

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

U.O. GEOLOGIA TECNICA, DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

INDAGINI GEOGNOSTICHE

CAMPAGNA GEOGNOSTICA GEO.R.A.S. 1/5

SCALA:

-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
R S 3 T	3 0	D	6 9	S G	G E 0 0 0 5	0 0 1	C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	S. La Spina <i>[Signature]</i>	Dicembre 2019	S. Giugliano G. Penna	Dicembre 2019	A. Barreca <i>[Signature]</i>	Dicembre 2019	M. Comedini Giugno 2020
B	Emissione Esecutiva	S. La Spina <i>[Signature]</i>	Gennaio 2020	S. Giugliano G. Penna	Gennaio 2020	A. Barreca <i>[Signature]</i>	Gennaio 2020	
C	Emissione Esecutiva	S. La Spina <i>[Signature]</i>	Giugno 2020	S. Giugliano G. Penna	Giugno 2020	A. Barreca <i>[Signature]</i>	Giugno 2020	

Sommario

1. PREMESSA	9
2. INDAGINI GEOGNOSTICHE	10
2.1. ATTIVITÀ PRELIMINARI	10
<i>Permitting</i>	10
<i>Realizzazione di piste e piazzole</i>	10
<i>Verifica sottoservizi e ricerca masse metalliche</i>	10
2.2. SONDAGGI GEOGNOSTICI	11
2.3. PRELIEVO CAMPIONI GEOTECNICI	18
2.4. PROVE IN FORO	20
<i>Prove S.P.T.</i>	20
<i>Prove di permeabilità tipo Lefranc</i>	21
<i>Prove pressiometriche tipo Menard</i>	23
2.5. INSTALLAZIONI IN FORO	26
<i>Condizionamento dei fori di sondaggio con piezometri tipo Norton</i>	26
<i>Condizionamento dei fori di sondaggio con celle di Casagrande</i>	27
<i>Condizionamento dei fori di sondaggio con tubi inclinometrici</i>	29
2.6. POZZETTI GEOGNOSTICI	30
2.7. PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT	31
<i>Generalità</i>	31
<i>Attrezzatura utilizzata</i>	32
<i>Risultati ottenuti</i>	33
2.8. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH	33
<i>Generalità</i>	33
<i>Attrezzatura utilizzata</i>	34
<i>Risultati ottenuti</i>	35
4. RILIEVO GPS DELLE COORDINATE TOPOGRAFICHE DEI PUNTI DI INDAGINE	35
5. RILIEVI PIEZOMETRICI	35
6. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO	35
7. ORTOFOTO CON UBICAZIONE DEI SONDAGGI GEOGNOSTICI EFFETTUATI	37
<i>Ortofoto generale</i>	37

<i>Primo stralcio</i>	38
<i>Secondo stralcio</i>	39
<i>Terzo stralcio</i>	40
<i>Quarto stralcio</i>	41
<i>Quinto stralcio</i>	42
<i>Sesto stralcio</i>	43
<i>Settimo stralcio</i>	44
<i>Ottavo stralcio</i>	45
<i>Nono stralcio</i>	46
<i>Decimo stralcio</i>	47
<i>Undicesimo stralcio</i>	48
<i>Dodicesimo stralcio</i>	49
<i>Tredicesimo stralcio</i>	50

ELABORATI DI RIFERIMENTO

- Elaborato RS3T30D69SGGE0005002A

- Stratigrafie sondaggi geognostici e relative prove in foro
 - 3a – F02, 3a – F02a
 - 3a – GN1-S01, 3a – GN1-S01a, 3a – GN1-S01b
 - 3a – GN1-S04
 - 3a – GN1-S07
 - 3a – GN1-S08, 3a – GN1-S08a
 - 3a – S01
 - 3a – S02
 - 3a – S03
 - 3a – S05
 - 3a – S07
 - 3a – S08
 - 3a – S09
 - 3a – S10
 - 3a – S10bis
 - 3a – S11
 - 3a – S12
 - 3a – S13
 - 3a – S14
 - 3a – S15
 - 3a – S17
 - 3a – S18
 - 3a – S19
 - 3a – S21
 - 3a – S22
 - 3a – S23

- 3a – S24
- 3a – S25
- 3a – S26

- **Elaborato RS3T30D69SGGE0005003B**

○ Stratigrafie sondaggi geognostici e relative prove in foro

- 3a – S27
- 3a – S29
- 3a – S30
- 3a – S31
- 3a – S32
- 3a – S33
- 3a – S34
- 3a – S35
- 3a – S36, 3a – S36a
- 3a – S37
- 3a – S38
- 3a – V04
- 3a – V04bis
- 3a – V06
- 3a – V07
- 3a – V09
- 3a – V10
- 3a – V13
- 3a – S06
- 3a – GN3 – S04

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)					
INDAGINI GEOGNOSTICHE – Campagna geognostica GEO.R.A.S. 1/5	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 69	CODIFICA SG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. C	FOGLIO 6 di 50

- **Elaborato RS3T30D69SGGE0005004B**

○ Stratigrafie sondaggi geognostici e relative prove in foro

- 3a – F03, 3a – F03a
- 3a – F04
- 3a – GN3-S01, 3a – GN3-S01a, 3a – GN3-S01b
- 3a – S39
- 3a – S40
- 3a – S41
- 3a – S42
- 3a – S43
- 3a – S44
- 3a – S45
- 3a – S47
- 3a – S48
- 3a – GN5-S03
- 3a –S52, 3a –S52a

○ Stratigrafie pozzetti geognostici

- 3 – PZ1
- 3 – PZ2
- 3 – PZ3

○ Prove penetrometriche

- 3 – PP1
- 3 – PP2
- 3 – PP3
- 3 – PP4
- 3 – PP5
- 3 – PP6
- 3 – PP6bis

- 3 – PP7
- 3 – PP8
- 3 – PP9
- 3 – PP10
- 3 – PP11
- 3 – PP12
- 3 – PP13
- 3 – PP14

- **Elaborato RS3T30D69SGGE0005005C**

○ Stratigrafie sondaggi geognostici e relative prove in foro

- 3a – S53
- 3a – S53bis
- 3a – S54
- 3a – S55
- 3a – VI19
- 3a – VI20
- 3a – VI21
- 3a – VI22
- 3a – VI23
- 3a – S46, 3a - S46a
- 3a – SI01
- 3a – SI02
- 3a – SI03
- 3a – SI04, 3a – SI04a
- 3a – SI05
- 3a – SI06, 3a – SI06a
- 3a – SI07, 3a – SI07a



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

INDAGINI GEOGNOSTICHE – Campagna
geognostica GEO.R.A.S. 1/5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 69	SG	GE0005 001	C	8 di 50

- 3a – SI08, 3a – SI08a
- 3a – SI09, 3a – SI09a
- 3a – SI13

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)					
INDAGINI GEOGNOSTICHE – Campagna geognostica GEO.R.A.S. 1/5	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 69	CODIFICA SG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. C	FOGLIO 9 di 50

1. PREMESSA

Nella presente relazione si espongono in maniera descrittiva i risultati delle indagini geognostiche eseguite su incarico di Italferr S.p.A. nell’ambito della Progettazione Definitiva del Nuovo Collegamento Palermo-Catania, tratta Lercara Dir.-Caltanissetta Xirbi (Lotto 3).

I servizi commissionati sono stati effettuati nel periodo compreso tra Luglio 2019 e Maggio 2020 e sono consistiti, sommariamente, nell’esecuzione di oltre 100 sondaggi geognostici, in parte a carotaggio continuo ed in parte a distruzione di nucleo, con esecuzione di prove in foro (penetrometriche di tipo SPT, pressiometriche tipo Ménard, dilatometriche in roccia, di permeabilità tipo Lefranc). Tutti i fori di sondaggio, infine, sono stati opportunamente condizionati per consentire i successivi monitoraggi piezometrici mediante installazione di piezometri tipo Norton o celle di Casagrande, l’esecuzione di prove sismiche in foro mediante installazione di tubazioni in pvc da 3” solidarizzate al terreno circostante, i monitoraggi di eventuali fenomeni gravitativi di versante mediante installazione di tubazioni inclinometriche a 4 guide solidarizzate al terreno circostante.

Sono state inoltre effettuati n. 3 pozzetti geognostici e n. 15 prove penetrometriche CPT e DPSH.

Tutte le fasi lavorative sono state svolte in accordo con la Direzione Lavori del Committente rappresentata dal Geol. Sergio Giugliano e dall’Ing. Giancarlo Penna.

2. INDAGINI GEOGNOSTICHE

2.1. ATTIVITÀ PRELIMINARI

Permitting

Preliminarmente all'esecuzione dei sondaggi è stata effettuata la ricerca dei proprietari dei terreni o delle aree entro cui ricadevano i sondaggi al fine di ottenere i permessi necessari per eseguire le indagini geognostiche previste. Sono state pertanto ricercate le particelle catastali e stampate le relative visure catastali e, contattati i proprietari, si è ottenuta l'autorizzazione. Ai sensi della Legge 464-84 è stata fatta regolare denuncia delle attività di perforazione all'Istituto Superiore per la Protezione Ambientale (ISPRA). Sono stati altresì ottemperati gli obblighi derivanti da attività ricadenti sotto regime vincolisto (idrogeologico, SIC, ZPS o archeologico). Ai sensi dell'Art 6 del D.P.R. 380/2001 e s.m.i. che regola gli Interventi di attività edilizia libera previsti dal Testo Unico dell'Edilizia sono state effettuate le comunicazioni allo Sportello Unico Per l'Edilizia dei Comuni interessati dalle attività geognostiche.

Realizzazione di piste e piazzole

Nei casi in cui i sondaggi erano ubicati in aree inaccessibili alle attrezzature ed ai mezzi di lavoro è occorso realizzare piste di accesso alle piazzole di lavoro mediante l'impiego di escavatore meccanico.



Foto 1: fase di realizzazione di una pista di accesso per consentire il raggiungimento della piazzola di lavoro del sondaggio 3a S26

Al termine delle indagini, in accordo con i proprietari, tutti i luoghi sono stati ripristinati.

Verifica sottoservizi e ricerca masse metalliche

Prima di eseguire ogni sondaggio geognostico, pozzetto geognostico o prova penetrometrica sono stati effettuati dei rilievi superficiali mediante l'impiego di un Magnetometro tipo MAGNEX 120 LW della VOLTA capace di rilevare variazioni del campo magnetico indotto dalla presenza di minerali ferromagnetici anche inferiori a 0,5 Nt.

Lo stesso rilievo è stato eseguito anche all'interno del prescavo a mano, realizzato sempre per verificare eventuali presenze di sottoservizi o di tubazioni interrato amagnetiche fino ad una profondità di 1,5 m circa dal p.c..

Infine, durante la fase di perforazione del sondaggio geognostico, per ogni metro di perforazione, fino alla profondità di 7m dal p.c., di volta in volta è stata effettuata la verifica magnetometrica in foro, mediante una sonda da foro, per verificare la eventuale presenza di masse metalliche sepolte.



Foto 2: Esecuzione di ricerca di masse metalliche superficiali e in foro mediante magnetometro MAGNEX della VOLTA

2.2. SONDAGGI GEOGNOSTICI

Su indicazione della D.L. sono stati eseguiti settantacinque sondaggi geognostici.

Le caratteristiche tecniche delle perforatrici impiegate per la realizzazione dei sondaggi sono riassunte nella seguente tabella:

PERFORATRICE (marca e modello)	ATLAS COPCO MUSTANG A65 CB	MORI S15 C	CASAGRANDE C6	EGT MD710	CMV MK720
VELOCITA' DI ROTAZIONE (giri/min)	600	690	530	600	530
COPPIA MASSIMA (daNm)	1000	1500	1200	1000	750
CORSA MASSIMA (cm)	370	350	450	350	350
TIRO/SPINTA (daN)	7900	6500	13550	6000	6000
ARGANO	SI	SI	SI	SI	SI
ARGANO WIRE LINE	SI	SI	SI	SI	NO
DAC TEST	SI	SI	SI	NO	NO

Tabella 1: Caratteristiche tecniche delle perforatrici impiegate.

I sondaggi geognostici sono stati effettuati ad andamento verticale, a rotazione con carotaggio continuo, in subordine a distruzione di nucleo, con il metodo classico cosiddetto ad aste e carotiere, con diametro di perforazione pari a 101 mm ed impiego di carotieri semplici o doppi o tripli (triplex), muniti di corone al widia o diamantate, per assicurare il campionamento ottimale dei litotipi riscontrati.

Tabella 2: Sinottico riepilogativo contenente la sigla identificativa dei sondaggi geognostici effettuati, il metodo di perforazione, la lunghezza, il condizionamento o attrezzaggio del foro e la profondità di installazione

ID SONDAGGIO	metodo di perforazione	lunghezza del sondaggio (m)	condizionamento del foro	profondità di installazione ¹ (m)
3a-F02	carotaggio continuo	30	con piezometro Casagrande	21
3a-F02a	distruzione di nucleo	30	per sismica Down Hole	30
3a-F03	carotaggio continuo	30	con piezometro Casagrande	13,5
3a-F03a	distruzione di nucleo	30	per sismica Down Hole	30
3a-F04	carotaggio continuo	90	con piezometro Casagrande	75,5
3a-GN1-S01	carotaggio continuo	30	con piezometro Norton	15
3a-GN1-S01a	distruzione di nucleo	30	per sismica Down Hole	30
3a-GN1-S01b	distruzione di nucleo	30	con tubazione inclinometrica	30
3a-GN1-S04	carotaggio continuo	40	con piezometro Casagrande	30
3a-GN1-S07	carotaggio continuo	50	con piezometro Casagrande	35,5
3a-GN1-S08	carotaggio continuo	30	con piezometro Casagrande	18,5
3a-GN1-S08a	distruzione di nucleo	30	per sismica Down Hole	30
3a-GN3 S01	carotaggio continuo	30	con piezometro Casagrande	12,5
3a-GN3 S01 a	distruzione di nucleo	30	per sismica Down Hole	30
3a-GN3 S01 b	distruzione di nucleo	30	con tubazione inclinometrica	30

¹ Nel caso di piezometro Casagrande indica la profondità di installazione della cella rispetto il p.c.; Nel caso di piezometro Norton indica la lunghezza della tubazione piezometrica installata; Nel caso di predisposizione per sismica Down Hole indica la lunghezza della tubazione installata; Nel caso di predisposizione per monitoraggi inclinometrici indica la lunghezza della tubazione installata.

ID SONDAGGIO	metodo di perforazione	lunghezza del sondaggio (m)	condizionamento del foro	profondità di installazione ¹ (m)
3a-GN3 S04	carotaggio continuo	50	con piezometro Casagrande	45
3a-S01	carotaggio continuo	30	con piezometro Norton	10
3a-S02	carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	33
3a-S03	carotaggio continuo	40	per sismica Down Hole	40
3a-S05	carotaggio continuo	40	per sismica Down Hole	40
3a-S06	carotaggio continuo	40	con piezometro Casagrande	30
3a-S07	carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	16
3a-S08	carotaggio continuo	40	per sismica Down Hole	40
3a-S09	carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	30
3a-S10	carotaggio continuo	40	per sismica Down Hole	40
3a-S10bis	carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	12
3a-S11	carotaggio continuo	40	per sismica Down Hole	40
3a-S12	carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	12
3a-S13	carotaggio continuo	40	per sismica Down Hole	40
3a-S14	carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	15
3a-S15	carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	10
3a-S17	carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	12
3a-S18	carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	12
3a-S19	carotaggio continuo	40	con piezometro Casagrande	20,5
3a-S21	carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	11

ID SONDAGGIO	metodo di perforazione	lunghezza del sondaggio (m)	condizionamento del foro	profondità di installazione ¹ (m)
3a-S22	carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	12
3a-S23	carotaggio continuo	30	con piezometro Norton	16
3a-S24	Carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	12
3a-S25	carotaggio continuo	40	per sismica Down Hole	40
3a-S26	carotaggio continuo	40	con piezometro Casagrande	20,5
3a-S27	carotaggio continuo	40	per sismica Down Hole	40
3a-S29	carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	9
3a-S30	carotaggio continuo	40	per sismica Down Hole	40
3a-S31	carotaggio continuo	30	con piezometro Norton	15
3a-S32	carotaggio continuo	30	con piezometro Norton	11
3a-S33	carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	10
3a-S34	carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	10
3a-S35	carotaggio continuo	40	per sismica Down Hole	40
3a-S36	carotaggio continuo	40	con tubazione inclinometrica	40
3a-S36a	distruzione di nucleo	13	con piezometro Casagrande	12,5
3a-S37	carotaggio continuo	40	per sismica Down Hole	40
3a-S38	carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	15
3a-S39	carotaggio continuo	40	per sismica Down Hole	40
3a-S40	carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	30
3a-S41	carotaggio continuo	40	per sismica Down Hole	40

ID SONDAGGIO	metodo di perforazione	lunghezza del sondaggio (m)	condizionamento del foro	profondità di installazione ¹ (m)
3a-S42	carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	24
3a-S43	carotaggio continuo	40	per sismica Down Hole	40
3a-S44	carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	15
3a-S45	carotaggio continuo	30	con piezometro Norton	18
3a-S46	carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	18
3a-S46 bis	distruzione di nucleo	40	con tubazione inclinometrica	40
3a-S47	carotaggio continuo	30	per sismica Down Hole	30
3a-S48	carotaggio continuo	30	con piezometro Norton	21
3a-S53	carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	36
3a-S53 BIS	carotaggio continuo	30	con piezometro Norton	18
3a-S54	carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	18
3a-S55	carotaggio continuo	40	per sismica Down Hole	40
3a-V04	carotaggio continuo	40	con piezometro Casagrande	15,5
3a-V04bis	carotaggio continuo	30	con piezometro Casagrande	12,5
3a-V06	carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	15
3a-V07	carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	15
3a-V09	carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	15
3a-V10	carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	10
3a-V13	carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	14
3a-VI19	carotaggio	39	per sismica Down Hole	

ID SONDAGGIO	metodo di perforazione	lunghezza del sondaggio (m)	condizionamento del foro	profondità di installazione ¹ (m)
	continuo			39
3a-VI20	carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	21
3a-VI21	carotaggio continuo	40	per sismica Down Hole	40
3a-VI22	carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	30
3a-VI23	carotaggio continuo	30	con piezometro Casagrande	29,5
3a-GN5 S03	distruzione di nucleo	30	con tubazione inclinometrica	30
3a-S52	carotaggio continuo	40	con tubazione inclinometrica	40
3a-S52a	distruzione di nucleo	10	con piezometro Casagrande	7
3a-SI01	carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	18
3a-SI02	carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	18
3a-SI03	carotaggio continuo	30	con piezometro Casagrande	29,5
3a-SI04	carotaggio continuo	40	con tubazione inclinometrica	40
3a-SI04a	distruzione di nucleo	40	con piezometro Casagrande	39,5
3a-SI05	carotaggio continuo	40	con piezometro Norton	14
3a-SI06	carotaggio continuo	30	con piezometro Casagrande	10
3a-SI06a	distruzione di nucleo	30	con tubazione inclinometrica	30
3a-SI07	carotaggio continuo	30	con piezometro Casagrande	10
3a-SI07a	distruzione di nucleo	30	con tubazione inclinometrica	30
3a-SI08	carotaggio continuo	30	con piezometro Casagrande	10
3a-SI08a	distruzione di nucleo	30	con tubazione inclinometrica	30
3a-SI09	carotaggio continuo	30	con piezometro Casagrande	10

ID SONDAGGIO	metodo di perforazione	lunghezza del sondaggio (m)	condizionamento del foro	profondità di installazione ¹ (m)
3a-SI09a	distruzione di nucleo	30	con tubazione inclinometrica	30
3a-SI13	carotaggio continuo	40	con piezometro Casagrande	21
3b-SI10	carotaggio continuo	30	con piezometro Casagrande	15
3b-SI10a	distruzione di nucleo	25	con tubazione inclinometrica	25
3b-SI V08	carotaggio continuo	40	con piezometro Casagrande	21
3b-SI V09	carotaggio continuo	40	con piezometro Casagrande	21

In presenza di litotipi non “auto-sostenenti” e/o per consentire la corretta installazione in foro delle attrezzature previste, in fase di perforazione sono stati impiegati tubi metallici per il rivestimento provvisorio del foro di diametro esterno nominale di 127 mm ed, in subordine nel caso di avanzamento “a cannocchiale”, di diametro esterno nominale di 178 mm.

Le carote estratte sono state riposte in cassette catalogatrici, munite di coperchio e scomparti divisori, con indicazione della relativa profondità delle battute di carotaggio, oltre che l’oggetto del cantiere ed il codice identificativo del sondaggio.



Foto 3: Casseta catalogatrice n.1 del sondaggio 3a-S18 (foto esemplificativa)

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)					
INDAGINI GEOGNOSTICHE – Campagna geognostica GEO.R.A.S. 1/5	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 69	CODIFICA SG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. C	FOGLIO 18 di 50

Per consentire la corretta esecuzione delle successive analisi chimiche di laboratorio, previste nei primi 5m di carotaggio, i sondaggi a carotaggio continuo sono stati effettuati “a secco” cioè senza l’ausilio di fluidi di perforazione, previa pulizia e lavaggio dei carotieri con impiego di una soluzione contenente Liquinox all’1%, un detergente specifico per la decontaminazione delle attrezzature nelle attività ambientali.

Tutti i dettagli tecnici e stratigrafici rilevati nel corso dei sondaggi effettuati, con le relative prove in foro, quote di prelievo dei campioni, strumentazioni installate nonché le fotografie delle cassette catalogatrici sono riportate nelle allegate stratigrafie.

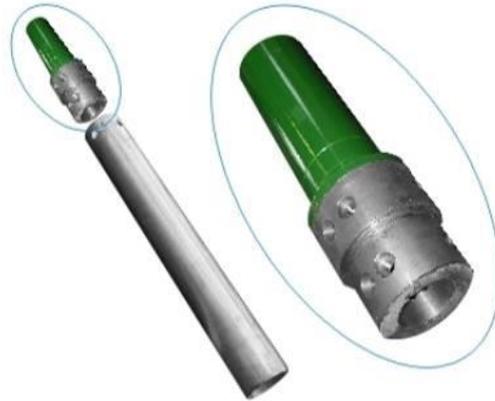
2.3. PRELIEVO CAMPIONI GEOTECNICI

Con riferimento alle Raccomandazioni AGI, per campioni “indisturbati” (o a disturbo limitato) si intendono i campioni prelevati con utensili definiti “campionatori”, con l’obiettivo di permettere il prelievo di campioni con grado di “qualità” Q.4 – Q.5 in terreni coesivi oppure Q2 – Q3 in terreni incoerenti o tali da non consentire comunque un grado di qualità superiore. Per campioni “rimaneggiati”, grado di “qualità” Q.1 – Q.2, si intendono i campioni prelevati direttamente dalle cassette catalogatrici.

Durante l’esecuzione dei sondaggi sono stati prelevati campioni geotecnici con campionatori a pressione di tipo Shelby, campionatori rotativi, campionatori tipo Mazier o Denison e con carotieri tripli (Triplex) dotati di fustella interna in policarbonato e campioni rimaneggiati. I campioni indisturbati contenuti nelle fustelle in acciaio inox a pareti sottili (sp. 2 mm e diametro 88,9 mm) sono stati prelevati mediante l’impiego del campionatore a pressione tipo “Shelby” o, in alternativa mediante campionatore rotativo.



Foto 4: Campionatore Shelby e fustella a pareti sottili impiegati per il prelievo di campioni indisturbati.



Il campionatore rotativo consente di penetrare in terreni molto compatti e/o addensati perché l'attrito esterno fra terreno e fustella viene eliminato dalla corona in rotazione con fluido circolante.

L'estremità inferiore (tagliante) della fustella sporge dalla corona per evitare disturbi nel campione causati dal fluido in circolazione. La sporgenza minima (a molla chiusa) è preselezionabile fra 1,5 e 4 cm, da scegliere in relazione alla compattezza del terreno.

I campioni indisturbati contenuti nelle fustelle in pvc sono stati prelevati mediante l'impiego del campionatore Denison o Mazier. Molto utilizzato qualora si presenti la necessità di ottenere una carota perfettamente asciutta con una protezione maggiore del campione. La parte interna non rotante che contiene la fustella (in PVC) sporge al di sotto della corona e penetra a pressione nel terreno a mezzo della scarpa tagliente. Il campione è trattenuto da un particolare estrattore a cestello con lamelle sottili ed elastiche che si chiudono sotto il peso del campione che tende a sfilarsi. Le scarpe temperate a caldo sulla parte tagliente vengono fornite in varie lunghezze in modo da adattarsi meglio al grado di compattezza dei materiali: per materiali meno duri, più suscettibili al rammollimento e più penetrabili a pressione si adottano scarpe più lunghe, mentre per i terreni più compatti si adottano scarpe più corte.

I campioni indisturbati contenuti nei liner in policarbonato trasparente sono stati prelevati mediante l'impiego del carotiere Triplex, particolarmente adatto per il carotaggio con alta percentuale di recupero in formazioni sedimentarie, alluvionali ed alterate. Il tubo in plastica trasparente permette di ottenere carote protette e di alta qualità.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)					
INDAGINI GEOGNOSTICHE – Campagna geognostica GEO.R.A.S. 1/5	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 69	CODIFICA SG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. C	FOGLIO 20 di 50

I campioni rimaneggiati, invece, sono stati prelevati direttamente dalle cassette catalogatrici.

Le fustelle ed i sacchetti contenenti i campioni prelevati, sono stati sigillati, etichettati, paraffinati e consegnati ai laboratori individuati dal Committente, per essere sottoposti alle analisi fisiche ed alle prove geotecniche.

2.4. PROVE IN FORO

Prove S.P.T.

Le prove SPT (acronimo di Standard Penetration Test) sono state eseguite seguendo in aderenza alla normativa tecnica AGI 1977 ed alle prescrizioni del capitolato speciale d'appalto.

La prova consente di determinare la resistenza di un terreno alla penetrazione dinamica di un campionatore infisso a partire dal fondo di un foro di sondaggio.

Operativamente si fa penetrare nel terreno un campionatore o, in alternativa, una punta conica, sotto i colpi di un maglio del peso di 63,5 kg che viene rilasciato in caduta libera da un'altezza di 76 cm. La battitura è stata effettuata con un penetrometro a fune e cabestano, posizionato in asse al foro di sondaggio mediante un gancio collegato all'argano di manovra.

Il maglio, battendo sulle aste che prolungano la punta, infigge il campionatore o la punta conica nel terreno. La prova viene eseguita nel corso di esecuzione del sondaggio geognostico, alla quota del tratto che si vuole testare. Le misure vengono rilevate per tre avanzamenti consecutivi di 15 cm ciascuno, contando il numero di colpi (N) necessari per ogni avanzamento (N1, N2, N3).

Ai fini geotecnici si assume come resistenza alla penetrazione N_{spt} , la somma del numero di colpi rilevati negli ultimi due avanzamenti (N2+N3).

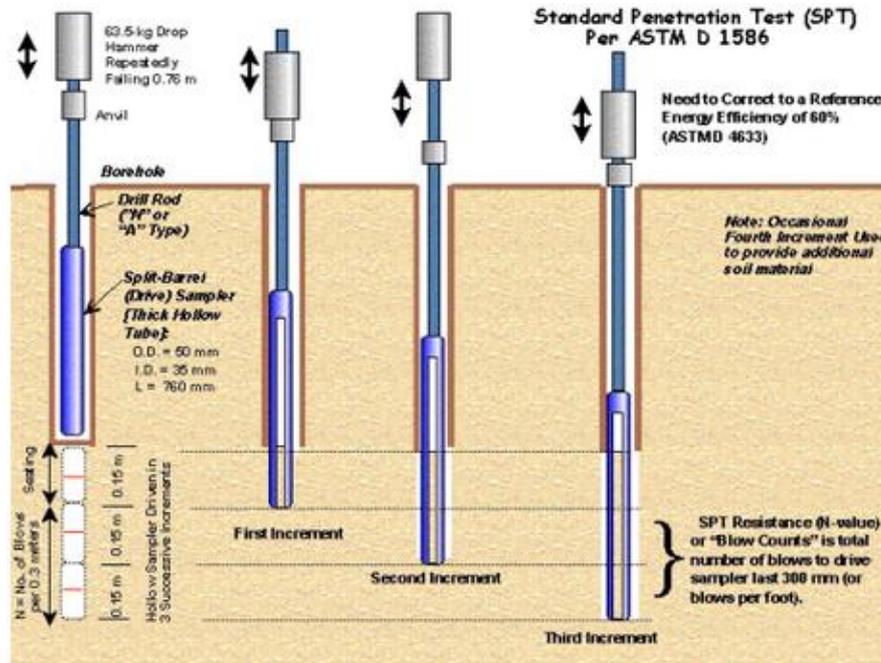


Figura 1: Fasi di esecuzione di una prova penetrometrica SPT

La strumentazione impiegata per l'esecuzione delle prove è consistita in:

- Tubo campionario Raymond apribile longitudinalmente: \varnothing est= 50.8 mm; \varnothing int= 35 mm L minima (escluso tagliente principale)>457 mm; L utile = 630 mm;
- La scarpa tagliente terminale (con rastremazione negli ultimi 19 mm) = 76 mm; il campionario sarà munito di valvola a sfera alla sommità e aperture di scarico e sfiato;
- Massa battente di peso 63,5 kg che cada da 75 cm di altezza;
- Aste collegate in una estremità alla massa battente ed all'altra al campionario aventi peso per metro lineare 6.5 kg (± 0.5 kg/ml), ben avvitate in corrispondenza dei giunti e con flessione totale della batteria pronta per la prova $< 1^\circ$. La caduta del maglio deve essere libera; pertanto deve essere adottato un dispositivo di sganciamento automatico a bassa inerzia.

Prove di permeabilità tipo Lefranc

Data la natura dei terreni prevalentemente a grana fine-media sono state eseguite prove di permeabilità tipo Lefranc a carico variabile. La prova consente la determinazione della conducibilità idraulica del terreno; a seconda della geometria realizzata in corrispondenza del tratto di foro prescelto e quindi della direzione del

flusso che si instaura durante la prova, la permeabilità misurata sarà quella orizzontale (K_h), quella verticale (K_v) o una media tra le due ($K_h \cdot K_v$).

Nel caso di terreni a bassa conducibilità idraulica si esegue a carico idraulico variabile; nel caso di terreni ad elevata conducibilità, a carico idraulico costante. E' una prova che viene effettuata in fase di avanzamento della perforazione in terreni non rocciosi, sotto falda o fuori falda, in quest'ultimo caso dopo avere saturato con acqua il tratto di terreno in prova. Per l'esecuzione della prova è necessario che le pareti del foro siano rivestite con tubo di rivestimento per tutto il tratto non interessato alla prova. La prova si esegue misurando gli assorbimenti di acqua nel tempo, a cadenza prestabilita, facendo filtrare quest'ultima attraverso un tratto di foro predeterminato. Le prove a carico variabile al di sotto del livello della falda possono essere eseguite abbassando il livello dell'acqua nel foro di un'altezza nota e misurando la velocità di risalita del livello (prove di risalita), oppure riempiendo il foro d'acqua per un'altezza nota e misurando la velocità di abbassamento del livello (prova di abbassamento).

Il coefficiente di permeabilità K (m/s) può essere determinato utilizzando la seguente formula:

$$K = A / (F \cdot T)$$

dove:

- A = area della sezione trasversale del foro al livello dell'acqua, cioè la sezione del rivestimento (m^2)
- F = fattore di forma che dipende dalla geometria della prova (m);
- T = tempo di riequilibrio (basic time-lag) (s)

Il calcolo del fattore di forma F viene eseguito con la soluzione analitica indicata da Hvorslev (1951), scelta in base alla geometria della prova. Per la determinazione di T si devono diagrammare i valori del rapporto h/h_0 , in scala logaritmica, con i corrispondenti valori di tempo t in scala decimale ($t = 0$ all'inizio della prova quando $h/h_0 = 1$, essendo h l'altezza misurata e h_0 l'altezza iniziale). Si traccia poi la retta che meglio collega i punti sperimentali diagrammati. In qualche caso, i punti sperimentali per valori di h/h_0 vicini ad 1 possono seguire una curva; ciò deve essere trascurato e la linea retta va tracciata attraverso i restanti punti. Si disegna quindi una retta parallela a quella precedente, ma che passa per l'origine degli assi ($h/h_0 = 1$; $t = 0$). Il valore del tempo t letto in corrispondenza del rapporto $h/h_0 = 0.37$ è il valore richiesto del tempo di riequilibrio T .

I risultati delle prove di permeabilità eseguite sono contenuti nei rapporti di prova allegati in calce alla stratigrafia del relativo sondaggio geognostico ove sono state effettuate.

Prove pressiometriche tipo Menard

Per la caratterizzazione meccanica dei terreni a grana fine attraversati, sono state effettuate prove pressiometriche in entro il foro di sondaggio. Di seguito vengono illustrate le strumentazioni utilizzate unitamente alle modalità di esecuzione e di elaborazione delle prove.

Le prove sono state effettuate impiegando una sonda tricellulare da 60 mm di diametro ed un pressimetro Ménard-Apageo da 100 bar.

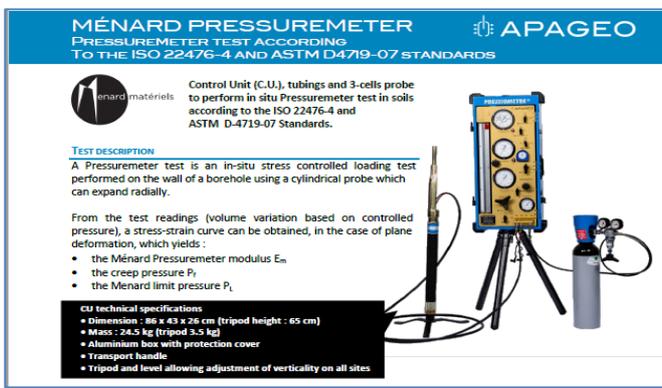
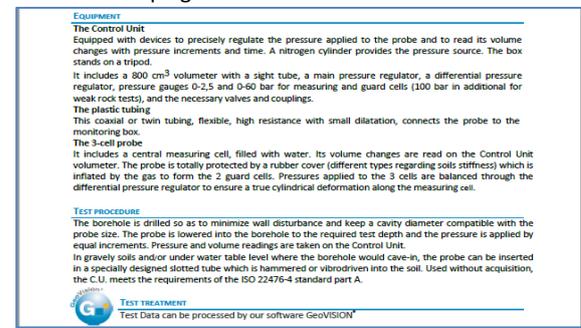


Foto 5: Scheda tecnica del pressimetro Menard con DP box reader impiegato



La sonda pressiometrica si compone di una sonda cilindrica ad espansione idraulica costituita da una cella centrale o cella di misurazione e da due celle di guardia laterali; le misurazioni vengono effettuate sulla cella centrale che, posta in pressione dalla massa d'acqua iniettata all'interno, si espande radialmente.

Le celle di guardia, dilatate dal gas, mantengono costante la geometria del sistema, impedendo che la cella centrale abbia deformazioni diverse da quelle radiali.

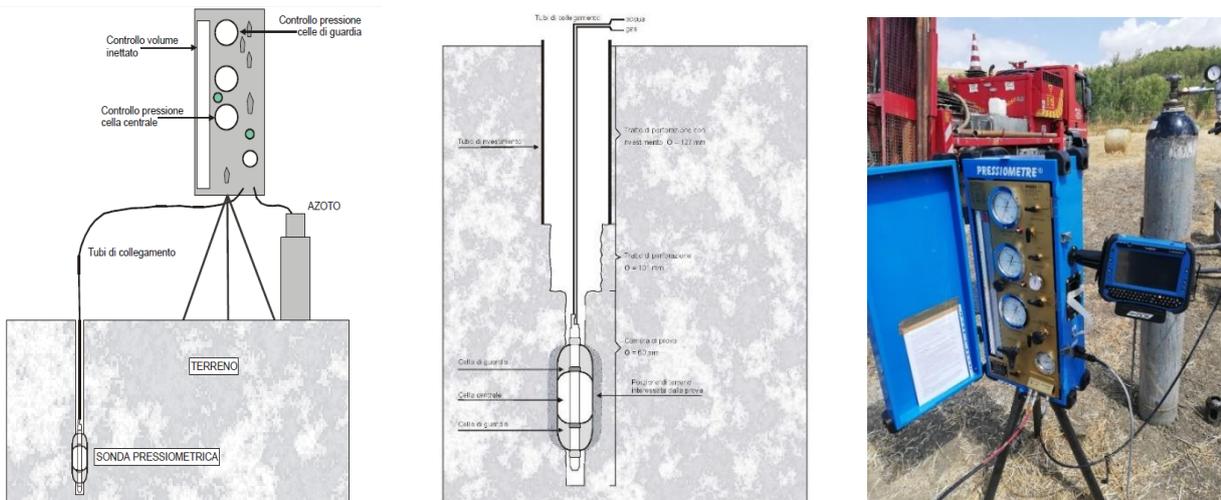


Foto 6: Da sinistra verso destra, schema di collegamento del sistema pressimetro Ménard; componentistiche della cella pressiometrica; Pressimetro Menard con DP box reader.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)					
INDAGINI GEOGNOSTICHE – Campagna geognostica GEO.R.A.S. 1/5	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 69	CODIFICA SG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. C	FOGLIO 24 di 50

La prova pressiométrica MPM consiste nella misurazione delle dilatazioni indotte in una cella facente parte di una sonda tricellulare, calata in foro di sondaggio appositamente realizzato con un carotiere da 62 mm.

La prova viene eseguita imponendo incrementi di carico mantenuti costanti per 60" e con letture intermedie a 30", misurando le dilatazioni della cella centrale e, quindi, le corrispondenti deformazioni volumetriche del terreno.

Le pressioni vengono lette in superficie da manometri di precisione dotati di scale differenziate, mentre le deformazioni vengono rilevate da un sistema volumetrico. Le pressioni lette al manometro vengono depurate della pressione d'inerzia della sonda.

La taratura di pressione della sonda è effettuata prima delle prove, facendo espandere liberamente la cella pressiométrica e registrando i volumi di equilibrio a 60" per ogni incremento di pressione, fino alla capacità massima tollerata della guaina. Viene eseguita anche una taratura dell'insieme sonda - cavi - centralina sulle variazioni di volume (taratura di volume); le dilatazioni misurate, anche se di entità trascurabile, sono dovute all'elasticità dei tubi ed alla compressibilità del fluido. La membrana viene dilatata all'interno di un tubo metallico indeformabile aumentando la pressione fino al valore massimo di prova.

Essendo le pressioni di circuito lette in superficie in corrispondenza del manometro, ad un'altezza di circa 0.75 m dal p.c., le pressioni al livello della cella differiscono da quelle misurate di una quantità pari all'altezza della colonna d'acqua nei tubi. Alla pressione letta è stata così sommata la pressione dovuta alla colonna d'acqua (correzione idrostatica).

I dati registrati durante la prova sono:

- pressione letta al manometro;
- volume iniettato a 30";
- volume iniettato a 60";

Da questi volumi si risale alla variazione del volume fra la lettura a 30" e la lettura a 60" (V60 - V30), a pressione costante (volume di fluage) e la variazione di volume fra le letture a 60" di due gradini di pressione successivi. Queste due variazioni di volume permettono di controllare lo sviluppo della prova e stimare la pressione di fine prova.

Il grafico pressione - volume è messo in parallelo con il grafico del volume di fluage. La forma della curva di fluage, infatti, è indicativa per l'individuazione sia della pressione di ricompressione Po (e quindi del volume

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)					
INDAGINI GEOGNOSTICHE – Campagna geognostica GEO.R.A.S. 1/5	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 69	CODIFICA SG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. C	FOGLIO 25 di 50

Vo) di inizio del tratto pseudo-elastico della curva (lineare) sia della pressione finale del tratto rettilineo Pf (e quindi del volume Vf).

Individuato il tratto rettilineo della curva, si può stimare il modulo pressiometrico normalizzato di Ménard Ep attraverso la relazione:

$$E_p = 2 \cdot (1 + \nu) \cdot V_m \cdot \Delta P / \Delta V$$

Vm = volume medio della cella nel tratto pseudo-elastico; ΔP = variazione di pressione nel tratto pseudo-elastico; ΔV = variazione di volume nel tratto pseudo-elastico.

Il volume medio della cella può essere stimato dalla relazione:

$$V_m = V_i + (V_f + V_o) / 2$$

dove Vi = volume iniziale teorico della cella (535 cm³ nel caso del pressiometro utilizzato).

La pressione limite che corrisponde convenzionalmente alla pressione a cui si raggiunge il volume VI = Vi + 2Vo, non è praticamente raggiungibile in fase di prova poiché comporterebbe una rottura totale del terreno con conseguente espansione infinita della sonda. Essa può essere però stimata a partire dal grafico bilogarithmico pressione-variazione relativa di volume (Δv/v), sul quale in prossimità della pressione limite la curva assume un andamento rettilineo e tende al valore Δv/v = 1 in corrispondenza della pressione limite Pl. Tale procedura per stimare Pl sembra essere la più conservativa. Per ricavare il valore della “Cu”, in accordo con gli studi più accreditati, si sono utilizzate le seguenti relazioni (Amar e Jezequel 1972):

$$C_u = P_l / 5,5 \text{ per } P_l < 0,3 \text{ Mpa}$$

$$C_u = P_l / 10 + 0,025 \text{ per } P_l > 0,3 \text{ MPa}$$

Come richiesto dal Capitoalto tecnico Italferr, è stato eseguito un ciclo di isteresi al termine del tratto pseudoelastico della curva pressiometrica e calcolati il modulo pressiometrico iniziale e finale nel tratto elastico di entrambe le fasi.

I risultati delle prove di pressiometriche eseguite sono contenuti nei rapporti di prova allegati in calce alla stratigrafia del relativo sondaggio geognostico ove sono state effettuate.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRIBI (LOTTO 3)					
INDAGINI GEOGNOSTICHE – Campagna geognostica GEO.R.A.S. 1/5	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 69	CODIFICA SG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. C	FOGLIO 26 di 50

2.5. INSTALLAZIONI IN FORO

Condizionamento dei fori di sondaggio per le prove down-hole (dh)

Allo scopo di poter effettuare le prove geofisiche down-hole, al termine della perforazione di alcuni sondaggi è stata installata, entro i fori, una colonna di tubazione in PVC “pesante” con diametro esterno pari a 3”. Si tratta di tubi in elementi da 3 m filettati per essere avvitati tra loro. All’estremità della prima colonna di tubi è stato aggiunto un tubicino per l’iniezione della miscela cementante che è avvenuta a bassa pressione dal basso verso l’alto.

Una volta inserita la colonna di tubi in PVC sino a fondo foro si è provveduto alla cementazione tramite una miscela cementizia composta da acqua, cemento e bentonite in rapporto di peso 100:30:5 rispettivamente. La cementazione è avvenuta dal basso verso l’alto. Alla fine dell’iniezione si è provveduto a rimuovere i rivestimenti metallici provvisori e ad eseguire eventuali rabbocchi di boiacche.

Nel tratto terminale della tubazione è stato collocato un doppio pozzetto di sicurezza provvisto di lucchetto, per la protezione della tubazione installata.

Condizionamento dei fori di sondaggio con piezometri tipo Norton

Allo scopo di poter rilevare e monitorare nel corso del tempo le eventuali oscillazioni della falda acquifera presente nel sottosuolo, al termine della perforazione, alcuni sondaggi sono stati condizionati a piezometro Norton (cd. a tubo aperto), mediante l’installazione di una tubazione in PVC avente diametro esterno pari a 3” opportunamente predisposta.

Ciascun piezometro è stato costruito collocando la tubazione cieca nel tratto iniziale e finale e la tubazione fessurata, con slot 0.5 mm, nel tratto intermedio. Lo schema geometrico di installazione è stato concordato con la DD.LL. secondo le specifiche tecniche consegnate dalla committenza ed è riportato all’interno della relativa stratigrafia.

L’installazione della colonna piezometrica è avvenuta secondo le seguenti fasi:

- Accurato lavaggio del foro con acqua pulita al termine della perforazione;
- Installazione del tuo piezometrico in PVC costituito da porzione di tubi fessurati procedendo all’estrazione del rivestimento metallico provvisorio da 127 mm;

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)					
INDAGINI GEOGNOSTICHE – Campagna geognostica GEO.R.A.S. 1/5	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 69	CODIFICA SG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. C	FOGLIO 27 di 50

- Inserimento del foro di perforazione di ghiaietto pulito arrotondato per uno spessore da interessare la sezione in cui sono stati installati spezzoni di tubo fessurato, procedendo progressivamente all'estrazione del rivestimento metallico;
- Realizzazione di un tappo impermeabile con compactonite in pellets per uno spessore variabile da 1 a 3 m a seconda del foro, ed estraendo progressivamente il tubo di rivestimento;
- Chiusura del foro di sondaggio tramite miscela cemento-bentonite-acqua;

Nei sondaggi ove era prevista l'installazione di tubazioni "sospese", cioè ad una quota superiore rispetto a quella del fondo foro già realizzato, il cavo del foro di sondaggio è stato saturato sino all'estradosso della quota di installazione della tubazione mediante cuttings di perforazione additivati con cemento, bentonite e acqua.

Nel tratto terminale della tubazione è stato collocato un doppio pozzetto di sicurezza provvisto di lucchetto, per la protezione della tubazione installata.

Successivamente, si è proceduto ad effettuare il lavaggio, la pulizia e lo spurgo del piezometro. Si è quindi proceduto alla verifica della presenza della falda acquifera ed alla relativa misura della soggiacenza, scandagliando il piezometro mediante l'utilizzo di un freatimetro portatile dotato di segnalatore acustico.

Condizionamento dei fori di sondaggio con celle di Casagrande

Allo scopo di poter rilevare e monitorare nel corso del tempo le eventuali oscillazioni della falda acquifera presente nel sottosuolo nei terreni a grana fine, al termine della perforazione, alcuni sondaggi sono stati condizionati con celle di Casagrande. Lo schema geometrico di installazione è stato concordato con la DD.LL. secondo le specifiche tecniche consegnate dalla committenza ed è riportato all'interno della relativa stratigrafia.

Questa tipologia di piezometro consente la misurazione piezometrica con tempi di risposta relativamente brevi, anche in corrispondenza di falde sospese minori, isolando il tratto di misura e in terreni con permeabilità bassa.

Le celle impiegate per la costruzione dei piezometri di tipo Casagrande, sono costituite da una struttura portante in HDPE, in parte ricoperta da una superficie porosa cilindrica.

Celle tipo Casagrande



Cella tipo Casagrande : caratteristiche tecniche Casagrande type Cell; technical details		
Lunghezza totale/ lenght	mm	266
Diam. Est. filtro/OD	mm	53
Lunghezza - lenght HDO	mm	165
Materiale filtrante/filter	-	HDPE
Permeabilità/permeability	μ	50
Porosità/porosity	%	35
Giunzione/fitting	N. 2 F 1/2 Gas	

Foto 7: Caratteristiche tecniche delle celle tipo Casagrande, installate entro i fori di sondaggio, tratte dal sito internet del produttore (GTS).

Costruttivamente, si è proceduto ad allocare le celle alle quote prestabilite, prolungate fino all'estremità superiore del foro (p.c.) mediante due tubicini in PVC da 1/2", necessari sia per la misura della quota piezometrica, che per lo spurgo della cella. La cella piezometrica è composta da un filtro e da un telaio.

Il filtro, avente un diametro esterno di circa 50 mm e lunghezza non inferiore a 200 mm, è costituito da agglomerato di silice con porosità compresa tra 0,2 e 0,6 mm; il telaio ha ad una estremità due raccordi da 1/2".

La posa in opera del piezometro è stata eseguita secondo le seguenti modalità:

- Realizzazione dello strato filtrante in sabbia e ghiaietto per uno spessore di circa 0,5 m, compattando leggermente con un apposito pestello e ritirando i rivestimenti;
- Controllo mediante scandaglio della quota superiore dello strato di sabbia;
- Inserimento della cella piezometrica nella perforazione, aggiungendo progressivamente gli spezzoni di tubo e sigillando le giunzioni con sigillanti idraulici. Durante la giunzione dei tubi;
- Completamento dell'installazione dei tubi e verifica di assenza di ostruzioni o comunque impedimenti al passaggio della sonda, inserendo la sonda stessa;
- Immissione di sabbia e ghiaietto puliti attorno e sopra la cella piezometrica per un'altezza mediamente di 2 m, ritirando progressivamente i rivestimenti dal foro;
- Formazione di un tappo impermeabile costituito da palline di bentonite, fino ad uno spessore totale di almeno 2 m, ritirando progressivamente i rivestimenti del foro senza ausilio della rotazione;

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)					
INDAGINI GEOGNOSTICHE – Campagna geognostica GEO.R.A.S. 1/5	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 69	CODIFICA SG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. C	FOGLIO 29 di 50

g) Riempimento del tratto del foro compreso tra l'estremità superiore del tappo impermeabile e il piano campagna ;

Nel tratto terminale della tubazione è stato collocato un doppio pozzetto di sicurezza provvisto di lucchetto, per la protezione della tubazione installata.

La presenza di due tubicini in PVC, per ogni cella piezometrica installata permette, immettendo aria compressa in uno dei due tubi, il lavaggio e la completa saturazione del circuito idraulico sia all'atto della installazione del piezometro che durante il periodo di monitoraggio. Dopo aver effettuato lo spurgo si è proceduto alla verifica della presenza della falda acquifera ed alla relativa misura della soggiacenza, scandagliando il piezometro mediante l'utilizzo di un freatometro portatile dotato di segnalatore acustico.

Condizionamento dei fori di sondaggio con tubi inclinometrici

Allo scopo di poter rilevare e monitorare nel corso del tempo eventuali fenomeni gravitativi di versante, al termine della perforazione, alcuni sondaggi sono stati condizionati tubazione inclinometrica. Lo schema geometrico di installazione è stato concordato con la D.L. secondo le specifiche tecniche consegnate dalla committenza ed è riportato all'interno della relativa stratigrafia.

La tubazione inclinometrica è costituita da un tubo in alluminio dotato di quattro guide, disposte in corrispondenza dei 4 quadranti (N, S, E, W) che consentono l'esecuzione di misurazioni dalla sonda inclinometrica utilizzata durante il successivo monitoraggio.

I tubi in barre da 3 m sono resi solidali tra loro tramite manicotti di giunzione che vengono rivettati e siliconati e nastrati.

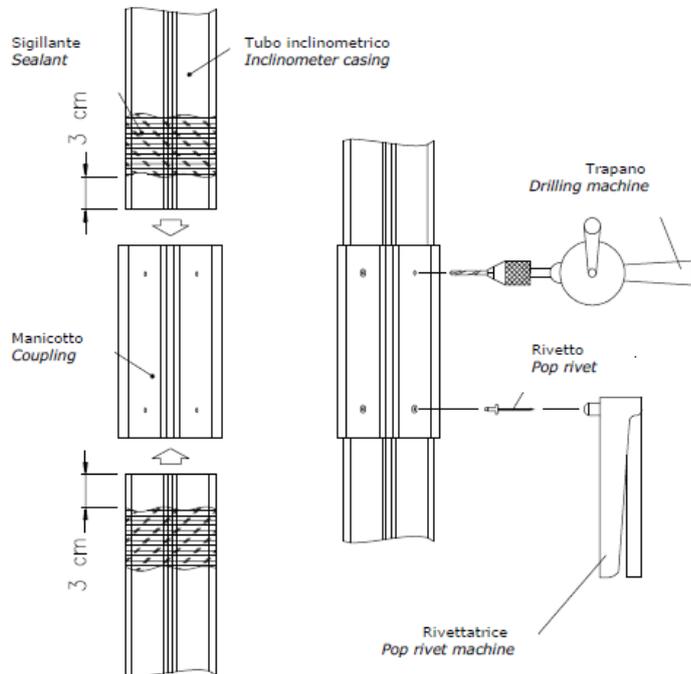


Figura 2: Modalità di collegamento della tubazione inclinometrica installata

Collocata la tubazione inclinometrica sino a fondo-foro, l'intercapedine tubo/terreno è stata saturata fino a bocca-foro mediante iniezione di boiacche cementizie eseguite procedendo dal basso verso l'alto, con impiego di una pompa manuale a pistone.

Nel tratto terminale della tubazione è stato collocato un doppio pozzetto di sicurezza provvisto di lucchetto, per la protezione della tubazione installata.

2.6. POZZETTI GEOGNOSTICI

Sono stati realizzati complessivamente n. 3 pozzetti geognostici di profondità 2,10 m per mezzo di escavatore idraulico JCB modello 18Z-1 T3 da 18 quintali e benna di larghezza 40 cm. Nella tabella seguente si riporta un sinottico riepilogativo delle caratteristiche.

Tabella 3: Sinottico riepilogativo contenente la sigla identificativa dei pozzetti geognostici effettuati, il metodo di scavo e la profondità.

ID POZZETTO	metodo di scavo	profondità pozzetto (m)
3PZ1	escavatore idraulico	2,10
3PZ2	escavatore idraulico	2,10
3PZ3	escavatore idraulico	2,10



Foto 8: A sinistra, fase di scavo del pozzetto geognostico; a destra, foto dello scavo realizzato.

2.7 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT

Sono state eseguite complessivamente n. 4 prove penetrometriche statiche CPT (Cone Penetration Test).

Tabella 4: Sinottico riepilogativo contenente la sigla identificativa delle prove CPT effettuate e la profondità raggiunta

ID PROVA CPT	profondità raggiunta (m)
3a-PP1	10.00
3a-PP3	14.00
3a-PP4	13.40
3a-PP7	7.00

Generalità

La prova penetrometrica statica C.P.T. (Cone Penetration Test) permette l'identificazione della successione stratigrafica lungo una verticale, e la stima in continuo di molti parametri geotecnici soprattutto per i terreni a grana fine.

La prova è autoperforante, ovvero non richiede l'esecuzione di un foro di sondaggio e consiste nell'infissione a pressione nel terreno, a partire dal p.c., di una punta conica avente diametro 35.7 mm e

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)					
INDAGINI GEOGNOSTICHE – Campagna geognostica GEO.R.A.S. 1/5	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 69	CODIFICA SG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. C	FOGLIO 32 di 50

angolo di apertura 60°, collegata al dispositivo di spinta mediante una batteria di tubi. L'obiettivo è quello di misurare la resistenza all'avanzamento della punta e la resistenza per attrito laterale.

Il contrasto necessario ad infiggere il penetrometro è di norma ottenuto col peso del mezzo, eventualmente zavorrato, su cui è installata l'attrezzatura o mediante ancoraggio nel terreno di aste ad elica continua.

Attualmente esistono due tipi di penetrometro statico, con caratteristiche geometriche e procedure di prova normate a livello internazionale (ISSMFE, 1989):

- il penetrometro meccanico con manicotto d'attrito, e
- il penetrometro elettrico.

Nel penetrometro elettrico le misure di pressione alla punta e di tensione laterale locale sono eseguite localmente ed in modo fra loro indipendente con trasduttori elettrici che inviano un segnale alla centralina posta in superficie. La frequenza delle misure può essere anche molto ridotta, tipicamente ogni 2-5 cm, e i dati sono direttamente acquisiti in forma numerica e rappresentati graficamente anche durante l'esecuzione della prova.

Attrezzatura utilizzata

Per l'esecuzione delle prove è stato impiegato un penetrometro elettrico PAGANI serie TG73 che, tramite trasduttori elettrici, consente la misura della resistenza alla punta, della resistenza laterale e della pressione neutra dei pori.

A partire da queste misure è possibile determinare tramite correlazioni empiriche numerosi parametri geotecnici tra i quali la resistenza non drenata CU e la permeabilità del terreno.



Foto 9 – Penetrometro Pagani per l'esecuzione di prove penetrometriche statiche CPT

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)					
	INDAGINI GEOGNOSTICHE – Campagna geognostica GEO.R.A.S. 1/5	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 69	CODIFICA SG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. C

Risultati ottenuti

I parametri registrati dallo strumento nel corso della prova sono stati la resistenza alla penetrazione della punta conica e la resistenza per attrito laterale.

A partire da essi, per mezzo di correlazioni possono essere stimati molteplici parametri meccanici e fisici.

Per ulteriori dettagli, si consultino i rapporti di prova allegati.

2.8 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH

Sono state eseguite complessivamente n. 11 prove penetrometriche dinamiche DPSH (Dynamic Probing Super Heavy).

Tabella 5: Sinottico riepilogativo contenente la sigla identificativa delle prove DPSH effettuate e la profondità raggiunta

ID PROVA CPT	profondità raggiunta (m)
3a-PP2	14.00
3a-PP5	7.60
3a-PP6	4.20
3a-PP6bis	9.20
3a-PP8	8.40
3a-PP9	10.00
3a-PP10	7.60
3a-PP11	8.20
3a-PP12	8.20
3a-PP13	7.80
3a-PP14	8.40

Generalità

La prova penetrometrica dinamica DPSH (Dynamic Probing Super Heavy) consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard, infissa per battitura nel terreno, per mezzo di un idoneo dispositivo di percussione. Viene registrato il numero di colpi necessari per l'infissione ogni 20 cm di affondamento.

L'attrezzatura è composta da una batteria di aste lunghe 1 metro con diametro di 32 mm, alla cui estremità inferiore è collegata una punta conica avente angolo di apertura di 90°, e da un maglio battente di 63.5 kg che viene fatto cadere da un'altezza di 75 cm.

Attrezzatura utilizzata

La strumentazione per eseguire la prova è un penetrometro statico/dinamico, marca Pagani serie TG73. Tale sonda, date le sue caratteristiche tecniche, è conforme alle Norme Tecniche UNI EN ISO 22476-2:2005, “Geotechnical investigation and testing - Field testing - Part 2: Dynamic probing”, UNI EN ISO 22476-12:2009, “Geotechnical investigation and testing - Field testing - Part 12: Mechanical Cone Penetration Test (CPTM)”.

Tabella 6 – Caratteristiche tecniche Penetrometro Pagani TG 63-200kN

MATRICOLA	P001087
TIPO	DPSH/CPT
NORMA DI RIFERIMENTO	UNI EN ISO 22476-2/12:2005/9
MASSA BATTENTE	63,5 kg
ALTEZZA DI CADUTA	750 mm
SPINTA	200 KN
DIAMETRO PUNTA CONICA (DPSH)	50,5 mm
APERTURA PUNTA CONICA (DPSH)	90°
AREA DI BASE PUNTA CONICA(DPSH)	20 cm ²
LUNGH. PARTE CILINDRICA PUNTA CONICA (DPSH)	51 mm
ALTEZZA PARTE CONICA PUNTA CONICA (DPSH)	25,3 mm
PUNTA PER PROVA STATICA	MECCANICA BEGEMANN
DIAMETRO PUNTA (CPT)	Ø 35.7 mm
APERTURA PUNTA (CPT)	60°
AREA DI BASE PUNTA (CPT)	10 cm ²
LUNGHEZZA ASTE	1 m
DIAMETRO ASTE	Ø 34/32 mm
PESO ASTE	6 kg
AVANZAMENTO PUNTA	200 mm
NUMERO COLPI PER PUNTA	N ₂₀
COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE CON N _{SPT}	1,515
LAVORO SPECIFICO / COLPO	238 KJ/m ²



Foto 10 – Penetrometro Pagani per l'esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche DPSH

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)					
	INDAGINI GEOGNOSTICHE – Campagna geognostica GEO.R.A.S. 1/5	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 69	CODIFICA SG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. C

Risultati ottenuti

Il parametro registrato nel corso della prova è il numero di colpi per l'avanzamento. Tale parametro è correlabile con il numero di colpi N_{SPT} della prova SPT, a partire dalla quale è possibile stimare le caratteristiche meccaniche del terreno.

Per i risultati delle prove si consultino i rapporti di prova allegati.

4. RILIEVO GPS DELLE COORDINATE TOPOGRAFICHE DEI PUNTI DI INDAGINE

Tramite sistema GPS modello Top Con Hyperpro 2 sono state rilevate le coordinate geografiche dei punti di indagine (chiusini metallici), acquisite in WGS 84 (Latitudine e longitudine) e convertite in Gauss Boaga. Sono state altresì acquisite le coordinate ortometriche degli stessi chiusini.

5. RILIEVI PIEZOMETRICI

Nel mese di ottobre, entro i piezometri installati, si è proceduto alla verifica della presenza della falda acquifera ed alla relativa misura della soggiacenza, mediante freatimetro portatile con segnalatore acustico. I risultati dei rilievi condotti sono stati riportati all'interno della relativa stratigrafia.

6. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

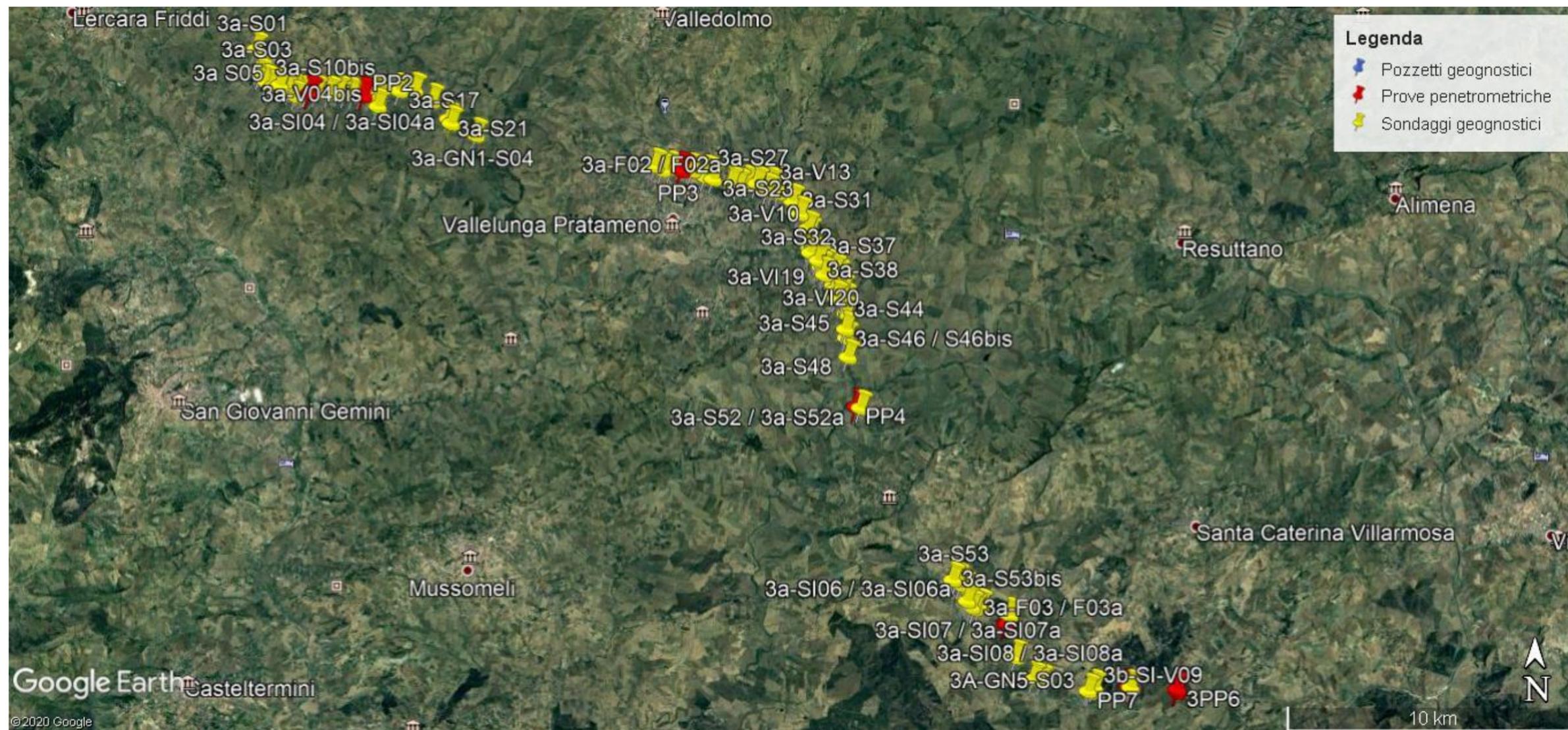
I carotaggi, l'installazione delle attrezzature e l'esecuzione delle prove in situ, sono state eseguite in ottemperanza alle normative di riferimento elencate di seguito:

- AGI: "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche". Giugno 1977;
- " Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione" D.M. 11. 03.1988;
- Norme standard previste per l'esecuzione delle prove in situ (ASTM, AASHO, AASHTO);
- Norme ASTM D.4719-87 Standard Test Methods for Pressuremeter Testing in Soils (1994);
- Le Pressiomètre Ménard. Notice general D.60 (edition 07/77) - Centre d'Etudes Géotechniques Louis Ménard;

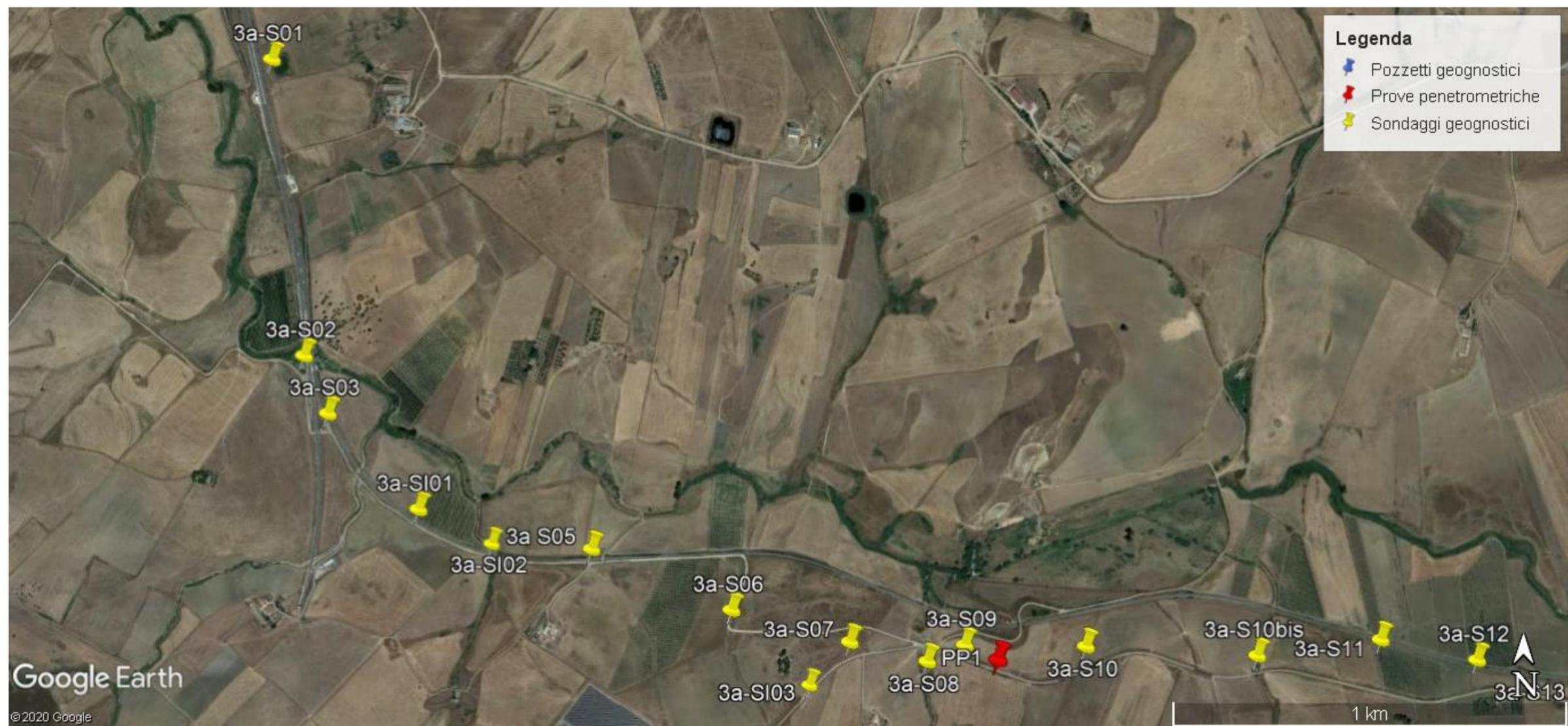
- Geotechnical investigation and testing — Field testing — Part 4: Ménard pressuremeter test (EN ISO 22476-4 procedure B);
- UNI EN ISO 22476-2:2005, “Geotechnical investigation and testing - Field testing - Part 2: Dynamic probing”;
- UNI EN ISO 22476-12:2009, “Geotechnical investigation and testing - Field testing - Part 12: Mechanical Cone Penetration Test (CPTM)”;
- ENV 1997-3: “Eurocode 7 – Geotechnical design – Part 3 – Design assisted by field testing”;
- Specifiche Tecniche redatte da ITALFERR S.p.A. – U.O. GEOLOGIA-GESTIONE TERRE E BONIFICHE.

7. ORTOFOTO CON UBICAZIONE DEI SONDAGGI GEOGNOSTICI EFFETTUATI

Ortofoto generale



Primo stralcio



Secondo stralcio



Terzo stralcio



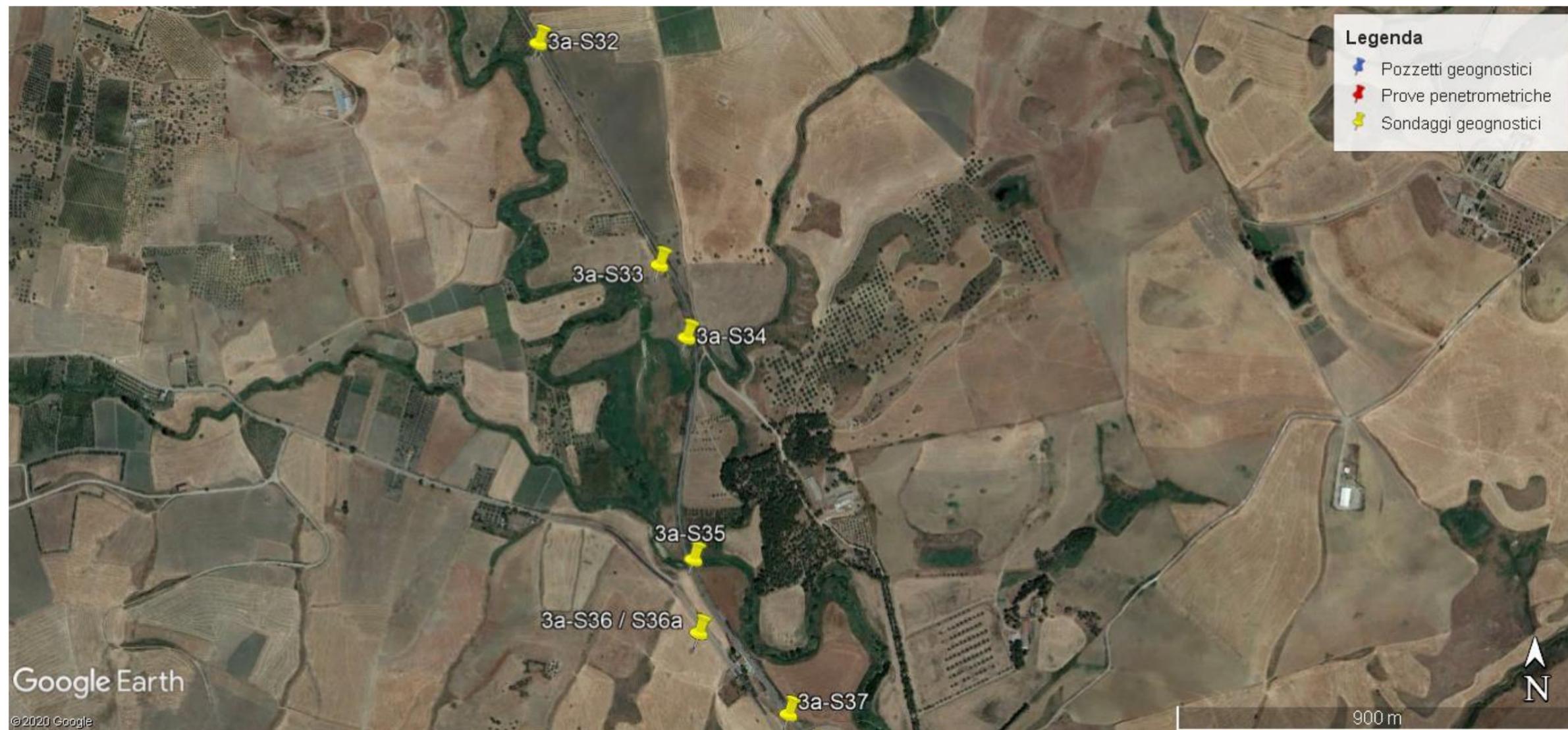
Quarto stralcio



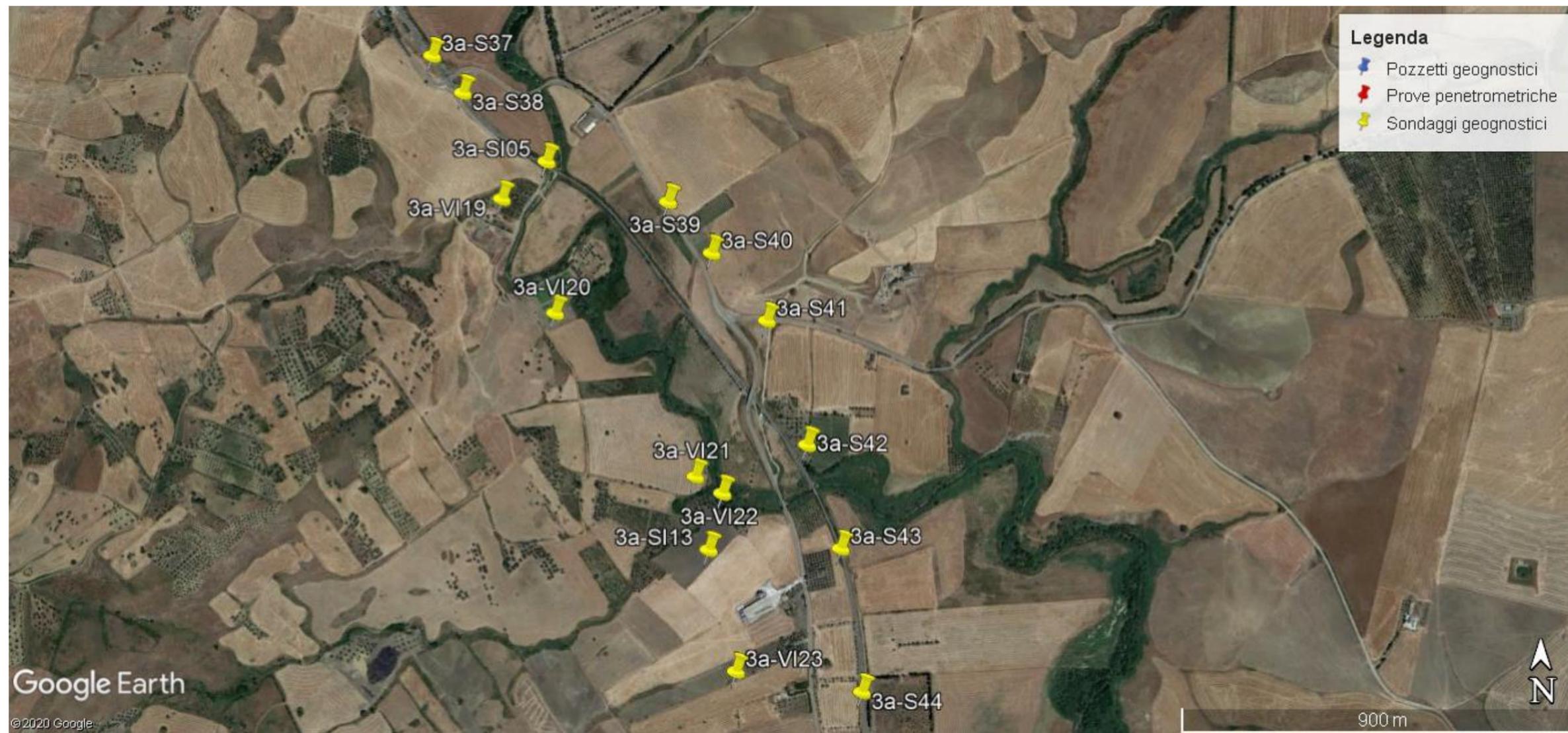
Quinto stralcio



Sesto stralcio



Settimo stralcio



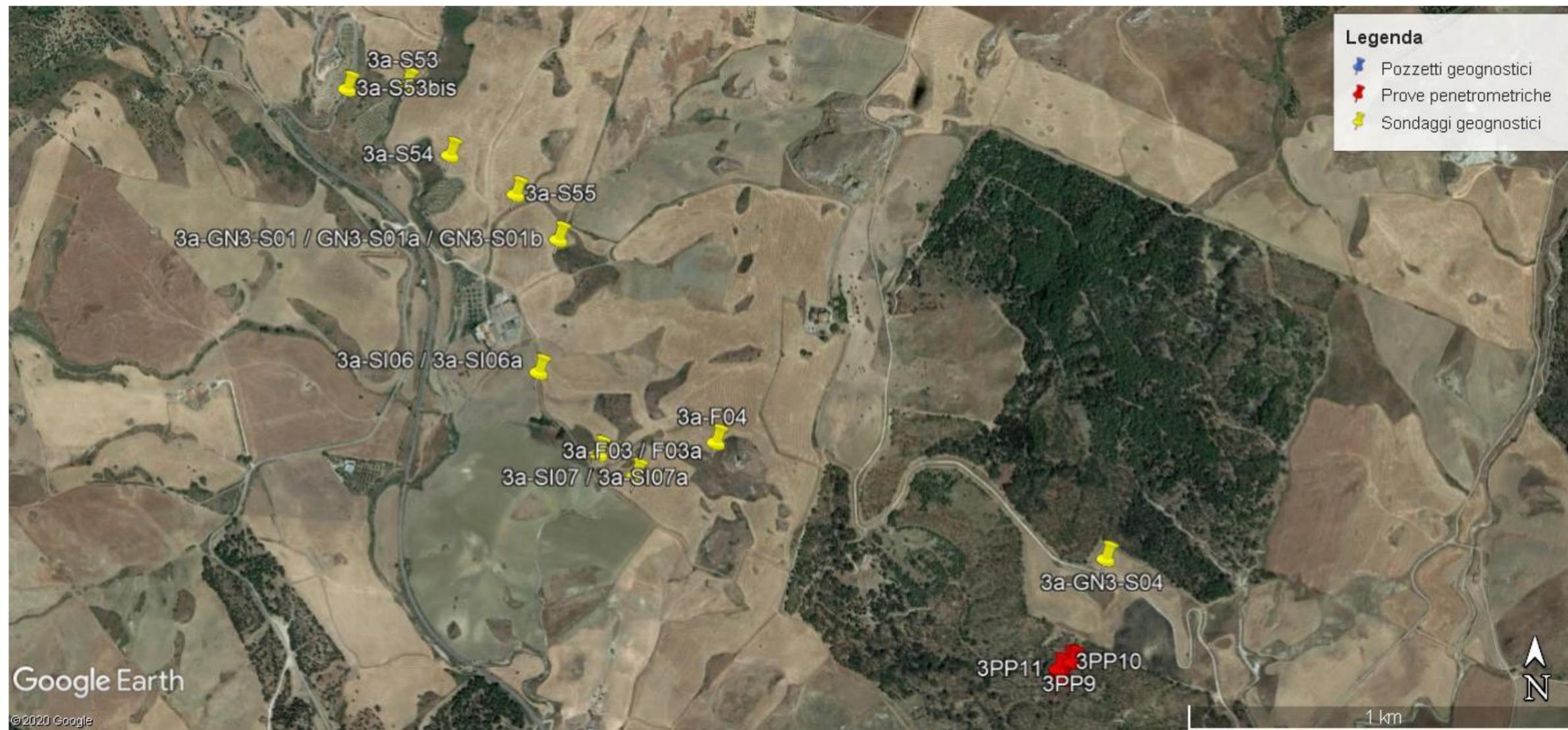
Ottavo stralcio



Nono stralcio



Decimo stralcio



Undicesimo stralcio



Dodicesimo stralcio



Tredicesimo stralcio

