



4 EMME Service S.p.A.

Prove in Sito - Laboratorio Prove Materiali

Sede legale: Via L. Zuegg, 20 - 39100 Bolzano - ITALY

Tel. 0471/543111 - Fax 543110 4emme@legalmail.it www.4emme.it

Sistema Qualità ISO 9001:2008 certificato RINA nr. 6441/01/S

**VALUTAZIONE DELL'INTEGRITA' STRUTTURALE DEI PALI
METODO TERMICO**

XXXXXXXXX S.r.l.

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX - XXXXXXXX

PROVA n. 77/SD

24-27 ottobre 2017

Committente: **Xxxxxxxxxxxxx S.r.l.**

Direzione Lavori: **Ing. Xxxxxx Xxxxxxxx**

Relatore: **Ing. Nevenka Martinello**



Cantiere – Nuovo centro direzionale Unipol - Milano

Rif.: SD-077-17

Bolzano, 12 novembre 2017

C.F./P.I. IT 01288130212	Cap. Soc. 500.000,00 Euro	R.E.A. - BZ 111601	CASSA CENTRALE RAIFFEISEN BZ IT49 B 03493 11600 000300027138	
Bolzano 0471-543111	Firenze 055-461000	Padova 049-8020707	Torino 011-7706023	Laboratori Autorizzati
Bologna 051-6346808	Genova 010-586195	Palermo 091-6703629	Treviso 0438-990200	Bolzano 0471-543111
Cagliari 070-490732	Milano 02-40092545	Piacenza 0523-755849	Verona 045-8004278	Milano 02-40092545
Como 031-305253	Modena 059-395414	Roma 06-71546992		

INDICE

1.1. PREMESSA	3
1.2. INDIVIDUAZIONE DEI PALI DI PROVA	4
1.3. PROVE TERMICHE DI INTEGRITA'	5
1.4. Modalità di esecuzione della prova	5
1.5. Descrizione della strumentazione	6
1.6. Interpretazione dei risultati de TIP	6
1.7. Pali testati.....	7
1.8. Documentazione fotografica	7
1.9. Analisi dei risultati.....	9

1. PREMESSA

La *4 EMME Service S.p.A.* è stata incaricata dalla **XXXXXXXXXXXX S.r.l.** di eseguire delle prove per la valutazione dell'integrità strutturale di pali di fondazione attraverso la metodologia TIP (Thermal Integrity Profiler).

Le strutture sono relative alla realizzazione del nuovo XXXXXXXXXXXXXXX.

I pali da sottoporre ad indagine sono stati indicati dal Collaudatore ing. XXXXXXX XXXXXXX.

Le prove sono state eseguite tra il 24 e il 27 ottobre 2017.

All'esecuzione delle indagini hanno assistito:

ing.	XXXXXX XXXXXXXXX	Direttore di cantiere – XXXXXXXXXXX S.r.l.
geom.	XXXXXX XXXXXXXXX	Capo Cantiere - XXXXXXXXXXX S.r.l.
ing.	XXXXXX XXXXXXXXX	Direttore dei lavori – XXXXXXXXXXX S.r.l.
ing.	XXXXXX XXXXXXXXX	XXXXXXXXXX S.r.l.

e per la *4 EMME Service S.p.A.*:

p.i.	Flavio Debiasi
dott.	Andrea Gentile
ing.	Nevenka Martinello
ing.	Settimo Martinello
dott.	Dennis Schultz

2. INDIVIDUAZIONE DEI PALI DI PROVA

Nello schema a seguito sono riportati i pali oggetto delle indagini.



3. INDAGINE DELL'INTEGRITA' STRUTTURALE

La prova di valutazione dell'integrità strutturale del palo attraverso il metodo termico TIP (*Thermal Integrity Profiling*), conformemente alle ASTM D7949-14, "Standard Test Methods for Thermal Integrity Profiling of Concrete Deep Foundations", consiste nello stendere lungo la gabbia una serie di cavi termici con delle sonde in grado di rilevare e memorizzare la temperatura generata dal calcestruzzo in fase di presa (energia di idratazione) per valutare la qualità e l'integrità dei pali di fondazione.

Un apposito software, partendo dal profilo termico registrato in campo, costruisce un modello 3D della forma del palo e ne evidenzia i difetti, la loro posizione ed estensione.

Il principio interpretativo.

Durante la fase di presa, la presenza di inclusioni, riduzioni di diametro, vespai, sezioni di getto con differente rapporto a/c, mescolamento con terreno di frana ed eventuali distacchi, si esplicita con una maggiore o minore generazione di calore di idratazione ed una diversa diffusione verso l'esterno in base all'omogeneità del materiale ed alla presenza dei difetti. Questo fenomeno termico genera delle regioni fredde che sono indagate dai cavi termici stesi lungo la gabbia e dai cui sensori si rileva l'andamento della temperatura.

Questo metodo offre il vantaggio di permettere l'analisi dell'intera sezione trasversale del palo e la conoscenza precisa della forma e delle caratteristiche meccaniche della parte corticale, quella più importante relativamente alla capacità portante.

La metodologia, ampiamente in uso negli Stati Uniti, ha una estesa bibliografia riportata nel sito <http://www.cias-italia.it/bibliografia.php>

3.1 Modalità di esecuzione della prova

Il TIP test consiste nel misurare e memorizzare l'andamento della temperatura all'interno del palo dal momento del getto del calcestruzzo fino al raggiungimento della temperatura di picco, quando il gradiente di temperatura è massimo (tra le 25 – 40 ore). La misura viene attuata lungo l'intera lunghezza e in diversi punti della sezione con cavi strumentati con sonde termiche fissati alla gabbia di armatura. Si vengono in questo modo a tracciare i "profili termici", rappresentati da grafici di temperatura in funzione della lunghezza.

Un palo ideale, senza anomalie, con una sezione trasversale uniforme e con una gabbia d'armatura centrata, produrrà un profilo termico uniforme lungo l'intera lunghezza.

Il numero raccomandato di cavi termici è di uno per ogni 30 cm di diametro, con un minimo di 3 cavi, distribuiti uniformemente lungo la circonferenza della gabbia di armatura. In questo modo il TIP è in grado di valutare l'intera sezione trasversale del palo e di identificare ogni anomalia maggiore del 10% della sezione.

I dati di temperatura misurati dai sensori vengono registrati da apposite Unità di Acquisizione poste in testa al palo e connesse ai cavi termici.

Procedura di prova:

- strumentazione della gabbia di armatura fissando i cavi termici lungo l'asse;
- unione elettrica delle sezioni di cavi nel caso di gabbie di armatura multiple;
- verifica strumentale del funzionamento una volta terminato il getto;
- connessione delle Unità di acquisizione ai cavi termici;
- prelievo dati dalle Unità di acquisizione ed elaborazione del modello 3D.

3.2 Descrizione della strumentazione

I cavi sono costituiti da una serie di sonde termiche poste a distanza regolare di 30 cm. Le singole sonde, partendo da quella più in basso, inviano i valori di temperatura misurati alla sonda successiva, per raggiungere in testa palo l'Unità di Acquisizione, TAP (Thermal Acquisition Profiler). I TAP, con alimentazione a batteria, permettono la memorizzazione in continuo dei dati derivanti dalle sonde.

Ogni cavo è accoppiato ad un rispettivo TAP che interroga il cavo per ricevere e registrare le misurazioni di temperatura. Una volta che i dati sono stati registrati vengono raccolti dall'Unità di Elaborazione, TIP Main Unit, che permette una prima valutazione del profilo termico (livello 1 di analisi). Successivamente i dati vengono rielaborati con un software specifico che permette un'analisi precisa sezione per sezione.



Strumentazione Thermal Integrity Profiling

3.3 Interpretazione dei risultati

Il metodo TIP si esplicita attraverso l'elaborazione della forma del palo lungo tutta la sua lunghezza. La rappresentazione grafica fa variare il raggio rappresentando esclusivamente la parte resistente. Pertanto un'eventuale "intrusione" sarà rappresentata con una sezione ridotta ed un "distacco" con una sezione a diametro "zero".

La riduzione delle caratteristiche meccaniche del materiale lungo il fusto si esplicita con una riduzione del diametro, mettendo in luce la parte del getto (una specifica betoniera) che ha delle caratteristiche meccaniche inferiori a quelle medie (derivante generalmente da un alto valore del rapporto a/c).

La riduzione virtuale di diametro, e quindi di caratteristiche meccaniche del materiale, si evidenzia particolarmente sul fondo palo dove il calcestruzzo si mescola col terreno di frana.

Anche il valore di temperatura di picco deve venire considerato, infatti, a parità di dimensioni del palo, una più elevata temperatura corrisponde ad una migliore qualità del materiale.

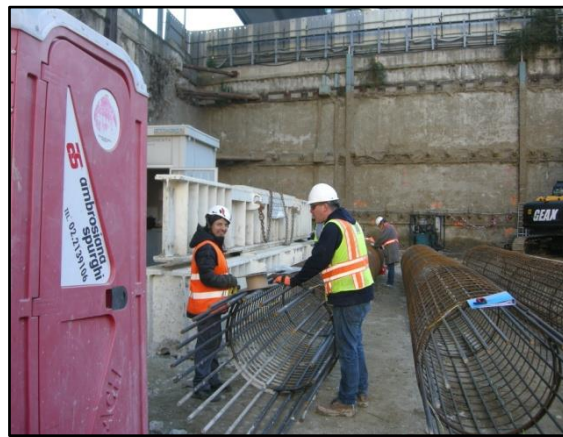
3.4 Pali testati

Le prove sono state eseguite sui 3 pali indicati nella planimetria.

Prova N.	Palo N.	Lunghezza [m]	Diametro [m]	Diametro gabbia [m]	N. spezzoni gabbia	Volume cls [m ³]	N. cavi TIP
1	T44	35	120	100	3	40	4
2	T51	35	120	100	3	40	3
3	T57	35	120	100	3	40	3

3.5 Documentazione fotografica

Palo T44



Palo T51



Palo T57



3.6 Analisi dei risultati

Nelle pagine successive sono riportate le schede di analisi dei test eseguiti.

Ogni scheda riporta le elaborazioni con l'individuazione e localizzazione degli eventuali difetti ed il punteggio strutturale del palo.

Il punteggio strutturale P_s è fissato nel numero 100, dove con 100 si intende un palo con caratteristiche perfettamente corrispondenti a quelle indicate in progetto e l'assenza di difetti. I difetti riscontrati producono una riduzione del punteggio massimo assegnando, ad ogni tipologia di difetto, un peso in base alla sua estensione e posizione lungo il fusto.

Il Punteggio complessivo P_p è ottenuto dal prodotto tra Punteggio strutturale P_s e il rapporto tra resistenza del materiale reale R_r e resistenza di progetto R_p .

$$P_p = P_s \frac{R_r}{R_p}$$

Il Punteggio strutturale si ottiene dalla valutazione interpretativa ottenuta attraverso la prova TIP, mentre il rapporto delle resistenze è calcolato sulla base delle prove di laboratorio effettuate sui provini di prelievo del getto di calcestruzzo.

Nella tabella a seguito si riportano i vari difetti individuando il peso difettologico che andrà detratto dal palo perfetto di punteggio strutturale $P_s = 100$.

Sia: L = la lunghezza del palo (m);

d = diametro (m);

x_n = posizione del difetto con misura intesa dal livello zero;

$S_{\%}$ = percentuale di sezione occupata dal difetto;

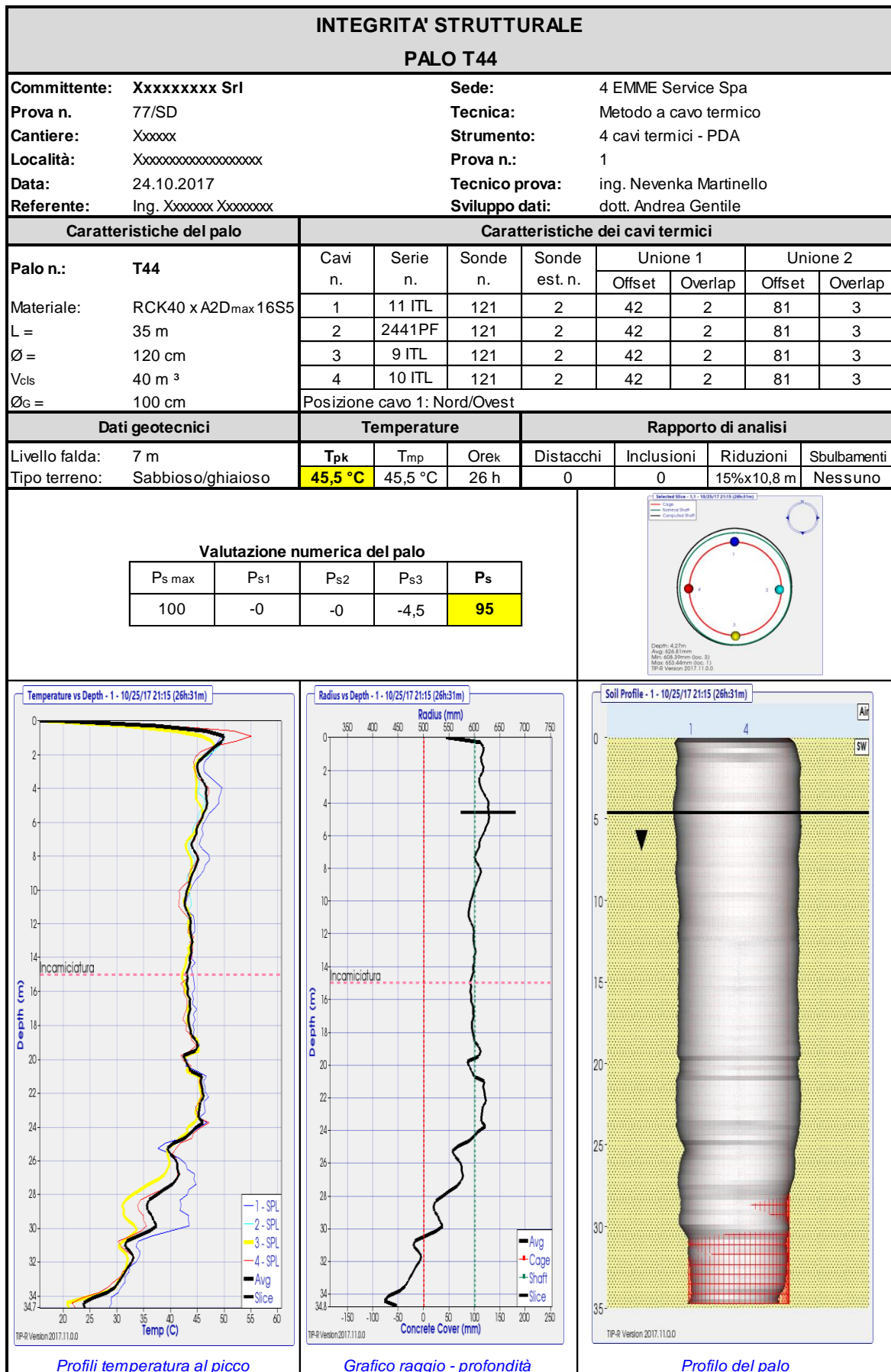
$d_{\%}$ = percentuale di riduzione del diametro;

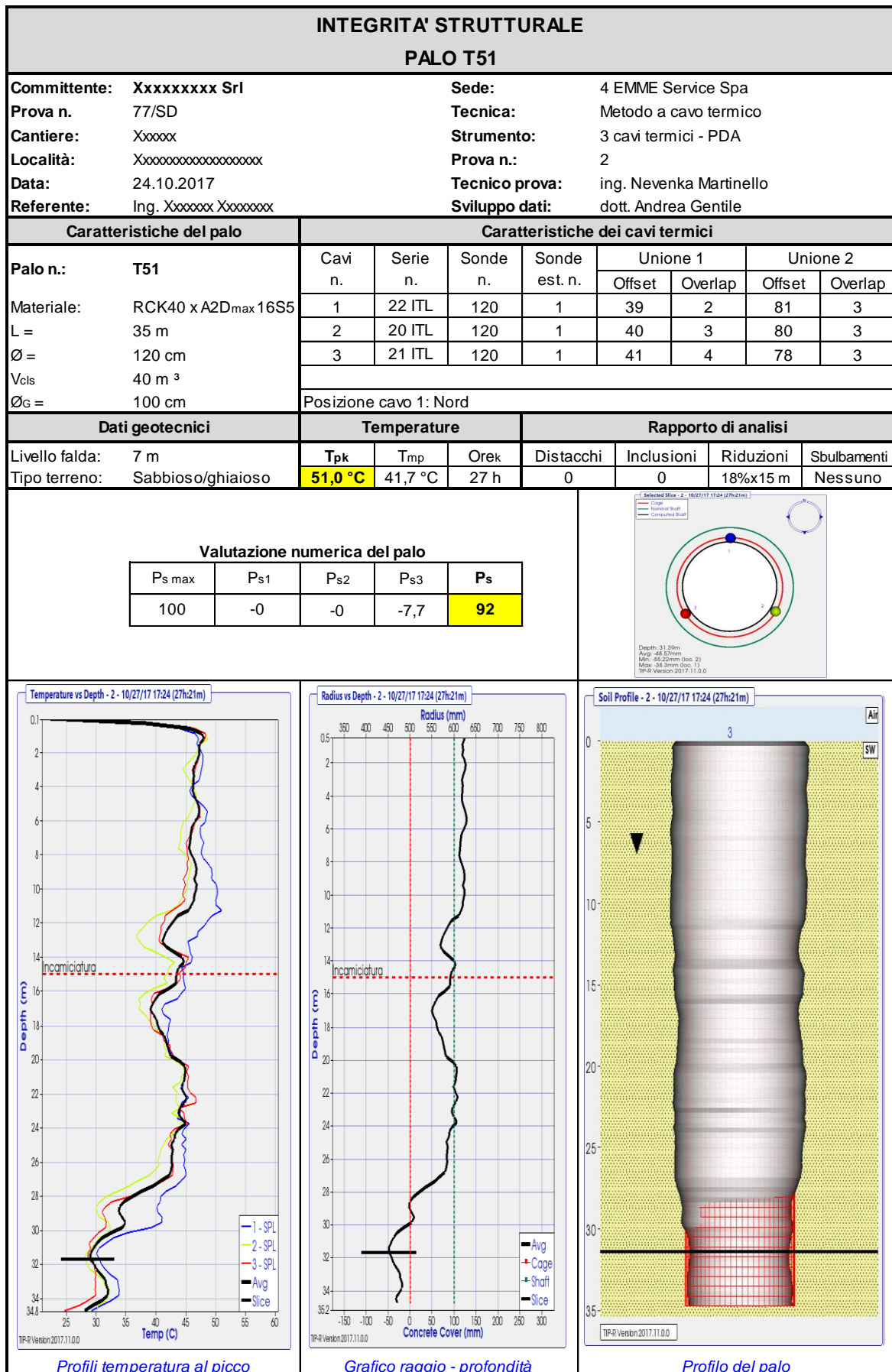
h_3 = lunghezza della riduzione di diametro.

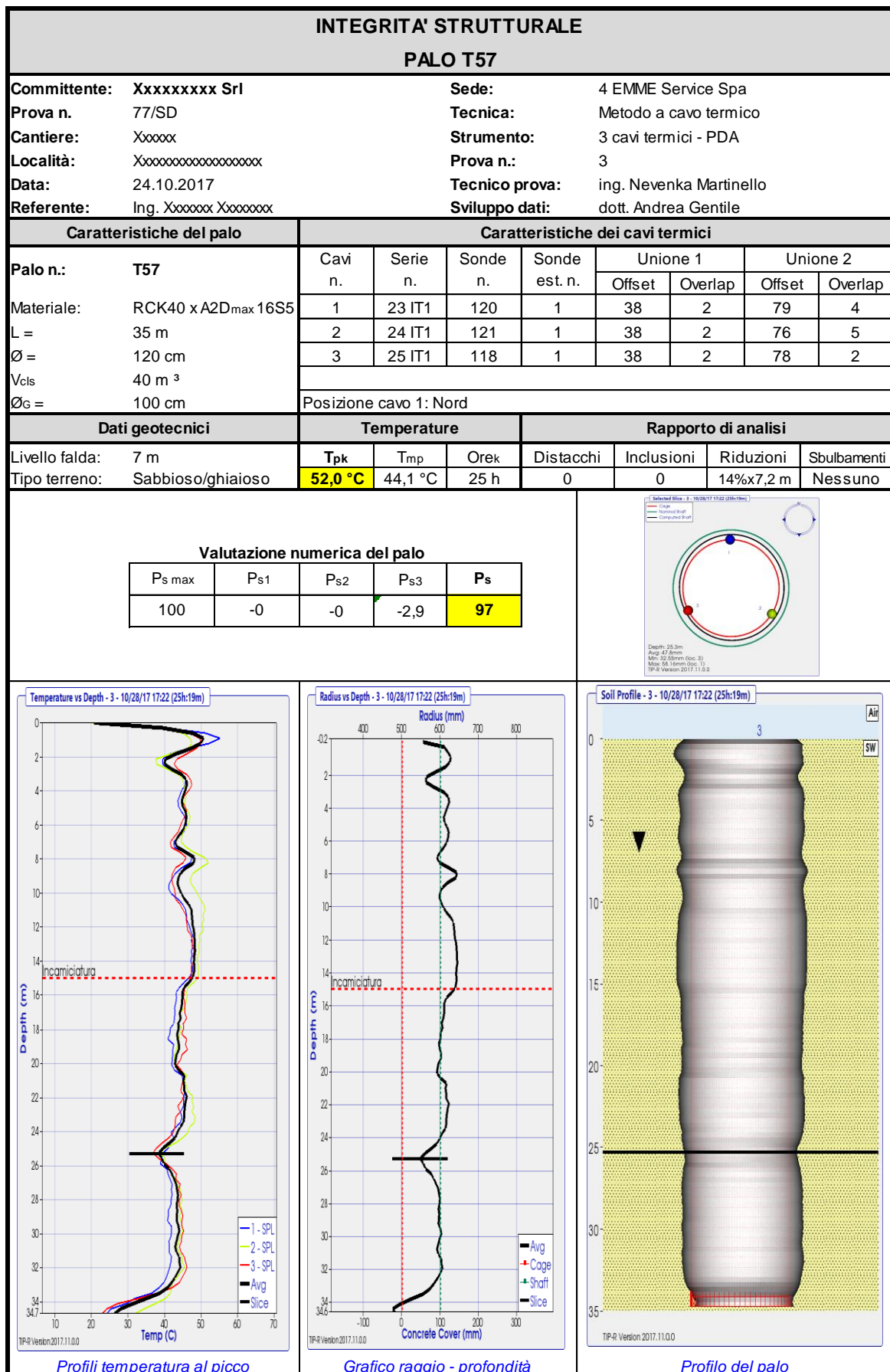
PESO DEI DIFETTI DEL PALO

N.	Difetto	Peso difettologico	Descrizione
1	Distacco	$P_{s1} = 100 \frac{(L - x_1)}{L}$	In presenza di più distacchi si considera quello più in alto. L'eventuale posizionamento del distacco a metà della lunghezza del palo comporterebbe una riduzione di 50 punti, ad indicare che è come se il palo fosse di metà lunghezza.
2	Intrusioni	$P_{s2} = S_{\%} \frac{(x_1 - x_2)}{x_1}$	E' determinato dalla riduzione percentuale di diametro $S_{\%}$ sulla sezione dell'intrusione. Il suo peso è rapportato alla parte del palo sopra l'eventuale primo distacco, dove x_1 diventa L in caso di assenza di distacchi. Se l'intrusione coprisse l'intera sezione il suo punteggio corrisponderebbe a quello del distacco.
3	Riduzioni di sezione	$P_{s3} = d_{\%} \frac{h_3}{x_1}$	E' calcolato sulla riduzione media del diametro $d_{\%}$ rispetto al diametro di progetto, moltiplicata per il rapporto tra spessore del difetto e lunghezza utile del palo. Comprende il difetto di mescolamento del materiale con terreno di frana o una riduzione delle caratteristiche meccaniche dovute alla riduzione del rapporto a/c, in quanto rappresentata una riduzione di caratteristiche del materiale, rappresentata nel TIP come riduzione di diametro. L'espressione della formula deriva dalla riduzione di sezione di contatto palo/terreno che riduce, della stessa proporzione, la capacità portante.

Lo sbulbamento non comporta nessuna riduzione di punteggio in quanto non riduce la capacità portante.







Simbologia dei parametri della prova TIP:

- L Lunghezza del palo
- \emptyset Diametro del palo
- V_{cls} Volume di calcestruzzo impiegato
- \emptyset_G Diametro della gabbia di armatura
- T_{pk} Temperatura massima di picco
- T_{mp} Temperatura media misurata da tutti i sensori nel momento di picco
- Ore_k Momento di picco, misurato in numero di ore successive al getto
- P_s Punteggio strutturale del palo.

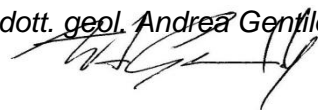
Il Relatore

Ing. Nevenka Martinello



Revisionata da:

dott. geol. Andrea Gentile



4 EMME Service S.p.A.

Il Direttore di Centro

Dott. ing. Settimo Martinello



PER INFORMAZIONI E DETTAGLI TECNICI
VISITARE IL SITO

www.4emme.it