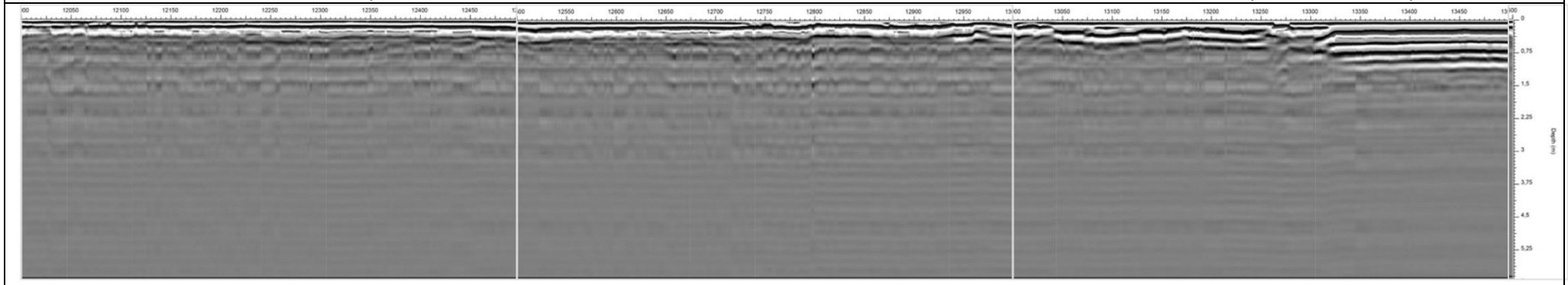


L.P.N.D. TRAMONTE
Il Tecnico di 2° Livello
Dott. Antonio Tramonte

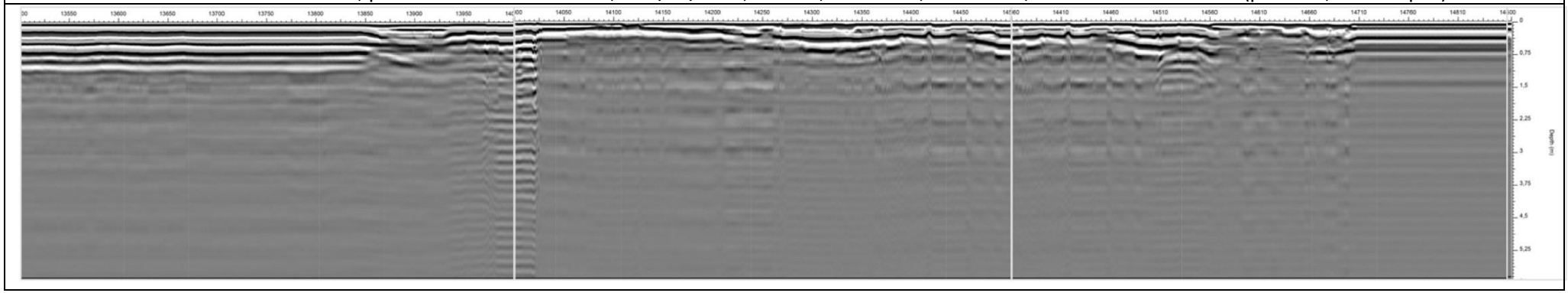
LABORATORIO PROVE NON DISTRUTTIVE
dott. Antonio Tramonte
Via Vittorio Veneto n. 134, 74016 Massafra (TA)
Tel/Fax: 0999677535 cell: 3496103296 e-mail: info@lpndtramonte.it

ISO 9712 UNI ISO 9712

Consorzio di bonifica Stornara e Tara, ponte tubo lama di Laterza, lì 24/05/2018, STESA1, da m. 120,00 a m 135,00 Antenna 500 Mhz (prof. – 6,00 m da p.c.)



Consorzio di bonifica Stornara e Tara, ponte tubo lama di Laterza, lì 24/05/2018, STESA1, da m. 135,00 a m 150,00 Antenna 500 Mhz (prof. – 6,00 m da p.c.)

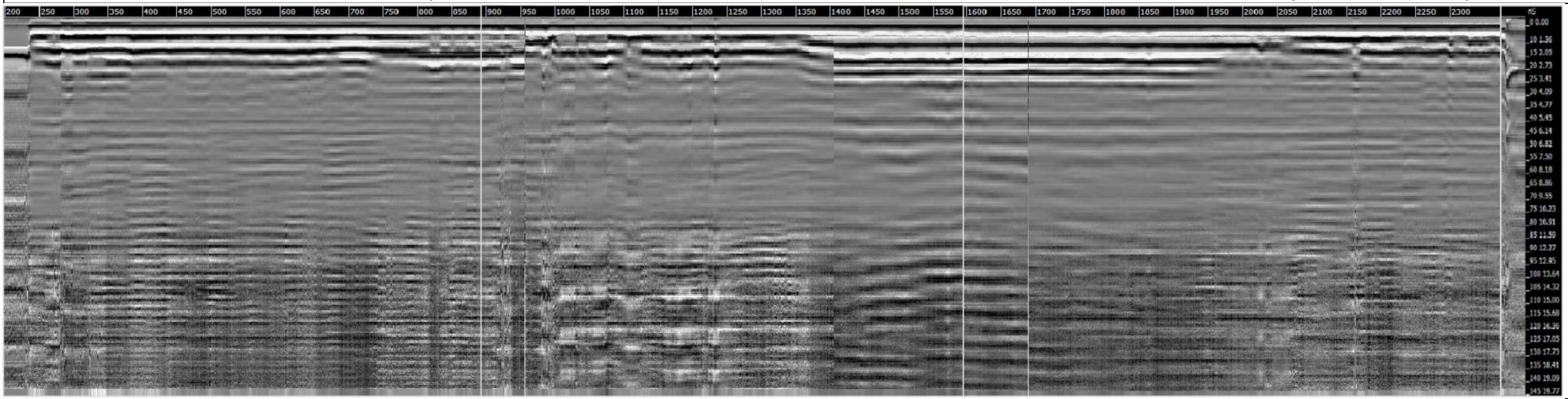


L.P.N.D. TRAMONTE
Il Tecnico di 2° Livello
Dott. Antonio Tramonte

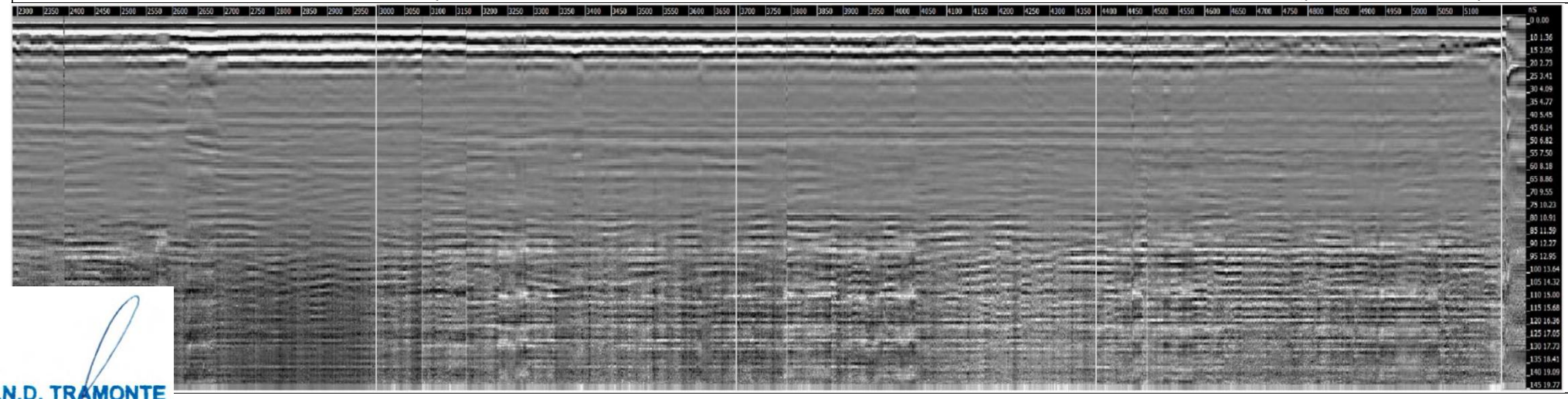
LABORATORIO PROVE NON DISTRUTTIVE
dott. Antonio Tramonte
Via Vittorio Veneto n. 134, 74016 Massafra (TA)
Tel/Fax: 0999677535 cell: 3496103296 e-mail: info@lpndtramonte.it

ISO 9712 UNI ISO 9712

Consorzio di bonifica Stornara e Tara, ponte tubo lama di Laterza, lì 24/05/2018, STESA2, da m. 0,00 a m 22,00 Antenna 100 Mhz (prof. – 20,00 m da p.c.)



Consorzio di bonifica Stornara e Tara, ponte tubo lama di Laterza, lì 24/05/2018, STESA2, da m. 22,00 a m 44,00 Antenna 100 Mhz (prof. – 20,00 m da p.c.)

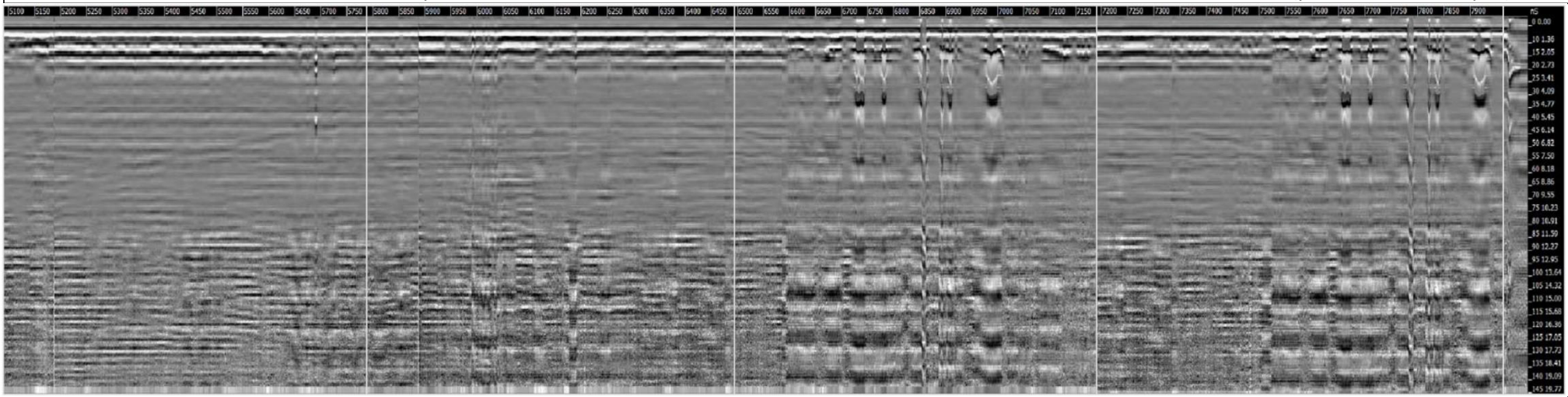


L.P.N.D. TRAMONTE
Il Tecnico di 2° Livello
Dott. Antonio Tramonte

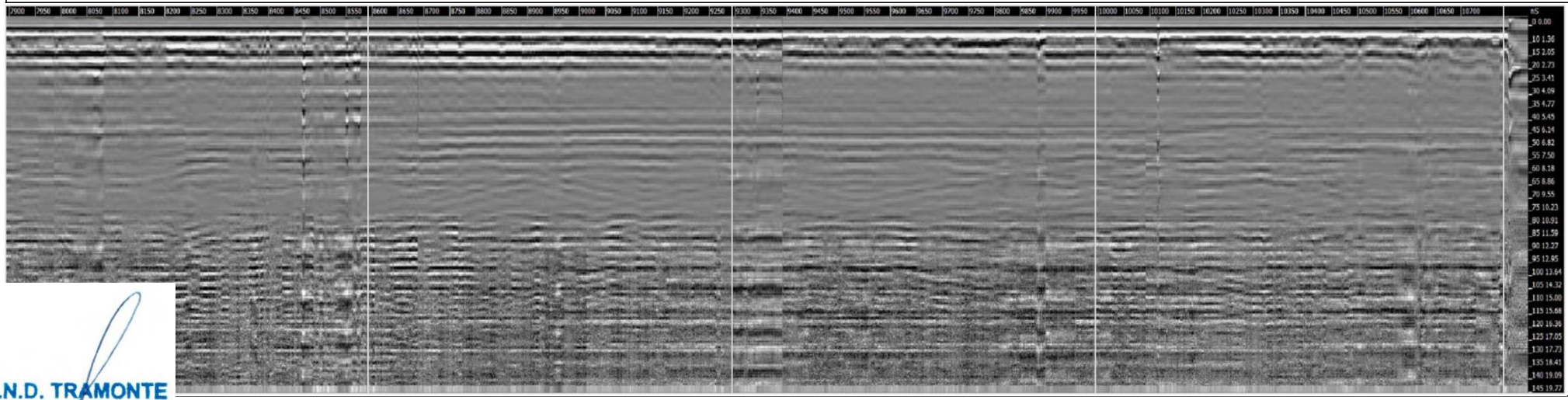
LABORATORIO PROVE NON DISTRUTTIVE
dott. Antonio Tramonte
Via Vittorio Veneto n. 134, 74016 Massafra (TA)
Tel/Fax: 0999677535 cell: 3496103296 e-mail: info@lpndtramonte.it

ISO 9712 UNI ISO 9712

Consorzio di bonifica Stornara e Tara, ponte tubo lama di Laterza, lì 24/05/2018, STESA2, da m. 44,00 a m 66,00 Antenna 100 Mhz (prof. – 20,00 m da p.c.)



Consorzio di bonifica Stornara e Tara, ponte tubo lama di Laterza, lì 24/05/2018, STESA2, da m. 66,00 a m 88,00 Antenna 100 Mhz (prof. – 20,00 m da p.c.)

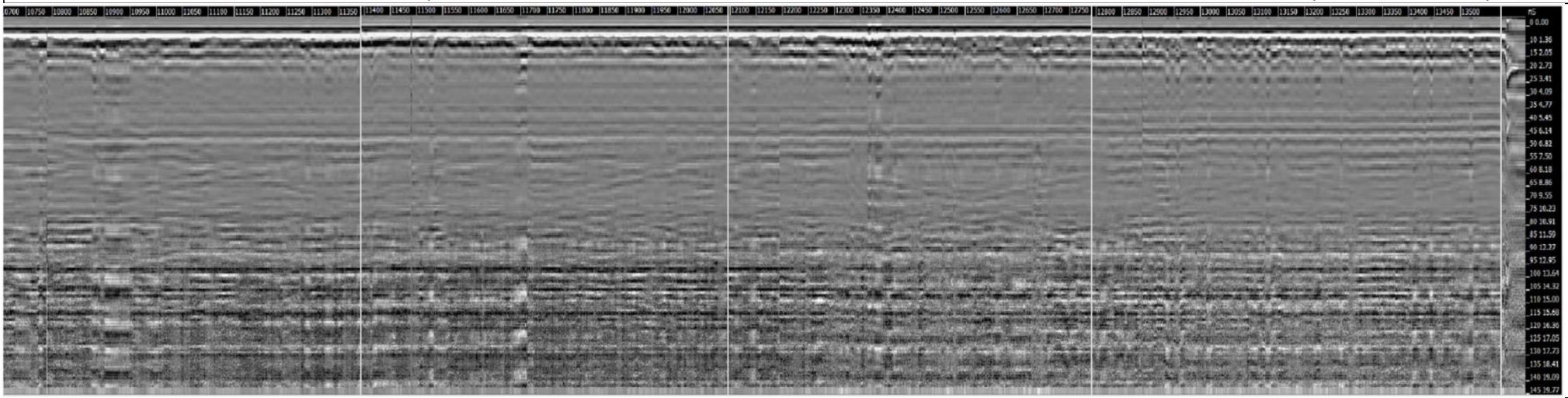


L.P.N.D. TRAMONTE
Il Tecnico di 2° Livello
Dott. Antonio Tramonte

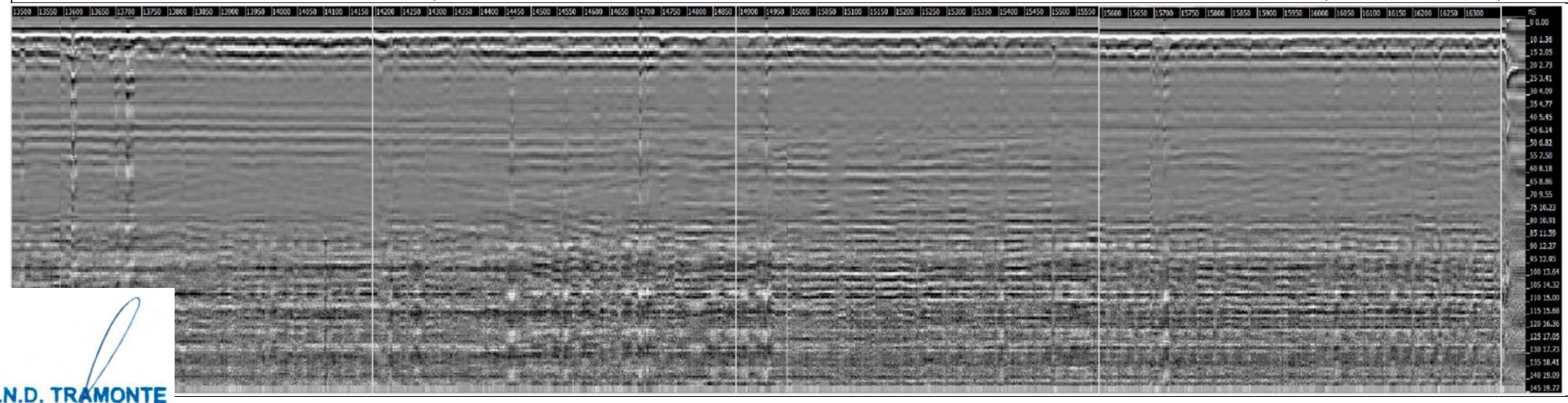
LABORATORIO PROVE NON DISTRUTTIVE
dott. Antonio Tramonte
Via Vittorio Veneto n. 134, 74016 Massafra (TA)
Tel/Fax: 0999677535 cell: 3496103296 e-mail: info@lpndtramonte.it

ISO 9712 UNI ISO 9712

Consorzio di bonifica Stornara e Tara, ponte tubo lama di Laterza, lì 24/05/2018, STESA2, da m. 88,00 a m 110,00 Antenna 100 Mhz (prof. – 20,00 m da p.c.)



Consorzio di bonifica Stornara e Tara, ponte tubo lama di Laterza, lì 24/05/2018, STESA2, da m. 110,00 a m 132,00 Antenna 100 Mhz (prof. – 20,00 m da p.c.)

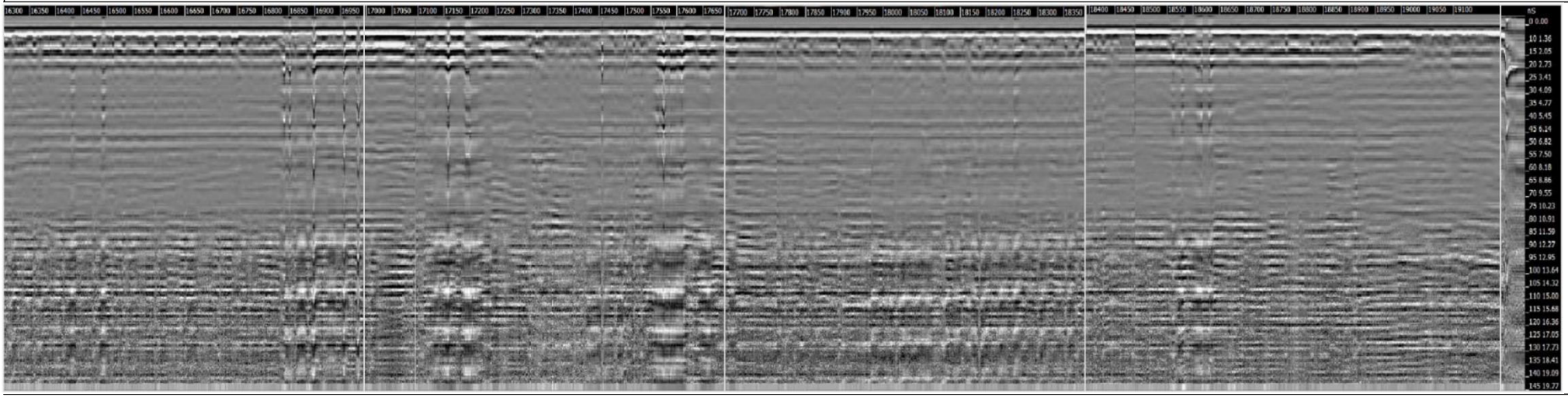


L.P.N.D. TRAMONTE
Il Tecnico di 2° Livello
Dott. Antonio Tramonte

LABORATORIO PROVE NON DISTRUTTIVE
dott. Antonio Tramonte
Via Vittorio Veneto n. 134, 74016 Massafra (TA)
Tel/Fax: 0999677535 cell: 3496103296 e-mail: info@lpndtramonte.it

ISO 9712 UNI ISO 9712

Consorzio di bonifica Stornara e Tara, ponte tubo lama di Laterza, lì 24/05/2018, STESA2, da m. 132,00 a m 154,00 Antenna 100 Mhz (prof. – 20,00 m da p.c.)



L.P.N.D. TRAMONTE
Il Tecnico di 2° Livello
Dott. Antonio Tramonte