



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Convenzione stipulata in data 18/12/2013 tra la Regione Toscana - Dir. Ambiente ed Energia - Settore Sismico Regionale Prevenzione Sismica e l'Università degli Studi di Firenze - Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICEA) dal titolo "ANALISI E STUDI FINALIZZATI ALLA VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITÀ A LIQUEFAZIONE DEI TERRENI NELL'AREA DEL MUGELLO"

#### **Gruppo di Lavoro:**

Prof.ssa Ing. Claudia Madiari (Responsabile)

Dott. Ing. Johann Facciorusso

Dott.ssa Ing. Elisa Gargini

Prof. Ing. Giovanni Vannucchi

#### **RELAZIONE FINALE**

---

## INDICE

1	INTRODUZIONE .....	3
2	ANALISI DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE .....	5
2.1	Analisi della pericolosità sismica di base .....	7
2.2	Definizione della pericolosità sismica locale .....	8
2.3	Stima del potenziale di liquefazione (LPI) con metodi semi-empirici basati su prove CPT .....	9
2.4	Correzione dei risultati delle prove CPT meccaniche per l'utilizzo nei metodi per la stima del potenziale di liquefazione .....	19
2.5	Risultati .....	20
2.6	Osservazioni conclusive .....	21
3	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....	35
	ALLEGATO A: VALORI OTTENUTI SENZA L'APPLICAZIONE DELLA CORREZIONE DELLE GRANDEZZE ( $Q_{C1N}$ ) <sub>CS</sub> ED $I_C$ .....	37
	A.1 SCHEDA 1: BARBERINO DI MUGELLO ( $a_{max} = 0.277g$ ; $M_w = 6.6$ ) .....	37
	A.2 SCHEDA 2: BORGO SAN LORENZO ( $a_{max} = 0.278g$ ; $M_w = 6.6$ ) .....	41
	A.3 SCHEDA 3: SAN PIERO A SIEVE ( $a_{max} = 0.274g$ ; $M_w = 6.6$ ) .....	52
	A.4 SCHEDA 4: SCARPERIA ( $a_{max} = 0.284g$ ; $M_w = 6.6$ ) .....	53
	A.5 SCHEDA 5: VICCHIO ( $a_{max} = 0.282g$ ; $M_w = 6.6$ ) .....	56
	ALLEGATO B: VALORI OTTENUTI CON E SENZA L'APPLICAZIONE DELLA CORREZIONE DELLE GRANDEZZE ( $Q_{C1N}$ ) <sub>CS</sub> ED $I_C$ .....	64
	B.1 SCHEDA 1: BARBERINO DI MUGELLO ( $a_{max} = 0.277g$ ; $M_w = 6.6$ ) .....	64
	B.2 SCHEDA 2: BORGO SAN LORENZO ( $a_{max} = 0.278g$ ; $M_w = 6.6$ ) .....	66
	B.3 SCHEDA 3: SAN PIERO A SIEVE ( $a_{max} = 0.274g$ ; $M_w = 6.6$ ) .....	74
	B.4 SCHEDA 4: SCARPERIA ( $a_{max} = 0.284g$ ; $M_w = 6.6$ ) .....	75
	B.5 SCHEDA 5: VICCHIO ( $a_{max} = 0.282g$ ; $M_w = 6.6$ ) .....	77

---

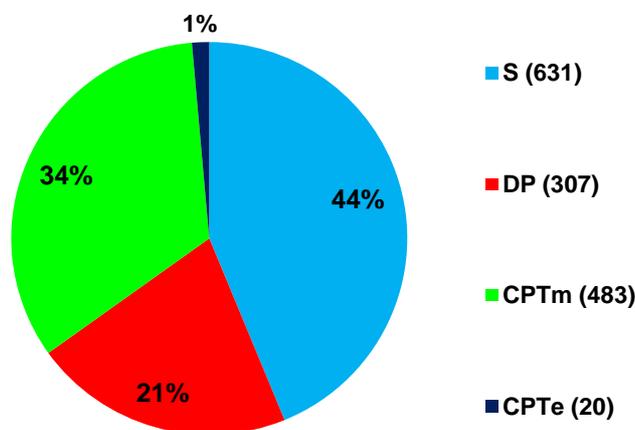
## 1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione sono illustrati i risultati delle analisi del rischio di liquefazione condotte su alcuni Comuni dell'area del Mugello, oggetto della convenzione stipulata in data 18/12/2013 tra la Regione Toscana - Dir. Ambiente ed Energia - Settore Sismico Regionale Prevenzione Sismica e l'Università degli Studi di Firenze - Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICEA) - Sezione Geotecnica.

I dati relativi all'area in esame, che interessa i territori dei Comuni di Barberino di Mugello, Borgo San Lorenzo, San Piero a Sieve, Scarperia e Vicchio, sono stati forniti dalla Committenza, che li ha acquisiti dai seguenti archivi:

- Archivio Genio Civile di Firenze (Arch\_GC\_FI);
- Archivio Provincia di Firenze (Arch\_Prov\_FI);
- Archivio Regione Toscana (Arch\_RT\_BDIG);
- Archivio progetto Microzonazione Sismica Toscana (Arch\_RT\_MS);
- Archivio programma regionale VEL (Valutazione Effetti Locali) (Arch\_RT\_VEL);
- Prove integrative eseguite nel Comune di Vicchio nell'ambito dello studio di Microzonazione Sismica Comunale.

Le prove individuate dagli archivi sopracitati sono complessivamente 1441, delle quali 631 sondaggi stratigrafici (S), 307 prove penetrometriche dinamiche (DP), 483 prove penetrometriche statiche meccaniche (CPTm) e 20 prove penetrometriche statiche elettriche (CPTe) (Figura 1.1).



*Figura 1.1: Distribuzione percentuale delle indagini all'interno dell'area del Mugello.*

Per valutare il rischio di liquefazione sono stati elaborati i dati relativi alle sole prove penetrometriche statiche, meccaniche (CPTm) ed elettriche (CPTe), eseguite nell'area oggetto di studio. Le indagini sono state preventivamente selezionate seguendo un criterio di "affidabilità" riferito al formato di restituzione della prova (cartaceo o numerico), alla nitidezza dell'immagine e alla completezza delle informazioni per ciascuna delle verticali investigate.

---

Come verrà meglio spiegato nel seguito, il fenomeno della liquefazione può verificarsi solo entro una profondità massima (detta profondità critica) misurata dal piano di campagna e stabilita, sulla base delle osservazioni sperimentali disponibili, in modo differente da vari Autori (comunque compresa tra 10 e 20m) ed al di sotto della falda.

Per la prima ragione, tra tutte le prove penetrometriche statiche ritenute affidabili sulla base dei criteri sopracitati, sono state selezionate, in accordo con l'Ufficio Prevenzione Sismica del Settore Sismico Regionale, e utilizzate ai fini dell'individuazione di strati potenzialmente liquefacibili, tutte quelle per le quali la profondità raggiunta risultasse superiore a 8m. Infatti, considerare solo prove la cui profondità massima investigata fosse superiore ad esempio a 10 o 15m, coerentemente con le indicazioni fornite in letteratura, avrebbe limitato eccessivamente il numero di prove disponibili su cui effettuare l'analisi.

Per la seconda ragione, invece, si è deciso di considerare solo le prove per le quali la profondità della falda, e le sue oscillazioni stagionali, fossero note ed affidabili. Per tale motivo, su indicazione dell'Ufficio Prevenzione Sismica del Settore Sismico Regionale, è stato stabilito di fare riferimento alle carte freaticometriche dell'area ed alla condizione di morbida, ritenuta più penalizzante ai fini delle verifiche di liquefazione. Pertanto, delle 254 prove CPT (234 CPTm e 20 CPTe) ritenute affidabili e con profondità massima di prova maggiore di 8m, sono state selezionate solo quelle prove per le quali fosse nota la profondità della falda dal piano campagna, ricavata dal profilo di morbida delle carte freaticometriche. La distribuzione delle 225 prove CPT alla fine utilizzate (209 CPTm e 16 CPTe) per i singoli Comuni è di seguito riportata:

- Barberino di Mugello: 18 CPTm, 11 CPTe;
- Borgo San Lorenzo: 91 CPTm;
- San Piero a Sieve: 5 CPTm;
- Scarperia: 28 CPTm;
- Vicchio: 67 CPTm, 5 CPTe.

Tutte le indagini CPT selezionate, meccaniche ed elettriche, sono state elaborate, indipendentemente dal fatto che fossero ubicate o meno in corrispondenza dei depositi alluvionali attuali del bacino della Sieve, che costituiscono il litotipo di copertura dell'area di studio.

La procedura seguita per stimare la pericolosità nei confronti della liquefazione di ciascuno dei siti selezionati è descritta nel seguito della presente relazione.

In relazione alle finalità dello studio e al livello di dettaglio richiesto, per la valutazione della pericolosità di liquefazione si è fatto ricorso ai metodi "semplificati" (noti anche come "semi-empirici"), così come descritti nelle "Norme tecniche nazionali per le costruzioni" (Ministero delle Infrastrutture, 2008), di seguito indicate con la sigla "NTC-08", e nelle "Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazione (LQ)" (Gruppo di Lavoro MS, 2017), di seguito indicate con la sigla "LGL-17". I metodi semplificati forniscono una stima quantitativa della domanda sismica e della resistenza a liquefazione, dal cui confronto è possibile stimare il potenziale di liquefazione e quindi la pericolosità nei confronti della liquefazione.

---

## 2 ANALISI DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Il termine “liquefazione” indica in senso stretto lo stato fisico in cui può venire a trovarsi un terreno granulare saturo sotto falda, poco o scarsamente addensato, quando la sua resistenza al taglio si riduce drasticamente per effetto dell’incremento e dell’accumulo delle pressioni interstiziali. In senso più ampio il termine indica fenomeni fisici di varia natura (liquefazione ciclica, mobilità ciclica, fluidificazione) che danno luogo a differenti manifestazioni; l’applicazione di metodi di previsione opportuni consente di mitigare il rischio di liquefazione, con interventi diretti sui terreni e/o sulle opere di fondazione.

L’occorrenza di liquefazione in un sito è legata alla combinazione di fattori predisponenti, legati alle caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni, che ne definiscono quindi la “vulnerabilità”, e di fattori scatenanti, legati all’azione sismica, che ne caratterizzano la “pericolosità sismica”.

Per quanto riguarda i fattori predisponenti, la liquefazione è influenzata dal comportamento contraente o dilatante del terreno, ed è quindi funzione dello stato di addensamento, ossia della densità relativa  $D_R$  (o dell’indice dei vuoti  $e$ ), e della pressione media efficace di confinamento  $\sigma'_0$ . Risulta influenzata anche dalla distribuzione granulometrica (diametro medio dei grani,  $D_{50}$ , coefficiente di uniformità,  $U_C$ , frazione di fine,  $FC$ ), dalla storia tensionale del deposito (OCR), dal grado di saturazione ( $S_r$ ), dalle condizioni di drenaggio, dalla presenza di sforzi di taglio statici preesistenti e dalla resistenza residua.

I fattori scatenanti si traducono sostanzialmente nell’entità dell’azione sismica, in termini di magnitudo ed ampiezza e durata.

Le norme tecniche nazionali per le costruzioni (NTC-08) definiscono le condizioni in presenza di almeno una delle quali è possibile escludere il fenomeno della liquefazione e, quindi, non eseguire le corrispondenti verifiche di stabilità del sito<sup>1</sup>. Tali criteri sono elencati di seguito:

- Magnitudo momento attesa  $M_w$  inferiore a 5;
- Accelerazione massima attesa in superficie  $a_{max}$  inferiore a 0.1g;
- Profondità media stagionale della falda  $z_w$  superiore ai 15m dal piano campagna;
- Curva di distribuzione granulometrica esterna<sup>2</sup> a determinate fasce critiche, differenziate in base al coefficiente di uniformità  $U_C$  (rappresentate in Figura 2.1);
- Depositi costituiti da sabbie pulite<sup>3</sup> con resistenza normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$  (oppure  $V_{S1} > 220\text{m/s}$ )<sup>4</sup>.

In assenza di tali condizioni è necessario condurre le opportune verifiche di stabilità nei confronti della liquefazione.

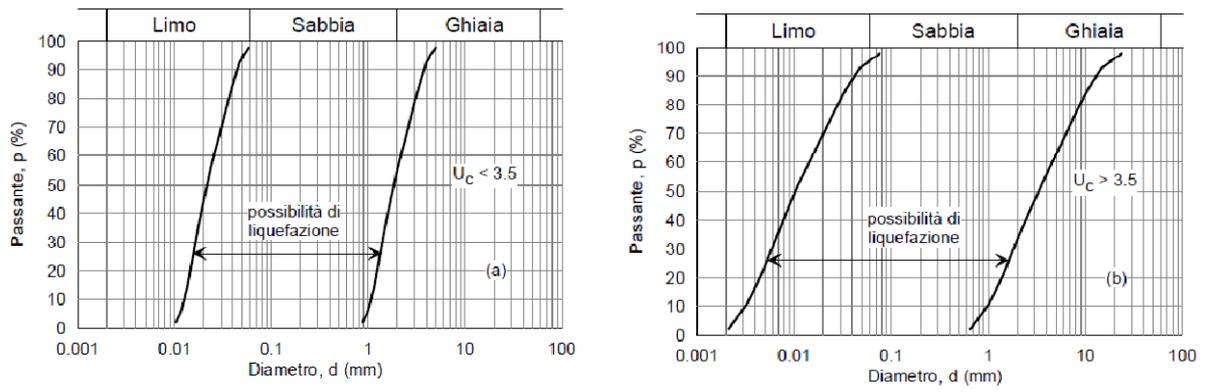
---

<sup>1</sup> Le linee guida LGL-17 stabiliscono, invece, alcune condizioni la cui concomitanza fa sì che si verifichi il fenomeno della liquefazione e rende quindi necessaria la verifica di stabilità del sito. Tali condizioni in parte si sovrappongono a quelle già riportate nelle norme tecniche NTC-08.

<sup>2</sup> Nell’interpretazione più restrittiva, con “esterna” si intende che la curva deve essere al di fuori del fuso granulometrico critico per oltre il 50%.

<sup>3</sup> Si intende con contenuto di fine  $FC \leq 5\%$ .

<sup>4</sup> Per il significato delle grandezze  $(N_1)_{60}$ ,  $q_{c1N}$  e  $V_{S1}$  si rimanda ai metodi semplificati basati sull’utilizzo delle prove in sito SPT, CPT e sulla misura delle velocità delle onde di taglio  $S$ , rispettivamente.



**Figura 2.1: Fusi granulometrici critici per terreni a granulometria uniforme ed estesa (NTC-08).**

---

## 2.1 Analisi della pericolosità sismica di base

I parametri caratterizzanti l'azione sismica da assumere per l'applicazione dei metodi "semplificati" sono l'accelerazione massima e la magnitudo attese al sito in un dato periodo di riferimento,  $V_R$ , con una data probabilità di superamento,  $P_{VR}$ . Il periodo di riferimento e la probabilità di superamento sono legati al tipo di struttura e alla condizione di stato limite da verificare.

In riferimento alle strutture ordinarie, quelle verosimilmente più diffuse all'interno dell'area di studio, la vita nominale  $V_N$ , in base alla Tabella 2.4.I delle NTC08, è maggiore o uguale a 50 anni (*"Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale"*).

Alle strutture ordinarie viene attribuita la classe d'uso II (*"Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. [...] Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento), gli uffici, i negozi."*). Ad essa corrisponde un coefficiente d'uso  $C_U$  pari a 1, da cui deriva un valore del periodo di riferimento  $V_R$  pari a 50 anni, essendo  $V_R = V_N \cdot C_U$ .

I valori della probabilità di superamento dell'evento sismico,  $P_{VR}$ , nel periodo di riferimento  $V_R$ , sono contenuti nella Tabella 3.2.I delle NTC-08 in funzione dello stato limite considerato. Fissati quindi  $V_R$  e  $P_{VR}$  è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica,  $T_R$ , espresso in anni, mediante la relazione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Pertanto, i valori del periodo di ritorno ai quali occorre fare riferimento nel caso di strutture ordinarie, al variare dello stato limite considerato, sono i seguenti:

<i>Stato limite di operatività (SLO):</i>	$T_R = -\frac{50}{\ln(1 - 0.81)} = 30 \text{ anni}$
<i>Stato limite di danno (SLD):</i>	$T_R = -\frac{50}{\ln(1 - 0.63)} = 50 \text{ anni}$
<i>Stato limite di salvaguardia della Vita (SLV):</i>	$T_R = -\frac{50}{\ln(1 - 0.10)} = 475 \text{ anni}$
<i>Stato limite di prevenzione del Collasso (SLC):</i>	$T_R = -\frac{50}{\ln(1 - 0.05)} = 975 \text{ anni}$

Nella Tabella C7.1.I della circolare esplicativa n. 617 delle NTC08 (Ministero delle Infrastrutture, 2009) sono indicate le verifiche di sicurezza da effettuare in funzione della classe d'uso. Da essa emerge chiaramente che per le verifiche di stabilità del sito lo stato limite di riferimento è SLV, pertanto ai fini della suscettibilità alla liquefazione sono condotte solo verifiche nei confronti di quest'ultimo stato limite.

D'altra parte, se le analisi di liquefazione sono condotte ai fini della microzonazione sismica, il periodo di ritorno da considerare, in accordo con gli *Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica* (Gruppo di Lavoro MS, 2008), è 475 anni.

Utilizzando il software gratuito “Spettri di Risposta” del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (ver. 1.0.3) è possibile ricavare, al variare del periodo di ritorno, i valori dei parametri necessari per la definizione dell'azione sismica contenuti nell'Allegato B delle NTC-08, ovvero:

- l'accelerazione orizzontale massima su terreno rigido orizzontale,  $a_g$ , espressa in g;
- il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,  $F_0$ , adimensionale;
- il valore del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale,  $T_C^*$ , espresso in secondi.

Nella Tabella 2.1 sono riportati i parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_C^*$  relativi allo stato limite SLV, ovvero ad un periodo di ritorno di 475 anni, determinati per ciascuno dei Comuni coinvolti nella modellazione.

**Tabella 2.1: Parametri sismici relativi a  $T_R = 475$  anni per l'area di studio.**

Comune	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
<b>Barberino di Mugello</b>	0.195	2.399	0.285
<b>Borgo San Lorenzo</b>	0.196	2.387	0.287
<b>San Piero a Sieve</b>	0.192	2.391	0.288
<b>Scarperia</b>	0.201	2.376	0.288
<b>Vicchio</b>	0.199	2.383	0.287

Per quanto riguarda la stima della magnitudo attesa, si è fatto riferimento al paragrafo 2.8.2 del sopracitato testo guida per la microzonazione sismica (Gruppo di Lavoro MS, 2008).

Poiché l'area in esame ricade in una delle 36 zone sismogenetiche della zonazione ZS9, si è assunto come valore della magnitudo attesa  $M_{w,max}$ , per  $T_R=475$  anni, quello relativo alla zona di appartenenza. Il sito di indagine rientra nella zona sismogenetica 915, a cui corrisponde una magnitudo momento massima pari a 6.60, valore assunto nelle successive analisi di liquefazione.

## 2.2 Definizione della pericolosità sismica locale

Ai fini delle verifiche a liquefazione, l'azione sismica di progetto è rappresentata dall'accelerazione orizzontale massima  $a_{max}$  attesa sulla superficie del deposito. Il suo valore può essere determinato a partire da  $a_g$ , mediante due coefficienti,  $S_S$  ed  $S_T$ , definiti nelle NTC08 nel modo seguente:

- $S_T$ , coefficiente di amplificazione topografica, basato sull'identificazione della categoria topografica;
- $S_S$ , coefficiente di amplificazione stratigrafica, basato sull'identificazione della categoria di sottosuolo.

Essendo l'area di progetto collocata in corrispondenza di un fondo valle, l'andamento morfologico può essere considerato pressoché pianeggiante, pertanto è ragionevole assumere per il coefficiente di amplificazione topografica un valore pari a 1.

Per determinare il coefficiente di amplificazione stratigrafica occorre stabilire la categoria di sottosuolo alla quale appartiene il sito in esame. In considerazione delle caratteristiche geologiche e geotecniche dei litotipi presenti all'interno dell'area in studio, secondo le indicazioni dell'Ufficio Prevenzione Sismica del Settore Sismico Regionale, è stato stabilito di assumere come categoria di sottosuolo la categoria C (*“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessore maggiore di 30m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, con  $V_{s,30}$  comprese tra 180÷360m/s,  $N_{SPT}$  compreso tra 15÷50,  $c_{u,30}$  compresa tra 70÷250kPa”*). Per tale categoria di sottosuolo, dalla Tabella 3.2.IV delle NTC-08, è possibile ricavare il valore di  $S_S$  dall'espressione seguente:

$$S_S = 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g}$$

verificando che  $S_S$  sia compreso nell'intervallo di valori 1.0÷1.5.<sup>5</sup>

A questo punto è possibile ricavare il valore dell'accelerazione massima attesa in superficie  $a_{max}$  per mezzo della relazione seguente

$$a_{max} = S_T \cdot S_S \cdot a_g$$

Si riportano in Tabella 2.2 i valori relativi ad  $S_T$ ,  $S_S$  ed  $a_{max}$  determinati per i Comuni indagati.

**Tabella 2.2: Valori dei parametri  $S_T$ ,  $S_S$  e  $a_{max}$  relativi a  $T_R = 475$  anni per l'area di studio.**

Comune	$S_T$ [-]	$S_S$ [-]	$a_{max}$ [g]
<b>Barberino di Mugello</b>	1	1.419	0.277
<b>Borgo San Lorenzo</b>	1	1.419	0.278
<b>San Piero a Sieve</b>	1	1.425	0.274
<b>Scarperia</b>	1	1.413	0.284
<b>Vicchio</b>	1	1.415	0.282

### 2.3 Stima del potenziale di liquefazione (LPI) con metodi semi-empirici basati su prove CPT

La procedura adottata nella presente analisi consiste nell'applicazione di metodi semplificati per la stima del potenziale di liquefazione, utilizzando per la valutazione della resistenza a liquefazione i risultati delle prove CPT condotte nell'area in studio, selezionate secondo le modalità sopra descritte, ed assumendo per l'azione sismica un periodo di ritorno  $T_R=475$  anni. L'utilizzo delle prove CPT per la determinazione della

<sup>5</sup> Anche con riferimento alla più recente versione delle Norme Tecniche in fase di pubblicazione, dove la definizione delle categorie di sottosuolo è cambiata, la categoria di sottosuolo attribuibile ai depositi ricadenti nell'area di studio rimane invariata, così come il valore dei fattori di amplificazione stratigrafica calcolati.

resistenza a liquefazione rappresenta una pratica diffusa in ragione della loro maggiore affidabilità rispetto ad altre prove in sito (SPT, Down-Hole o prove analoghe per la stima di  $V_s$ ), della maggiore ripetibilità e della continuità dei profili penetrometrici con la profondità.

I metodi semplificati esprimono il rischio di liquefazione in termini di fattore di sicurezza FSL (Factor of Safety against Liquefaction), definito come rapporto tra la resistenza alla liquefazione del terreno, normalizzata rispetto alla pressione verticale efficace  $\sigma'_{v0}$ , CRR (Cyclic Resistance Ratio), e lo sforzo di taglio indotto dal terremoto, anch'esso normalizzato rispetto a  $\sigma'_{v0}$ , CSR (Cyclic Stress Ratio):

$$FSL = \frac{CRR}{CSR}$$

Il fattore di sicurezza nei confronti della liquefazione viene definito lungo ogni verticale di indagine esplorata e, alle profondità in cui esso risulti minore di uno (o 1.2, come previsto nella procedura di seguito illustrata), il terreno è considerato suscettibile di liquefazione.

Per sintetizzare il rischio di liquefazione, in un dato sito e per una specifica verticale, vengono impiegati degli indici di vulnerabilità che tengono conto del contributo degli strati suscettibili di liquefazione presenti all'interno del deposito, del loro spessore e della profondità, e dell'effetto cumulato che essi possono indurre in superficie in termini di tipologia e intensità di fenomeni di liquefazione attivabili, in termini di cedimenti o di deformazioni laterali.

Nel presente lavoro è stato valutato l'indice del potenziale di liquefazione, LPI (Liquefaction Potential Index), definito come

$$LPI = \int_0^{z_{crit}} F(z) \cdot w(z) dz$$

dove:

- $z_{crit}$  indica la profondità critica, ovvero la profondità oltre la quale possono ragionevolmente escludersi fenomeni di liquefazione. Tale profondità è assunta pari a 20m (Iwasaki, 1982), ma alcuni autori (Özocak e Sert, 2010) indicano anche profondità inferiori, pari a 15m o 10m.
- $w(z)$  è una funzione che definisce l'influenza della profondità dal piano di campagna, varia linearmente con la profondità, ed assume la forma seguente:

$$w(z) = \frac{200}{z_{crit}} \cdot \left(1 - \frac{z}{z_{crit}}\right)$$

- $F(z)$  è una funzione del fattore di sicurezza FSL che assume valori compresi tra 0 e 1 e che viene definita nel modo seguente (Sonmez, 2003):

$$\begin{aligned} F(z) &= 0 && \text{per } FSL \geq 1.2 \\ F(z) &= 2 \cdot 10^6 \cdot \exp(-18.427 \cdot FSL(z)) && \text{per } 0.95 < FSL < 1.2 \\ F(z) &= 1 - FSL(z) && \text{per } FSL \leq 0.95 \end{aligned}$$

L'indice del potenziale di liquefazione è un parametro di sintesi che, mediante un valore compreso nell'intervallo 0-100, qualifica e quantifica, in corrispondenza della verticale di indagine, i possibili effetti della liquefazione in superficie, secondo il grafico riportato in Figura 2.2. Il suo utilizzo nelle applicazioni GIS (Geographic Information System) può costituire un valido strumento per la stesura di carte di zonazione ai fini della liquefazione sismica.

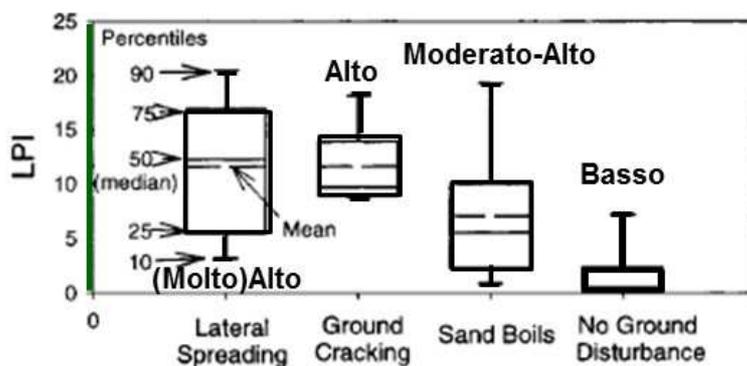


Figura 2.2: Effetti della liquefazione osservabili in superficie in relazione all'indice del potenziale di liquefazione calcolato, LPI (Toprak e Holtzer, 2003).

Sulla base di LPI, generalmente calcolato assumendo  $z_{crit} = 20m$ , vengono identificate le classi di rischio di liquefazione riportate in Tabella 2.3 (Sonmez, 2003).

Tabella 2.3: Classi di rischio di liquefazione secondo Sonmez (2003).

LPI	rischio di liquefazione
$\cong 0$	nullo
$0 < LPI \leq 2$	basso
$2 < LPI \leq 5$	moderato
$5 < LPI \leq 15$	alto
$LPI > 15$	molto alto

La procedura applicata nel caso specifico, per il calcolo di FSL, può essere schematizzata in quattro fasi:

1. Correzione e normalizzazione dei parametri ottenuti dalle prove CPT;
2. Valutazione di CRR tramite correlazioni, espresse sotto forma di abachi o formule, tra la resistenza a liquefazione e i parametri corretti e normalizzati;
3. Valutazione di CSR tramite correlazioni empiriche;
4. Calcolo di FSL.

Un abaco di liquefazione contiene le osservazioni di casi reali di liquefazione e non liquefazione, rappresentando in ordinata i valori dello sforzo di taglio indotto dal sisma e in ascissa un certo parametro di resistenza misurato in sito da prove CPTu, da prove SPT, Down-Hole o prove analoghe.

Sul grafico è possibile identificare due zone distinte in cui ricadono quasi esclusivamente i casi di "liquefazione" e "non liquefazione" e quindi tracciare la curva (empirica) di resistenza a liquefazione (o curva di stato limite), che separa le due zone.

Poiché gli abachi di liquefazione vengono in genere determinati facendo riferimento a casi di "liquefazione" e "non liquefazione" osservati durante terremoti storici di magnitudo momento confrontabile ( $M_w = 7.5$ ), in strati di sabbia pulita ( $FC \leq 5\%$ ), a profondità dal piano di campagna inferiori a 10m e in condizioni free-field, il valore di resistenza a liquefazione CRR che forniscono è applicabile solo con riferimento ad un valore specifico di magnitudo, a valori limitati della pressione di confinamento ( $\sigma'_v \leq 1 \text{ atm}$ ) e in assenza di sforzo di taglio statico iniziale. Per determinare il fattore di sicurezza nei confronti della liquefazione con riferimento a condizioni diverse da quelle specificate, in genere si opera prima una correzione sul valore misurato (e normalizzato) ottenuto dalla prova in sito considerata, per ottenere il valore equivalente per sabbie pulite, e poi si applicano, al valore di resistenza stimato con gli abachi, opportuni fattori correttivi:

$$FSL = \frac{CRR}{CSR} = \frac{CRR_{M_w=7.5; \sigma'_v=1 \text{ atm}; \alpha=0}}{CSR} \cdot MSF \cdot K_\sigma \cdot K_\alpha$$

dove:

- $CRR_{M_w=7.5; \sigma'_v=1 \text{ atm}; \alpha=0}$  è il rapporto di resistenza ciclica per  $M_w = 7.5$ ,  $\sigma'_v \leq 1 \text{ atm}$ ,  $\alpha = 0$ ;
- MSF rappresenta il fattore di scala della magnitudo (Magnitude Scale Factor);
- $K_\sigma$  è il fattore di correzione per la pressione di confinamento;
- $K_\alpha$  indica il fattore di correzione per lo sforzo statico iniziale.

In letteratura sono presenti numerosi metodi semplificati, che differiscono generalmente per le correlazioni empiriche adottate per la stima della resistenza e dei fattori correttivi richiesti, e per la banca dati contenente i casi sperimentali osservati a partire dai quali tali correlazioni sono state ottenute.

Per quanto riguarda la stima dello sforzo di taglio indotto dall'azione sismica, CSR, non disponendo dei dati necessari per eseguire un'analisi della risposta sismica locale, si è utilizzata la relazione proposta da Seed e Idriss (1971):

$$CSR = \left( \frac{\tau_{eq}}{\sigma'_{v0}} \right) = \left( \frac{0.65 \cdot \tau_{max}}{\sigma'_{v0}} \right) = 0.65 \cdot \left( \frac{a_{max}}{g} \right) \cdot \left( \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \right) \cdot r_d$$

dove:

- $a_{max}$  indica l'accelerazione massima orizzontale indotta dal terremoto in superficie, espressa in g;
- g è il valore dell'accelerazione di gravità;
- $\sigma_{v0}$  e  $\sigma'_{v0}$  sono rispettivamente la tensione litostatica totale ed efficace alla profondità considerata;
- $r_d$  indica il fattore di profondità, ovvero un coefficiente riduttivo delle tensioni indotte dall'azione sismica che tiene conto della deformabilità del terreno e che può essere determinato tramite

---

differenti correlazioni empiriche, generalmente associate al metodo semplificato adottato (con differenze anche sensibili tra i vari metodi).

Nel caso in esame per la stima di CRR sono stati utilizzati i valori della resistenza alla punta  $q_c$  ottenuti dalle prove penetrometriche realizzate in sito. Tali valori sono normalizzati alla pressione atmosferica  $p_a$  (101kPa) e corretti per tener conto della pressione litostatica efficace. Quindi, la resistenza alla punta viene prima adimensionalizzata ( $q_{cN} = q_c/p_a$ ) e poi corretta per tener conto della pressione litostatica attraverso il fattore  $C_N$ . La resistenza alla punta che si ottiene è determinata come

$$q_{c1N} = q_{cN} \cdot C_N = \left(\frac{q_c}{p_a}\right) \cdot \left(\frac{p_a}{\sigma'_{v0}}\right)^n$$

L'esponente  $n$  è un coefficiente che tiene conto del tipo di terreno e della densità relativa e viene definito in modo differente a seconda del metodo semplificato adottato, anche se le differenze che si riscontrano tra i vari metodi sono minime.

Come già detto, poiché le curve di resistenza a liquefazione si riferiscono in genere a sabbie pulite, al valore misurato e normalizzato della resistenza alla punta,  $q_{c1N}$ , viene applicato un fattore correttivo, additivo o moltiplicativo, che permette di ricavare un valore della resistenza di punta equivalente a quello che si otterrebbe per sabbie pulite (clean sand):

$$\begin{aligned}(q_{c1N})_{cs} &= q_{c1N} + \Delta q_{c1N} \\ (q_{c1N})_{cs} &= K_{cs} \cdot q_{c1N}\end{aligned}$$

Tale fattore è in genere ottenuto per via empirica, in modo differente dai vari Autori, classificando i casi di liquefazione e non liquefazione dei database utilizzati in relazione a parametri quali il diametro medio,  $D_{50}$ , il contenuto (FC) e le caratteristiche della frazione fine (ad esempio l'indice di plasticità, PI, e la composizione mineralogica) e determinando le curve di resistenza a liquefazione corrispondenti, ovvero il fattore correttivo da applicare alla grandezza misurata per ottenere un'unica curva di resistenza riferita a sabbie pulite ( $FC \leq 5\%$ ). Le maggiori differenze che si riscontrano nell'applicazione dei vari metodi semplificati risiedono proprio nell'espressione utilizzata per il calcolo di tale fattore correttivo e nel valore della correzione operata, che può variare anche sensibilmente tra un metodo e l'altro. A questo si aggiunge anche la maggiore incertezza insita in queste correlazioni, dovuta al fatto che il fattore correttivo  $\Delta q_{c1N}$  (o  $K_{cs}$ ) è in genere espresso in funzione del contenuto di fine FC o dell'indice di plasticità della frazione fine PI, che in genere, specie dove sono disponibili solo misure CPT, non sono noti e devono quindi essere stimati indirettamente attraverso ulteriori correlazioni empiriche.

Applicando quindi le correlazioni empiriche disponibili in letteratura, è possibile determinare, a partire dalla resistenza di punta, normalizzata, corretta ed equivalente per sabbie pulite,  $(q_{c1N})_{cs}$ , la resistenza a liquefazione per una magnitudo di riferimento dell'evento sismico ( $M_w = 7.5$ ), per valori di pressione di confinamento  $\sigma'_v = 1 \text{ atm}$  e per condizioni free-field ( $\alpha = 0$ ).

Assumendo per l'intera area condizioni free-field ( $\alpha = 0$ ), per ottenere i valori di resistenza in relazione alla magnitudo dell'evento sismico considerato ( $M_w = 6.6$ ) e alle differenti profondità, e quindi pressioni efficaci di

---

confinamento considerate, occorre applicare i fattori di correzione della magnitudo, MSF, e della pressione di confinamento,  $K_G$ . Tali fattori sono determinati attraverso correlazioni empiriche, spesso comuni a più metodi semplificati e che comunque forniscono valori confrontabili.

Successivamente, per ogni strato e per ogni profondità investigata di cui sia disponibile una misura in sito, è determinato FSL e quindi calcolato l'indice del potenziale di liquefazione LPI. Il fattore di sicurezza nei confronti della liquefazione non viene calcolato in corrispondenza degli strati ritenuti non suscettibili di liquefazione per ragioni di natura:

- fisica, ovvero ubicati a profondità inferiori rispetto alla quota di falda ( $z < z_w$ ),
- litologica, ovvero per valori dell'indice di comportamento  $I_c$  (che sarà definito nel seguito) maggiori di una prefissata soglia (in genere pari a 2.6),
- meccanica, ovvero per valori di resistenza  $(q_{c1N})_{cs} > 160$ .

In questo modo il profilo di FSL permette di distinguere tra:

- gli strati non suscettibili di liquefazione, per i quali FSL non viene calcolato,
- gli strati che, pur essendo potenzialmente liquefacibili, non subiscono liquefazione poiché l'azione sismica è insufficiente a innescarla ( $FSL \geq 1.2$ ) e all'interno dei quali l'indice LPI rimane costante,
- gli strati in cui si verifica liquefazione ( $FSL < 1.2$ ), all'interno dei quali l'indice LPI aumenta.

I metodi utilizzati nelle verifiche a liquefazione, concordati con l'Ufficio Prevenzione Sismica del Settore Sismico Regionale, sono i seguenti:

1. *Boulanger e Idriss, 2014;*
2. *Juang et al., 2006;*
3. *Robertson, 2009.*

Questi metodi differiscono, come già detto, per alcune delle formule empiriche impiegate, ma la procedura adottata è la medesima per tutti e si sviluppa nel modo di seguito descritto.

I dati iniziali richiesti sono i seguenti:

- gli indici della prova CPT,  $q_{ci}$  ed  $f_{si}$ , misurati in sito lungo la verticale di esplorazione e le relative profondità  $z_i$  dal piano campagna;
- la stratigrafia e le proprietà indice del terreno, se disponibili (FC,  $D_{50}$ , PI, etc.);
- la profondità della falda rispetto al piano campagna,  $z_w$  (nel caso siano disponibili più misure si assume cautelativamente il valore  $z_w$  più piccolo);
- l'accelerazione massima orizzontale indotta in superficie,  $a_{max}$ , e la magnitudo momento,  $M_w$ .

La procedura prevede una fase preliminare, comune a tutti i metodi, nella quale si determinano i valori normalizzati di  $q_c$  ed  $f_s$  rispetto alla pressione atmosferica<sup>6</sup>. Si calcolano poi la tensione verticale totale ed efficace  $\sigma_v$  e  $\sigma'_v$ , utilizzando per la stima del peso di volume  $\gamma$  la relazione di Robertson e Cabal (2010):

$$\frac{\gamma}{\gamma_w} = 0.27 \cdot \log R_f + 0.36 \cdot \log \left( \frac{q_c}{p_a} \right) + 1.236$$

Note queste grandezze, si procede al calcolo della resistenza alla punta normalizzata  $Q_n$  (adimensionale) e al rapporto di attrito normalizzato  $F_r$  (espresso in percentuale), definiti come indicato nelle relazioni seguenti:

$$Q_n = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \cdot \left( \frac{p_a}{\sigma'_{v0}} \right)^n$$

$$F_r [\%] = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}} \cdot 100$$

Questi parametri possono essere combinati in un'unica grandezza adimensionale, l'indice di comportamento del terreno  $I_c$ , definito secondo l'espressione di Robertson (1990):

$$I_c = \sqrt{(3.47 - \log Q_n)^2 + (\log F_r + 1.22)^2}$$

I valori di  $Q_n$  e di  $I_c$ , che dipendono entrambi da  $n$ , vengono inizialmente stimati assumendo un valore di  $n$  pari a 1; il valore finale di  $n$  si determina attraverso un calcolo iterativo, utilizzando formule diverse a seconda del metodo semplificato adottato.

Secondo quanto riportato nella Tabella 2.4, in base al valore di  $I_c$  è possibile identificare la classe di appartenenza del terreno (Robertson, 2010) e quindi fornire una interpretazione della successione stratigrafica lungo la verticale esplorata. Assumendo un valore limite di riferimento per tale indice,  $I_{c,lim}$ , in grado di distinguere i terreni suscettibili di liquefazione da quelli non liquefacibili, è possibile escludere dai calcoli successivi gli strati per i quali  $I_c \geq I_{c,lim}$  (in genere si assume  $I_{c,lim} = 2.6$ , oppure si ripete l'intera procedura di calcolo assumendo più valori limite, ad esempio  $I_{c,lim} = 2.4, 2.6, 2.8$ ).

**Tabella 2.4: Identificazione litostratigrafica in base all'indice di comportamento del terreno.**

classe	descrizione	$I_c$ [-]
2	terreno organico, torba	> 3.60
3	da argille limose ad argille	2.95 ÷ 3.60
4	da limi argillosi ad argille limose	2.60 ÷ 2.95
5	da sabbie limose a limi sabbiosi	2.05 ÷ 2.60
6	da sabbie pulite a sabbie limose	1.31 ÷ 2.05
7	da sabbie ghiaiose a sabbie dense	< 1.31

<sup>6</sup> Nel caso di prove CPTU, la resistenza alla punta misurata,  $q_c$ , deve essere prima corretta per tenere conto della presenza dell'elemento poroso utilizzato per la misura delle pressioni interstiziali,  $u$ , secondo l'espressione:  $q_t = q_c + (1-a) u$ , dove  $a$  dipende dallo strumento (in genere  $a = 0.8$ ).

---

A questo punto si determina il fattore di correzione da applicare a  $q_{c1N}$  per ricavare il valore equivalente della resistenza alla punta per sabbie pulite,  $(q_{c1N})_{CS}$ .

Successivamente si procede con la stima del  $CRR_{M_w=7.5; \sigma'_v=1atm; \alpha=0}$  e di tutti i coefficienti correttivi necessari, e si determina CRR.

Si calcola il fattore riduttivo  $r_d$  e si stima CSR; si procede infine al calcolo del fattore di sicurezza alla liquefazione FSL.

Fissato il valore di  $z_{crit}$  a 10m o, alternativamente, a 20m è possibile stimare il corrispondente indice LPI, rispettivamente LPI10 e LPI20, ed individuare la classe di rischio (con riferimento solo a LPI20).

Si riportano in forma schematica le relazioni caratteristiche dei metodi adottati, concentrandoci nello specifico solo su quelle che li differenziano l'uno dall'altro.

➤ **Calcolo dell'esponente  $n$  di normalizzazione**

$n$  si determina per iterazione secondo l'espressione seguente:

- (1) Boulanger e Idriss, 2014:

$$n = 1.338 - 0.249 \cdot (q_{c1N})_{CS}^{0.264}$$

- (2) Juang et al., 2006:

$$n = 1.338 - 0.249 \cdot q_{c1N}^{0.264}$$

- (3) Robertson, 2009:

$$n = 0.381 \cdot I_{c,n} + 0.05 \cdot \left( \frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \right) - 0.15 \leq 1$$

➤ **Calcolo del fattore correttivo per sabbie pulite**

- (1) Boulanger e Idriss, 2014:

si introduce il fattore correttivo additivo  $\Delta q_{c1N}$ , che si determina come segue:

$$\Delta q_{c1N} = \left( 11.9 + \frac{q_{c1N}}{14.6} \right) \cdot \exp \left[ 1.63 - \frac{9.7}{FC + 2} - \left( \frac{15.7}{FC + 2} \right)^2 \right]$$

dove FC [%], se non disponibile da misure dirette, si determina dalla correlazione:

$$I_c = \left( \frac{FC + 137}{80} \right) - CFC$$

e CFC è un parametro di adattamento che è compreso tra -0.29 e 0.29<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> Se sono disponibili misure dirette di FC alle stesse profondità delle misure CPT (e quindi di  $I_c$ ), è possibile ricavare mediante regressione il valore del parametro CFC per il sito e le litologie attraversate e quindi

- (2) Juang et al., 2006:

si introduce il fattore correttivo moltiplicativo  $K_{cs}$ , che si determina come segue (con  $1 < K_{cs} < 3$  e  $q_{c1N} > 15$ ):

$$\begin{aligned} K_{cs} &= 1 && \text{per } I_c \leq 1.64 \\ K_{cs} &= 1 + 80.06 \cdot (I_c - 1.64) \cdot q_{c1N}^{-1.2194} && \text{per } 1.64 < I_c \leq 2.38 \\ K_{cs} &= 1 + 59.24 \cdot q_{c1N}^{-1.2194} && \text{per } I_c > 2.38 \end{aligned}$$

- (3) Robertson, 2009:

si introduce il fattore correttivo moltiplicativo  $K_{cs}$ , che si determina come segue (con  $1 < K_{cs} < 3$ ):

$$\begin{aligned} K_{cs} &= 1 && \text{per } I_c \leq 1.64, \quad \text{oppure } 1.64 < I_c \leq 2.36 \text{ e } FC < 0.5\% \\ K_{cs} &= -0.403 \cdot I_c^4 + 5.581 \cdot I_c^3 - 21.63 \cdot I_c^2 + 33.75 \cdot I_c - 17.88 && \text{per } 1.64 < I_c \leq 2.50 \\ K_{cs} &= 6 \cdot 10^{-7} \cdot I_c^{16.76} && \text{per } 2.50 < I_c \leq 2.70 \\ &\text{Non liquefacibile} && \text{per } I_c > 2.70 \end{aligned}$$

➤ **Calcolo della resistenza a liquefazione  $CRR_{M_w=7.5; \sigma'_v=1atm}$**

- (1) Boulanger e Idriss, 2014 (valida per  $(q_{c1N})_{cs} < 160$ ):

$$CRR_{M_w=7.5; \sigma'_v=1atm} = \exp \left[ \frac{(q_{c1N})_{cs}}{113} + \left( \frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right)^2 - \left( \frac{(q_{c1N})_{cs}}{140} \right)^3 + \left( \frac{(q_{c1N})_{cs}}{137} \right)^4 - 2.8 \right]$$

- (2) Juang et al., 2006 (valida per  $(q_{c1N})_{cs} < 160$ ):

$$CRR_{M_w=7.5; \sigma'_v=1atm} = \exp \left[ -2.9439 + 0.000309 \cdot (q_{c1N})_{cs}^{1.8} \right]$$

- (3) Robertson, 2009 (valida per  $(q_{c1N})_{cs} < 160$ ):

$$\begin{aligned} CRR_{M_w=7.5; \sigma'_v=1atm} &= 0.833 \cdot \left[ \frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right] + 0.05 && \text{per } (q_{c1N})_{cs} < 50 \\ CRR_{M_w=7.5; \sigma'_v=1atm} &= 93 \cdot \left[ \frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0.08 && \text{per } 50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160 \end{aligned}$$

rendere la correlazione più attendibile in relazione ai terreni considerati. Negli altri casi, si consiglia di assumere  $CFC = 0$  o di ripetere l'intera procedura di calcolo assumendo  $CFC = -0.29, 0, 0.29$ , in modo da verificare l'effetto di tale parametro sul risultato finale. Nel caso in cui i risultati ottenuti siano molto differenti, la componente fine presente nelle litologie attraversate è considerevole e può influire sensibilmente sulla liquefacibilità del sito, per cui occorrono misure dirette di FC, prima di procedere con l'applicazione dei metodi semplificati.

---

➤ **Calcolo del fattore di scala della magnitudo MSF**

- (1) Boulanger e Idriss, 2014:

$$MSF = 1 + (MSF_{max} - 1) \cdot \left( 8.64 \cdot \exp\left(-\frac{M_w}{4}\right) - 1.325 \right) \quad (\text{Idriss e Boulanger, 2008})$$

dove  $MSF_{max}$  si definisce come:

$$MSF_{max} = 1.09 + \left[ \frac{(q_{c1N})_{cs}}{180} \right]^3 \leq 2.2$$

- (2) Juang et al., 2006:

$$MSF = 6.9 \cdot \exp\left(-\frac{M_w}{4}\right) - 0.058 \leq 1.8 \quad (\text{Idriss, 1999})$$

- (3) Robertson, 2009:

$$MSF = \frac{10^{2.24}}{M_w^{2.56}} \quad (\text{Idriss, 1995})$$

➤ **Calcolo del fattore di correzione per la pressione di confinamento  $K_\sigma$**

- (1) Boulanger e Idriss, 2014 e (2) Juang et al., 2006:

$$K_\sigma = 1 - C_\sigma \cdot \ln\left(\frac{\sigma'_{vo}}{p_a}\right) \leq 1$$

dove  $C_\sigma$  si definisce come:

$$C_\sigma = \frac{1}{37.3 - 8.27 \cdot (q_{c1N})^{0.264}} \leq 0.3 \quad (\text{Boulanger e Idriss, 2004})$$

- (3) Robertson, 2009:

$$K_\sigma = \left(\frac{\sigma'_{vo}}{p_a}\right)^{(f-1)} \leq 1 \quad (\text{Hynes e Olsen, 1999})$$

con:

$$0.6 < f = 1 - 0.005 \cdot D_R(\%) < 0.8$$
$$(D_R)^2 = \frac{Q_n}{350}$$

---

➤ **Calcolo del fattore di riduzione della tensione  $r_d$**

- (1) Boulanger e Idriss, 2014 e (2) Juang et al., 2006:

$$r_d = \exp[\alpha(z) + \beta(z) \cdot M_w] \quad (\text{Golesorkhi, 1989})$$
$$\alpha(z) = -1.012 - 1.126 \cdot \text{sen}\left(\frac{z}{11.73} + 5.133\right)$$
$$\beta(z) = 0.106 + 0.118 \cdot \text{sen}\left(\frac{z}{11.28} + 5.142\right)$$

- (3) Robertson, 2009:

$$r_d = 1 - 0.00765 \cdot z \quad \text{se } z < 9.15m$$
$$r_d = 1.174 - 0.0267 \cdot z \quad \text{se } 9.15m \leq z < 23m$$
$$r_d = 0.744 - 0.008 \cdot z \quad \text{se } 23m \leq z \leq 30m$$
$$r_d = 0.5 \quad \text{se } z > 30m$$

(Seed e Idriss, 1971)

## 2.4 **Correzione dei risultati delle prove CPT meccaniche per l'utilizzo nei metodi per la stima del potenziale di liquefazione**

Sebbene anche in Italia l'utilizzo del penetrometro a punta elettrica sia andato progressivamente affermandosi negli ultimi anni, molte delle banche dati geotecniche esistenti contengono in prevalenza i risultati relativi a prove CPT di tipo meccanico e anche nel caso di studio in oggetto le CPTm costituiscono la quota più consistente della base-dati disponibile, come si evince dalla Figura 1.1.

Tuttavia le procedure semplificate per la valutazione del potenziale di liquefazione recentemente sviluppate, utilizzano i risultati di prove elettriche e si è osservato che l'applicazione di tali procedure alle prove meccaniche determina una sottostima del rischio associato alla liquefazione, conducendo quindi a risultati scarsamente cautelativi (Madiari et al., 2016; Facciorusso et al., 2017). Alla luce di queste considerazioni, si è ritenuto quindi opportuno applicare ai risultati relativi alle 209 CPTm esaminate la procedura esposta nel lavoro di Facciorusso et al. (2017), nel quale viene introdotta una correzione dei risultati delle CPTm che consente una valutazione più attendibile del potenziale di liquefazione. Per sviluppare tale procedura, è stata preventivamente condotta in alcuni siti del centro e del nord Italia una campagna di indagini geotecniche consistente nell'esecuzione di 44 coppie di prove CPTm e CPTe realizzate a breve distanza l'una dall'altra (1÷3m). Le misure ottenute dalle prove elettriche e meccaniche sono state analizzate criticamente, elaborate e confrontate con tecniche statistiche allo scopo di definire la procedura di trasformazione ottimale.

Confrontando le capacità predittive dei metodi più recenti per la stima del potenziale di liquefazione, condotta utilizzando un'ampia banca dati di terremoti storici, è emerso che i metodi più affidabili sono quelli proposti da Boulanger e Idriss (2014) (B&I) e Juang et al. (2006) (J&al); pertanto questi metodi sono stati scelti, insieme al metodo di Robertson (2009), per la stima dell'indice LPI. Essi differiscono principalmente per la correzione dei valori della resistenza penetrometrica formulata per tener conto della frazione fine, che introduce un coefficiente moltiplicativo nel metodo di Boulanger e Idriss (2014) ed un coefficiente additivo nel metodo di Juang et al. (2006). Per ciascuno dei due metodi, sono stati riportati in grafico i valori della resistenza penetrometrica di punta normalizzata e corretta per sabbia pulita ottenuti dalle 44 CPT, ponendo

---

in ascissa i valori ricavati dalle prove meccaniche e in ordinata quelli determinati dalle prove elettriche. Sono state infine individuate per i due metodi le equazioni di regressione seguenti:

$$(q_{c1N})_{cs,EL} = 0.0260 \cdot (q_{c1N})_{cs,MEC}^{1.5611} + 49.6590 \quad (B\&I)$$
$$R^2 = 0.8651$$

$$(q_{c1N})_{cs,EL} = 0.8714 \cdot (q_{c1N})_{cs,MEC} + 4.3138 \quad (J\&al)$$
$$R^2 = 0.8964$$

Queste relazioni possono essere utilizzate per calcolare tutte le grandezze che sono funzione di  $(q_{c1N})_{cs}$ , impiegando le formule dei metodi B&I e J&al riportate nel paragrafo 2.3.

Analogamente, riportando in ascissa i valori dell'indice di comportamento  $I_c$  da prove CPTm e in ordinata i valori di  $I_c$  da prove CPTe è stato possibile individuare l'equazione di regressione seguente:

$$I_{c,EL} = 0.9464 \cdot I_{c,MEC}$$
$$R^2 = 0.7829$$

Questa espressione viene adottata per la determinazione del valore di soglia corretto dell'indice  $I_c$ , valore limite oltre il quale il terreno è ritenuto non liquefacibile; per i metodi semplificati utilizzati nell'ambito del presente studio tale valore è assunto pari a 2.6.

Nel caso di studio in esame a tutte le prove meccaniche sono state applicate le correzioni sopra riportate relativamente ai metodi Boulanger e Idriss (2014) e Juang et al. (2006); a titolo di confronto sono stati determinati anche i valori di LPI ottenuti dalle prove CPTm senza l'applicazione di alcuna correzione delle grandezze  $I_c$  e  $(q_{c1N})_{cs}$ .

## 2.5 Risultati

I risultati ottenuti effettuando le verifiche di suscettibilità alla liquefazione in corrispondenza delle verticali di indagine sono riepilogati negli Allegati A e B, nei quali, per ciascuno dei cinque Comuni coinvolti nella modellazione, è riportata una scheda di sintesi.

Nelle schede riportate nell'Allegato A vengono indicati per ciascuna prova:

- il codice identificativo nella banca dati regionale;
- il tipo di indagine (CPTm, meccanica, oppure CPTe, elettrica);
- la quota di bocca foro (dove disponibile);
- la profondità raggiunta nel corso della prova (le prove che raggiungono profondità inferiori ai 10m sono evidenziate con asterisco);
- la profondità della falda,  $z_w$ .

Per ogni prova e per ciascuno dei metodi utilizzati, senza l'applicazione delle correzioni riportate nel par. 2.4 per le prove meccaniche ed i metodi Boulanger e Idriss (2014) e Juang et al. (2006), si indicano:

- i valori calcolati degli indici del potenziale di liquefazione LPI10 ed LPI20, ovvero i valori di LPI determinati imponendo  $z_{crit}$  rispettivamente pari a 10m e 20m;
- la classe di rischio calcolata con riferimento a LPI20, secondo la classificazione di Sonmez (2003) riportata nella Tabella 2.3;
- lo spessore dello strato non liquefacibile più superficiale, H1;
- la somma degli spessori degli strati liquefacibili (anche non contigui), H2.

Nelle schede di sintesi dell'Allegato B sono riportati, per le sole prove meccaniche, i valori di LPI10 ed LPI20 ottenuti con e senza l'applicazione della correzione delle grandezze  $(q_{c1N})_{cs}$  ed  $I_c$  descritta nel paragrafo 2.4 relativamente ai metodi di Boulanger e Idriss (2014) e Juang et al. (2006). Sono indicati inoltre, con riferimento ai metodi appena citati, i valori relativi al rapporto, R, e alla differenza relativa,  $\Delta_{REL}$ , tra i valori di LPI ottenuti con e senza applicazione delle formule di correzione, definiti come:

$$R10 = \frac{LPI10_{MEC}(non\ corretto)}{LPI10_{MEC}(corretto)}$$

$$\Delta10_{REL} = LPI10_{MEC}(corretto) - LPI10_{MEC}(non\ corretto)$$

$$R20 = \frac{LPI20_{MEC}(non\ corretto)}{LPI20_{MEC}(corretto)}$$

$$\Delta20_{REL} = LPI20_{MEC}(corretto) - LPI20_{MEC}(non\ corretto)$$

I risultati del metodo di Boulanger e Idriss (2014) riportati nell'Allegato B, si riferiscono ad un valore del parametro di adattamento CFC pari a 0; tale valore è assunto come riferimento in assenza di determinazioni sperimentali specifiche relative al contenuto di fine. Questa assunzione non conduce necessariamente ad una stima cautelativa dei parametri LPI10 e LPI20; pertanto, per una determinazione più affidabile di questi parametri, sarebbe opportuno che venisse sempre effettuata una valutazione diretta del contenuto di fine.

## 2.6 Osservazioni conclusive

La distribuzione ottenuta per le diverse classi di rischio di liquefazione calcolate nei cinque Comuni del Mugello oggetto del presente studio utilizzando i metodi proposti da Boulanger e Idriss (2014), Juang et al. (2006) e Robertson (2009), è riassunta negli istogrammi delle Figure da 2.3 a 2.5.

Per quanto riguarda i metodi di Boulanger e Idriss (2014) e Juang et al. (2006) sono stati riportati negli istogrammi, posti rispettivamente nella parte alta e nella parte bassa delle figure, i risultati ottenuti senza e con l'applicazione della correzione delle grandezze  $(q_{c1N})_{cs}$  ed  $I_c$  descritta nel paragrafo 2.4.

La mappatura dei risultati ottenuti consentirà di differenziare le diverse classi di rischio di liquefazione per verticale e/o per area.

### Metodo di Boulanger e Idriss (2014)

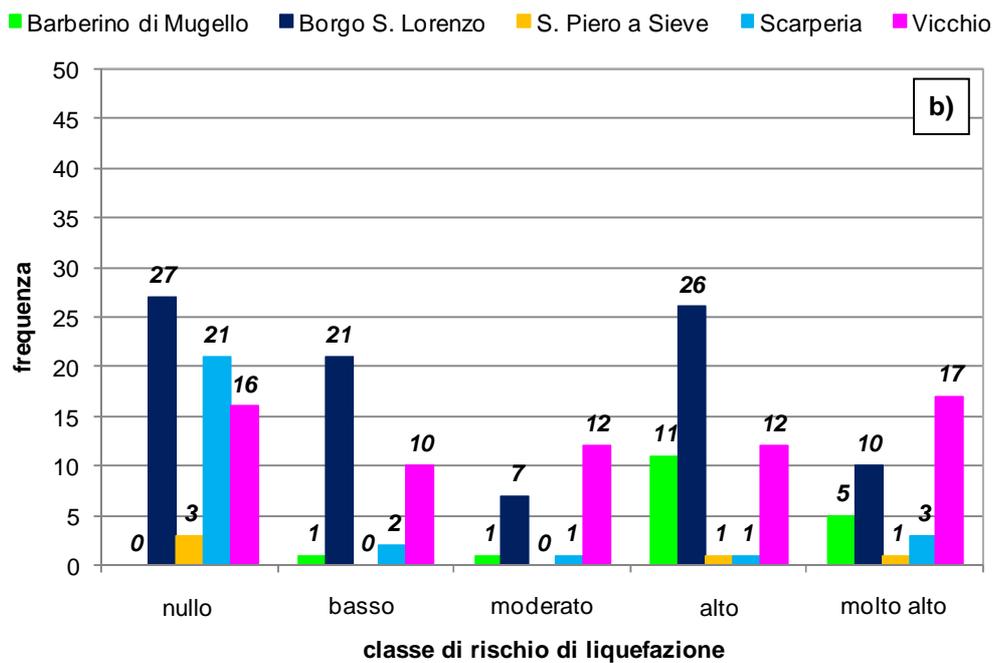
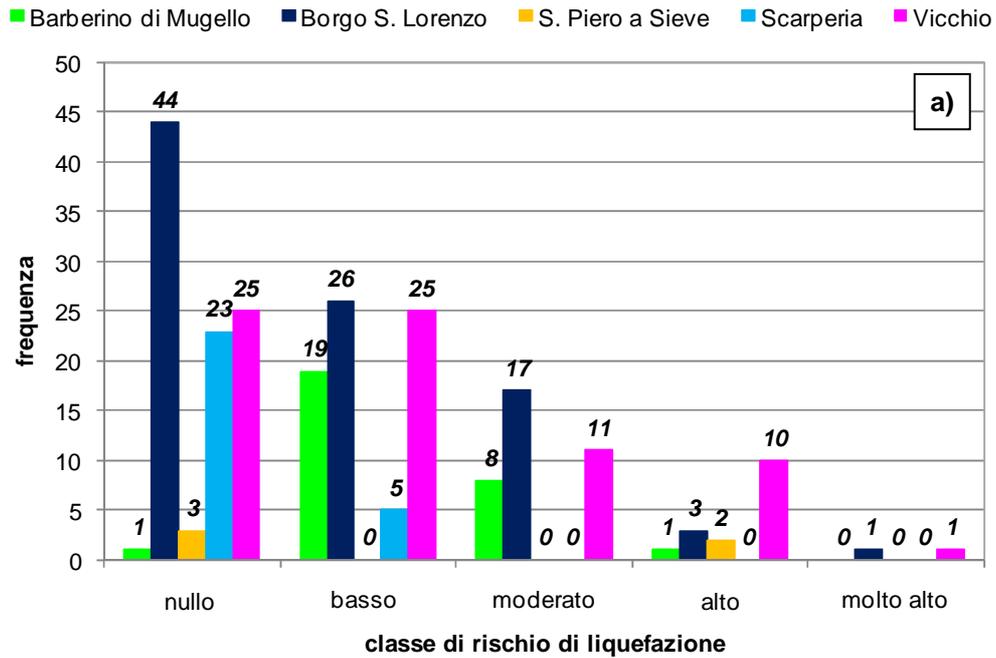


Figura 2.3: Distribuzione delle classi di rischio di liquefazione nei cinque Comuni del Mugello ottenuta col metodo di Boulanger e Idriss (2014) senza l'applicazione della correzione delle grandezze  $(q_{c1N})_{cs}$  ed  $I_c$  (a) e con l'applicazione della correzione (b).

### Metodo di Juang et al. (2006)

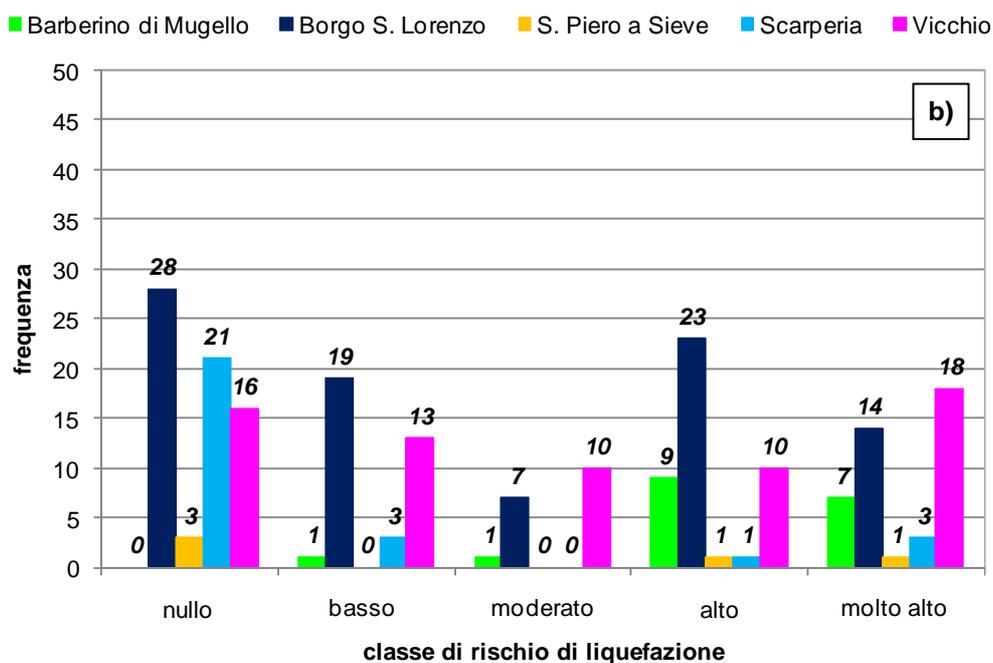
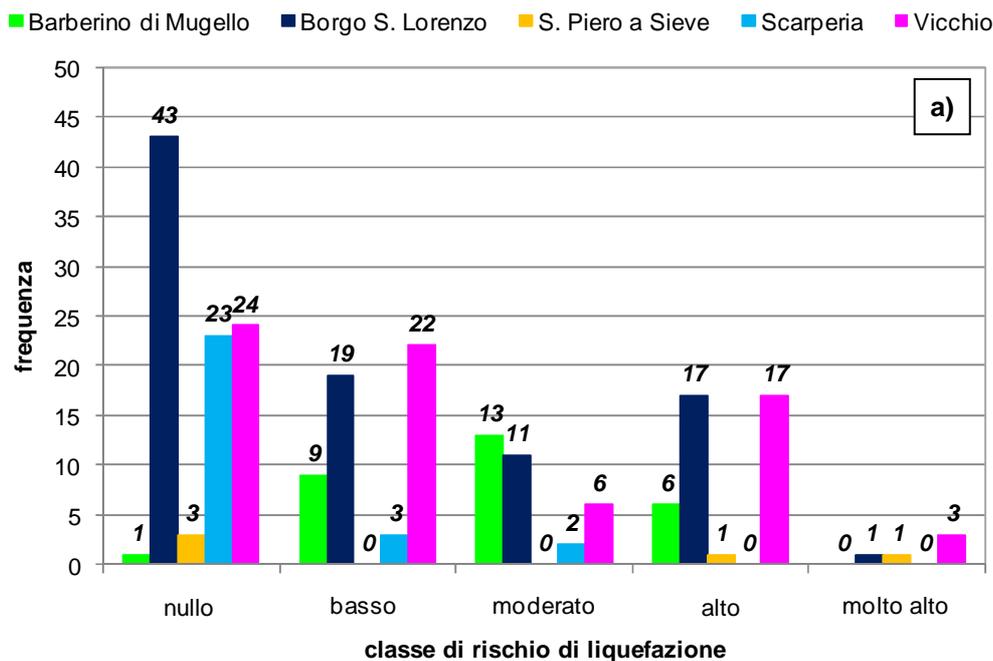
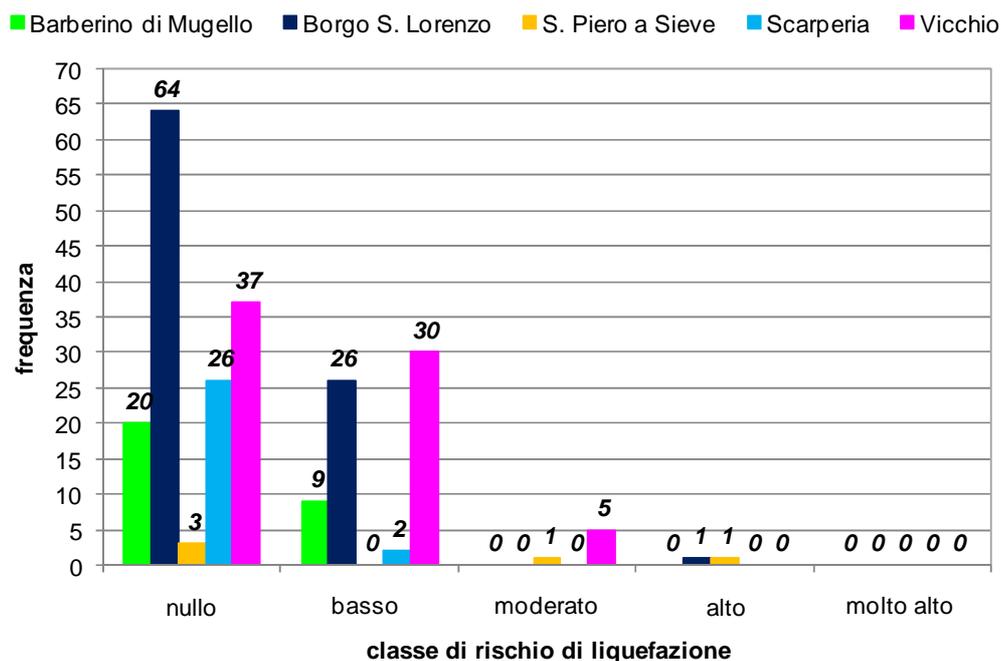


Figura 2.4: Distribuzione delle classi di rischio di liquefazione nei cinque Comuni del Mugello ottenuta col metodo di Juang et al. (2006) senza l'applicazione della correzione delle grandezze  $(q_{c1N})_{cs}$  ed  $I_c$  (a) e con l'applicazione della correzione (b).

### Metodo di Robertson (2009)



*Figura 2.5: Distribuzione delle classi di rischio di liquefazione nei cinque Comuni del Mugello ottenuta col metodo di Robertson (2009).*

Dal confronto degli istogrammi relativi ai risultati ottenuti senza applicazione delle formule di correzione si osserva che con il metodo di Robertson (2009) la quasi totalità delle verticali ricade nelle classi di rischio nullo o basso (Figura 2.5), mentre i metodi di Boulanger e Idriss (2014) e Juang et al. (2006) forniscono risultati molto simili tra loro (Figure 2.3 e 2.4), con una percentuale significativa di verticali (pari al 25÷35% del totale) con rischio da moderato a molto alto per i Comuni di Borgo San Lorenzo e Vicchio, dove il numero di verticali analizzate è molto elevato. Il confronto degli istogrammi relativi ai risultati ottenuti con l'applicazione delle formule di correzione (Figure 2.3b e 2.4b), evidenzia un accordo ancora migliore tra i metodi di Boulanger e Idriss (2014) e Juang et al. (2006), con una distribuzione pressoché identica all'interno delle diverse classi di rischio, per tutti e cinque i Comuni esaminati. Dal confronto con le distribuzioni ottenute in assenza di correzione si osserva un significativo incremento della numerosità all'interno delle classi di rischio alto e molto alto, con una corrispondente riduzione delle tre classi da nullo a moderato, per i Comuni di Barberino, Borgo San Lorenzo e Vicchio, mentre non si osservano significative variazioni per i Comuni di Scarperia e San Piero a Sieve (anche se per quest'ultimo va rilevata la poco significativa numerosità di prove analizzate).

Esaminando i valori riportati nelle schede degli allegati A e B, si osserva che alcune verticali di indagine presentano valori bassi, talvolta nulli, in corrispondenza degli indici LPI10 ed LPI20. È da precisare tuttavia che, nel caso in cui la profondità raggiunta nel corso della prova risulti inferiore alla profondità critica assunta per il calcolo di LPI (rispettivamente 10m per il calcolo di LPI10 e 20m per il calcolo di LPI20), l'indice del potenziale di liquefazione determinato per la verticale corrispondente potrebbe essere sottostimato, a causa della mancanza di informazioni alle profondità maggiori. In questi casi quindi il valore di LPI calcolato costituisce un limite inferiore; se infatti fossero presenti degli strati di terreno liquefacibili nel tratto compreso

---

tra la profondità massima raggiunta dalla prova CPT e la  $z_{crit}$ , essi non sarebbero rilevati, né contribuirebbero al calcolo dell'indice del potenziale di liquefazione. Considerato, come già detto, che i fenomeni di liquefazione avvengono in genere entro i primi 10-15m, il problema diventa ancora più rilevante per le prove in corrispondenza delle quali la profondità massima raggiunta risulta inferiore a 10m e che, per tale ragione, nelle schede di sintesi riportate negli Allegati A e B, sono evidenziate con un asterisco. Sulla base di quanto osservato, sarebbe opportuno programmare, specie in corrispondenza di tali siti, indagini che, compatibilmente con la natura del terreno, raggiungessero profondità almeno pari a 20m dal piano campagna. Se possibile, questa indicazione di massima dovrebbe essere presa in considerazione per tutta l'area interessata dallo studio descritto nella presente relazione, dove di fatto nessuna delle indagini CPT fornite raggiunge i 20m di profondità, soprattutto in corrispondenza delle verticali che presentano un rischio di liquefazione basso o nullo; l'informazione incompleta infatti non consente in questi casi di esprimere un giudizio affidabile.

Per ciascuno dei cinque Comuni indagati, sono stati rappresentati nelle Figure da 2.6 a 2.10 limitatamente all'indice LPI20 (ritenuto più significativo rispetto ad LPI10), i valori stimati in corrispondenza di ciascuna verticale di prova mediante i metodi descritti nei paragrafi 2.3 e 2.4.

In particolare sono stati rappresentati con simboli pieni i valori ottenuti con il metodo di Robertson (2009) e con i metodi di Boulanger e Idriss (2014) e Juang et al. (2006) senza la correzione introdotta per le grandezze  $(q_{c1N})_{cs}$  e  $I_c$ ; con simboli vuoti sono stati indicati i valori ottenuti con i metodi di Boulanger e Idriss (2014) e Juang et al. (2006) con la correzione delle grandezze  $(q_{c1N})_{cs}$  e  $I_c$ . La scala delle ordinate è stata tagliata in corrispondenza di LPI20 = 30, segnalando opportunamente le prove per cui sono stati ricavati valori di LPI20 maggiori di 30.

Come si può osservare, in accordo con quanto già evidenziato confrontando gli istogrammi delle Figure 2.3a, 2.4a e 2.5, le maggiori differenze, per la maggior parte delle verticali esaminate, sussistono tra il metodo di Robertson (2009) da una parte e i metodi di Boulanger e Idriss (2014) e Juang et al. (2006) dall'altra. Si ritiene che le maggiori differenze, per alcune verticali riscontrate anche tra tutti i tre metodi utilizzati, siano imputabili principalmente alle differenti formule utilizzate per trasformare la resistenza di punta misurata e normalizzata,  $q_{c1N}$ , nella resistenza equivalente per sabbie pulite,  $(q_{c1N})_{cs}$ . Inoltre, i fattori correttivi  $\Delta q_{c1N}$  (o  $K_{cs}$ ), che compaiono nelle suddette formule, sono in genere espressi in funzione del contenuto di fine, FC, o dell'indice di plasticità della frazione fine, PI, che nel caso frequente in cui siano disponibili solo misure CPT, non sono misurati direttamente, bensì stimati attraverso correlazioni empiriche che rappresentano un'ulteriore fonte di incertezza. Le differenze possono risultare particolarmente marcate anche a causa della litologia specifica dei materiali presenti in alcune delle verticali indagate, che, per buona parte della profondità investigata, oscilla intorno al valore limite discriminante tra terreni suscettibili e non suscettibili di liquefazione ( $I_c = 2.6$ ). In questi casi sarebbe opportuno effettuare misure dirette del contenuto di fine, sulla base delle quali ridefinire i coefficienti correttivi adottati per determinare la resistenza equivalente per sabbie pulite o escludere direttamente dal calcolo gli strati con valori elevati di FC (ad es. FC > 65%).

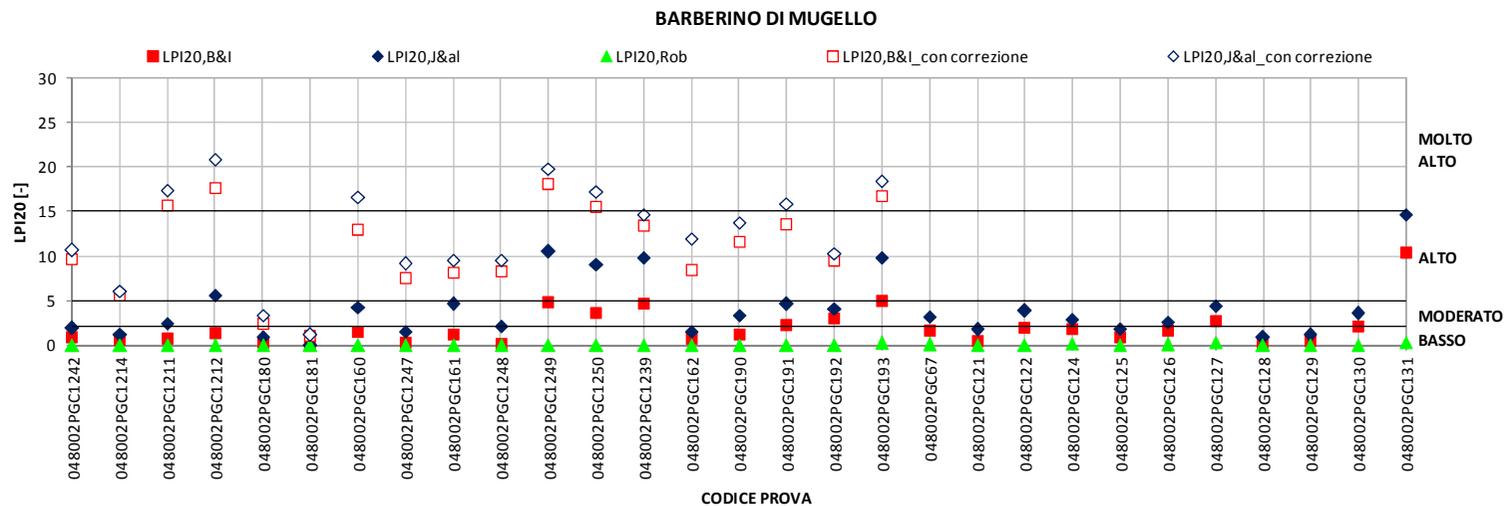


Figura 2.6: Valori di LPI20 ottenuti per le prove ricadenti all'interno del Comune di Barberino di Mugello con il metodo di Robertson (2009) e con i metodi di Boulanger e Idriss (2014) e Juang et al. (2006), con e senza correzione delle grandezze  $(q_{c1N})_{cs}$  e  $I_c$ .

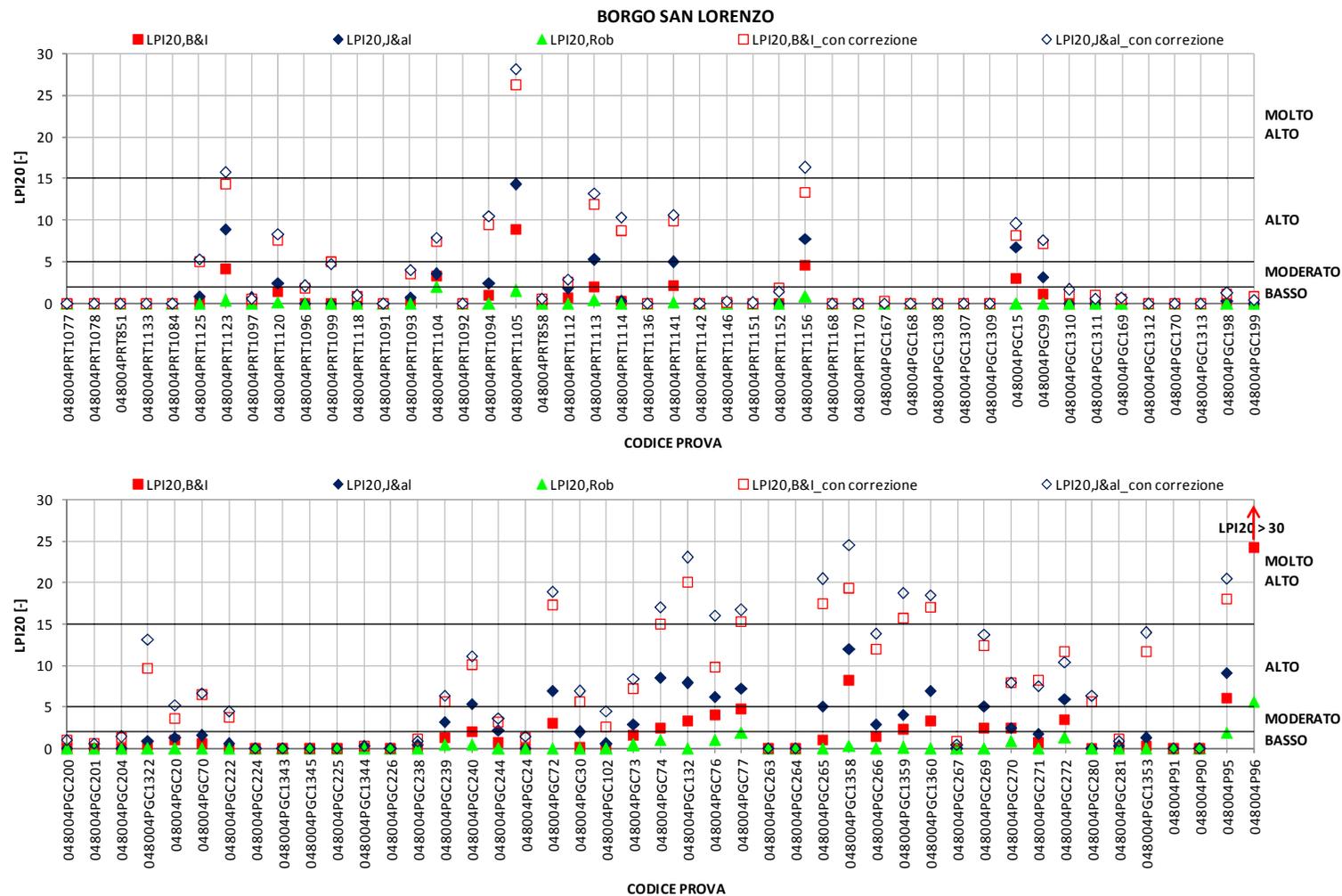


Figura 2.7: Valori di LPI20 ottenuti per le prove ricadenti all'interno del Comune di Borgo San Lorenzo con il metodo di Robertson (2009) e con i metodi di Boulanger e Idriss (2014) e Juang et al. (2006), con e senza correzione delle grandezze  $(q_{c1N})_{cs}$  e  $I_c$ .

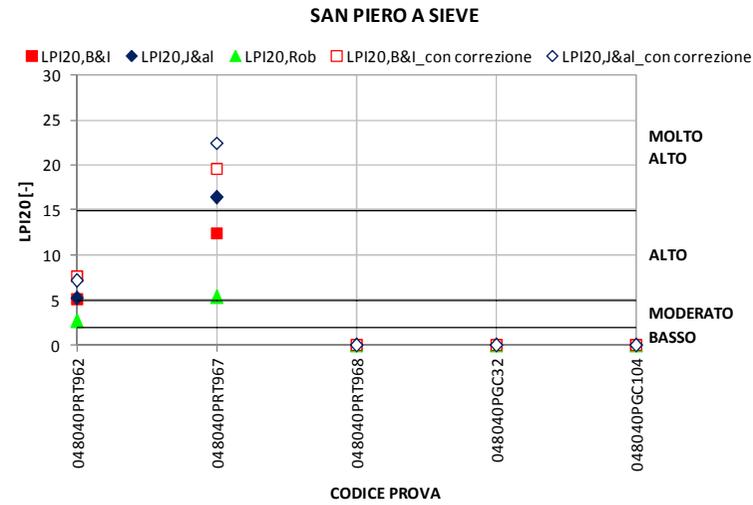


Figura 2.8: Valori di LPI20 ottenuti per le prove ricadenti all'interno del Comune di San Piero a Sieve con il metodo di Robertson (2009) e con i metodi di Boulanger e Idriss (2014) e Juang et al. (2006), con e senza correzione delle grandezze  $(q_{c1N})_{cs}$  e  $I_c$ .

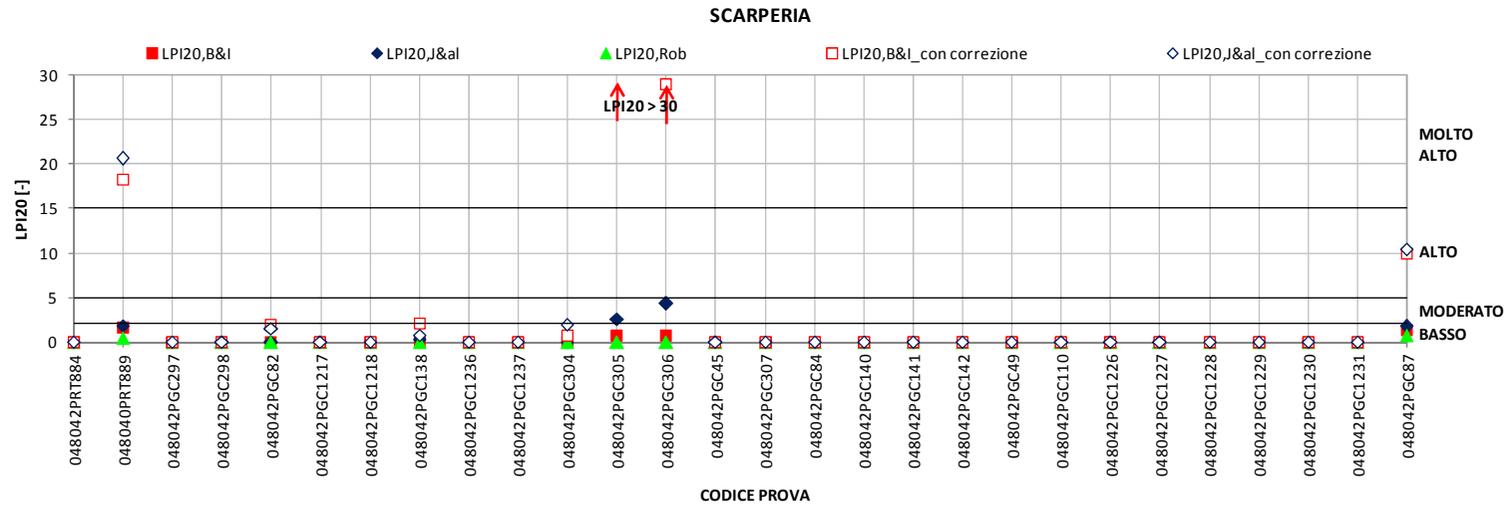


Figura 2.9: Valori di LPI20 ottenuti per le prove ricadenti all'interno del Comune di Scarperia con il metodo di Robertson (2009) e con i metodi di Boulanger e Idriss (2014) e Juang et al. (2006), con e senza correzione delle grandezze  $(q_{c1N})_{cs}$  e  $I_c$ .

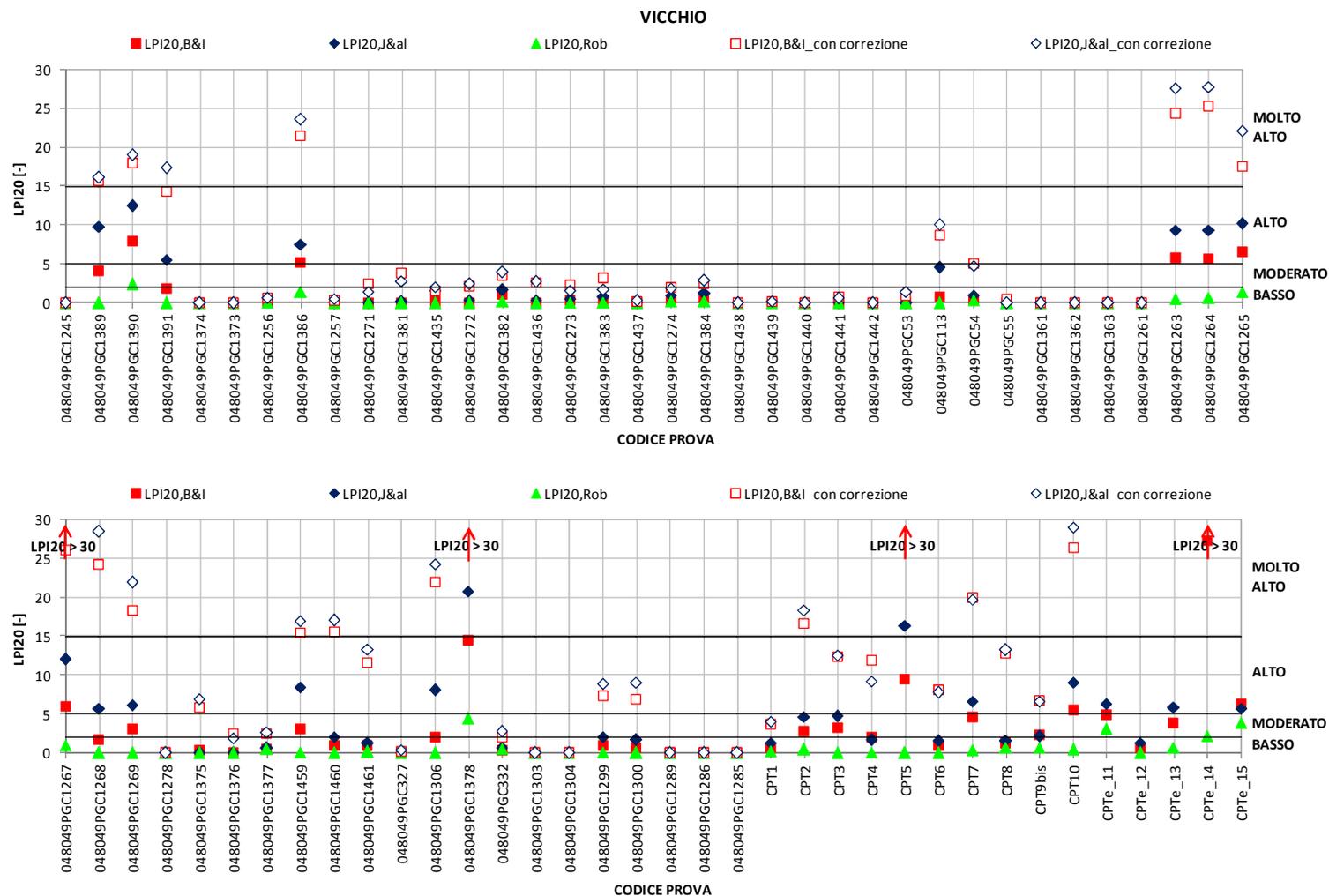


Figura 2.10: Valori di LPI20 ottenuti per le prove ricadenti all'interno del Comune di Vicchio con il metodo di Robertson (2009) e con i metodi di Boulanger e Idriss (2014) e Juang et al. (2006), con e senza correzione delle grandezze  $(q_{c1N})_{cs}$  e  $I_c$ .

---

Come risulta evidente sia dagli istogrammi delle Figure 2.3b e 2.4b, sia dalle Figure da 2.6 a 2.10, l'applicazione della correzione descritta nel paragrafo 2.4 comporta per la maggior parte delle prove un incremento del valore stimato di LPI20, che in molti casi determina anche il passaggio ad una classe di rischio più elevata. Questo è sintetizzato in modo particolarmente efficace nelle Figure da 2.11 a 2.15, nelle quali, per ciascuno dei cinque Comuni di indagine, sono stati rappresentati in grafico i valori di LPI20 ottenuti con i metodi di Boulanger e Idriss (2014) e di Juang et al. (2006) con e senza la correzione delle grandezze  $(q_{c1N})_{cs}$  e  $I_c$ . Per ciascuna delle prove meccaniche analizzate sono stati riportati in ordinata i valori corretti e in ascissa i valori non corretti, ottenuti con ciascuno dei due metodi. Rispetto alla posizione della bisettrice (che rappresenta la condizione di uguaglianza tra valori ottenuti con e senza correzione), si osserva che sia i valori di LPI20 stimati col metodo di Boulanger e Idriss (indicati con il simbolo rosso) sia quelli stimati col metodo di Juang et al. (rappresentati con il simbolo blu), si dispongono tutti nello spazio superiore del grafico, ovvero che tutti i valori di LPI20 calcolati con l'applicazione delle formule di correzione risultano superiori a quelli ottenuti senza la correzione di  $(q_{c1N})_{cs}$  ed  $I_c$ . Nelle stesse Figure da 2.11 a 2.15, all'interno delle aree di forma quadrata campite con diversi colori, ricadono i casi in cui viene mantenuta l'appartenenza alla stessa classe di rischio per LPI20 con e senza correzione. Come si può osservare, solo eccezionalmente i punti ricadono in queste aree, evidenziando che, applicando la procedura di correzione, si ha, non solo un aumento di LPI20, ma anche il passaggio ad una classe di rischio superiore.

In conclusione, le analisi condotte nell'ambito del presente studio confermano che i diversi metodi semplificati, basati sull'impiego di prove penetrometriche statiche per il calcolo del potenziale di liquefazione, possono fornire risultati sensibilmente diversi tra loro, soprattutto nei casi in cui sono presenti strati significativi di terreni "di transizione" (limi sabbiosi), per i quali è pertanto particolarmente raccomandato l'utilizzo di più metodi differenti in modo da poter valutare la dispersione dei risultati. Inoltre, essendo tutti i metodi proposti in letteratura basati sull'impiego di prove penetrometriche a punta elettrica, l'utilizzo di misure effettuate con penetrometro meccanico può condurre a risultati poco affidabili, con una sensibile sottostima del rischio di liquefazione. L'applicazione di una idonea procedura di correzione per adattare alcuni dei metodi più recenti alle misure ottenute con CPT meccaniche (Madiari et al., 2016; Facciorusso et al., 2017) può rappresentare un utile accorgimento ai fini dell'impiego di dati di prove esistenti; tuttavia, in fase di programmazione di nuove indagini, l'uso di penetrometri a punta meccanica è fortemente sconsigliato ed è invece opportuno prevedere l'esecuzione di prove elettriche, preferibilmente con misura delle pressioni interstiziali.

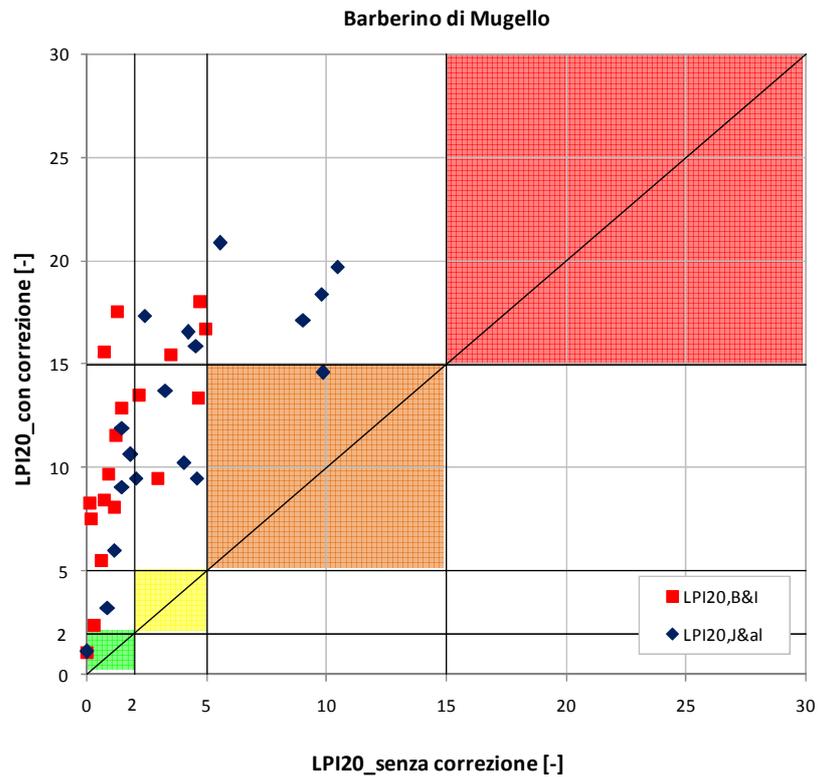


Figura 2.11: Confronto tra i valori di LPI20 ottenuti nel Comune di Barberino di Mugello con i metodi di Boulanger e Idriss (2014) e Juang et al. (2006), con e senza correzione delle grandezze  $(q_{c1N})_{cs}$  e  $I_c$ .

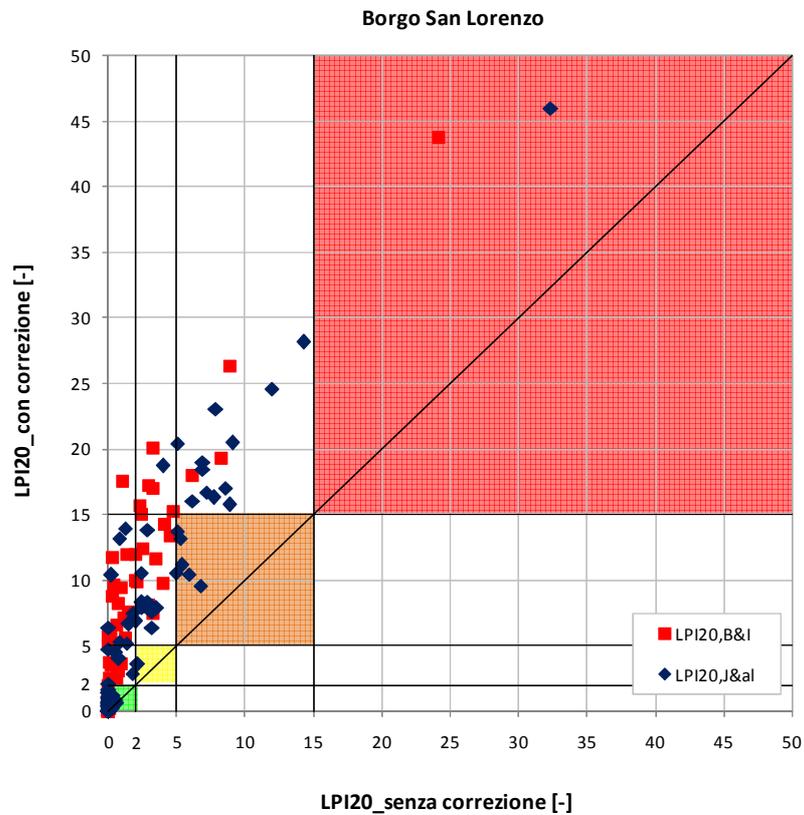


Figura 2.12: Confronto tra i valori di LPI20 ottenuti nel Comune di Borgo San Lorenzo con i metodi di Boulanger e Idriss (2014) e Juang et al. (2006), con e senza correzione delle grandezze  $(q_{c1N})_{cs}$  e  $I_c$ .

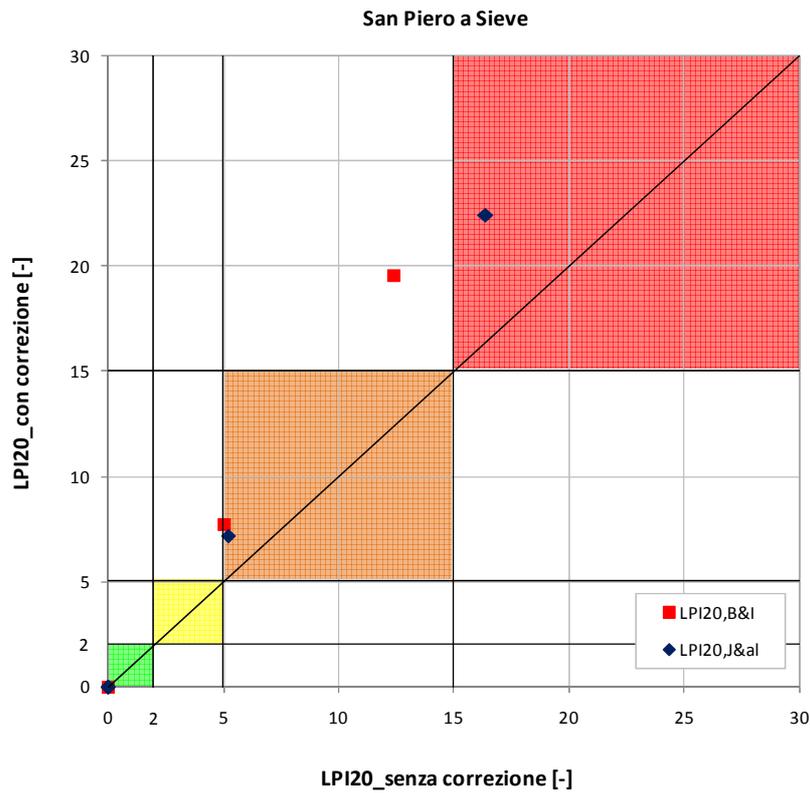


Figura 2.13: Confronto tra i valori di LPI20 ottenuti nel Comune di San Piero a Sieve con i metodi di Boulanger e Idriss (2014) e Juang et al. (2006), con e senza correzione delle grandezze  $(q_{c1N})_{CS}$  e  $I_c$ .

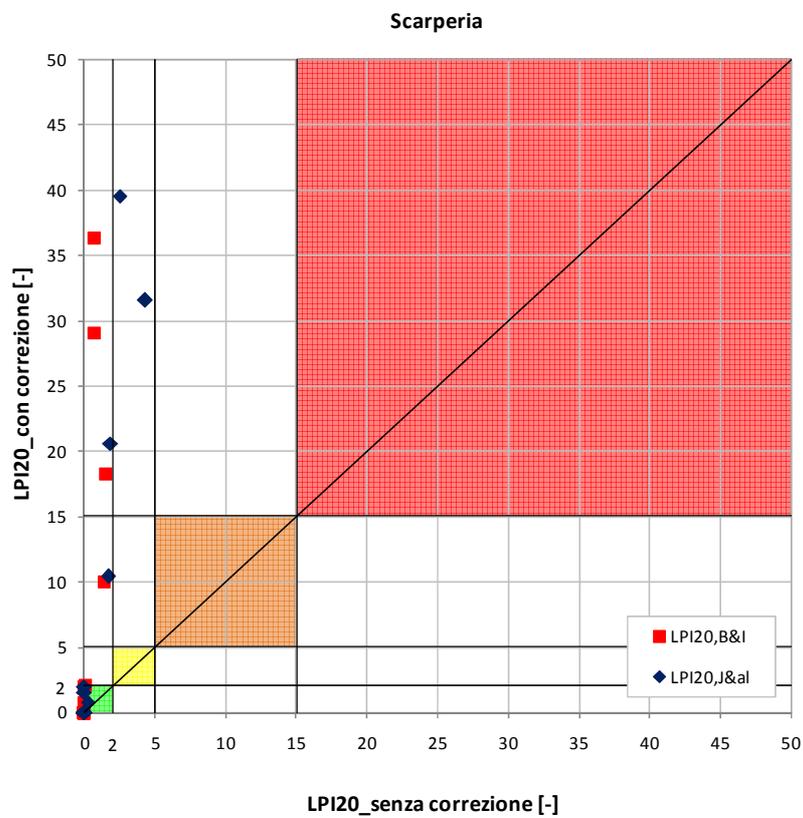


Figura 2.14: Confronto tra i valori di LPI20 ottenuti nel Comune di Scarperia con i metodi di Boulanger e Idriss (2014) e Juang et al. (2006), con e senza correzione delle grandezze  $(q_{c1N})_{CS}$  e  $I_c$ .

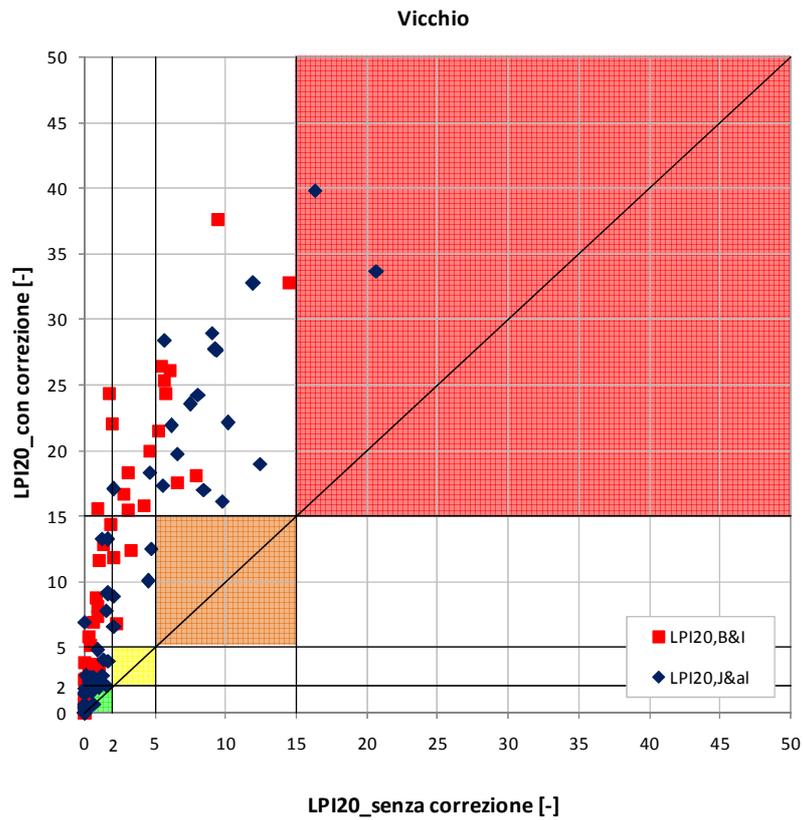


Figura 2.15: Confronto tra i valori di LPI20 ottenuti nel Comune di Vicchio con i metodi di Boulanger e Idriss (2014) e Juang et al. (2006), con e senza correzione delle grandezze  $(q_{c1N})_{cs}$  e  $I_c$ .

---

### 3 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- R.W. Boulanger, I.M. Idriss, 2004. *State normalization of penetration resistance and the effect of overburden stress on liquefaction resistance*. Proc., 11th International Conf. on Soil Dynamics and Earthquake Engineering and 3rd International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, Univ. of California, Berkeley, CA, 2004
- R.W. Boulanger, I.M. Idriss, 2014. *CPT and SPT based liquefaction triggering procedures*. Report No. UCD/CGM 14/01
- J. Facciorusso, C. Madiati, G. Vannucchi, 2017. *Correction to mechanical CPT results for use in liquefaction evaluation*. Bulletin of Earthquake Engineering, Springer DOI 10.1007/s10518-017-0093-y
- R. Goleosorkhi, 1989. *Factors influencing the computational determination of earthquake-induced shear stresses in sandy soils*. PhD Dissertation, University of California at Berkeley
- Gruppo di Lavoro MS, 2008. *Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica*, Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome - Dipartimento della Protezione Civile
- M.E. Hynes, R.S. Olsen, 1999. *Influence of confining stress on liquefaction resistance*. Proc. Int. Workshop on Phys. And Mech. of Soil Liquefaction, Balkema, Rotterdam, The Netherland, 145-152
- I.M. Idriss, 1995. *Seed Memorial Lecture, University of California at Berkeley, reported in Youd et al., 2001*
- I.M. Idriss, 1999. *An update to the Seed-Idriss simplified procedure for evaluating liquefaction potential*. Proc. TRB Workshop on new approaches to liquefaction, Publ. No FHWA-RD-99-165, Federal Highway Administration
- I.M. Idriss, R.W. Boulanger, 2008. *Soil liquefaction during earthquakes*. Monograph MNO-12, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA, 261 pp
- T. Iwasaki, K. Tokida, F. Tatsuoka, S. Watanabe, S. Yasuda, H. Sato, 1982. *Microzonation for soil liquefaction potential using simplified methods vol 3*. Proc. of the 3rd Int. Conf. on Microzonation, Seattle, 1319-1330
- C.H. Juang, S.Y. Fang, E.H. Khor, 2006. *First-order reliability method for probabilistic liquefaction triggering analysis using CPT*. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE 132(3), 337-350
- Ministero delle Infrastrutture, 2008. *D.M. 14/01/2008, Norme Tecniche per le Costruzioni*
- Ministero delle Infrastrutture, 2009. *Circolare 2 febbraio 2009, n. 617, Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al DM 14/01/2008*
- A. Özocak, S. Sert, 2010. *Evaluation of liquefaction risk by a revised LPI approach*. Proc. of the 2nd Int. Symp. on Cone Penetration Testing, Huntington Beach, CA, USA, May 2010
- P.K. Robertson, 1990. *Soil classification using the cone penetration test*. Canadian Geotechnical Journal, 27(1):151-158
- P.K. Robertson, 2009. *Interpretation of cone penetration tests - a unified approach*. Canadian Geotechnical Journal, 46(11), 1337-1355

- 
- P.K. Robertson, 2009. *Performance based earthquake design using the CPT*. Proceedings, IS-Tokio 2009, June 2009, Tokio, Japan, pp. 3-20
  - P.K., Robertson, 2010a. *Soil behaviour type from the CPT: an update*. 2<sup>nd</sup> International Symposium on Cone Penetration Testing, CPT'10, Huntington Beach, CA, USA
  - P.K. Robertson, K.L. Cabal, 2014. *Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering*
  - H. B. Seed, I. M. Idriss, 1971. *Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential*. ASCE, J. Soil Mech. Found. Div. 97(9), 1249-1273
  - H. Sonmez, 2003. *Modification to the liquefaction potential index and liquefaction susceptibility mapping for a liquefaction-prone area (Inegol-Turkey)*. Environ. Geology 44(7), 862-871
  - S. Toprak, T. Holzer, 2003. *Liquefaction Potential Index: Field Assessment*. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 129(4), 315–322

**ALLEGATO A: VALORI OTTENUTI SENZA L'APPLICAZIONE DELLA CORREZIONE DELLE GRANDEZZE ( $q_{c1N}$ )<sub>cs</sub> ED  $I_c$**

**A.1 SCHEDA 1: BARBERINO DI MUGELLO ( $a_{max} = 0.277g$ ;  $M_w = 6.6$ )**

ID_SPU	tipo indagine	quota [m s.l.m.]	profondità raggiunta [m]	profondità falda dal P.C. [m]	metodo	LPI10 [-]	LPI20 [-]	classe di rischio	H1 [m]	H2 [m]
048002PGC1242	CPTm	-	11.4	2.1	Boulanger e Idriss (2014)	0.71	0.93	basso	4.00	0.80
					Juang et al. (2006)	1.49	1.85	basso	4.00	0.80
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	11.40	0.00
(*) 048002PGC1214	CPTm	286.2	8.0	2.2	Boulanger e Idriss (2014)	0.56	0.59	basso	6.60	0.40
					Juang et al. (2006)	1.11	1.16	basso	6.20	0.60
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	8.00	0.00
048002PGC1211	CPTm	310.6	9.8	2.2	Boulanger e Idriss (2014)	0.36	0.71	basso	5.80	0.60
					Juang et al. (2006)	2.04	2.43	moderato	4.40	1.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048002PGC1212	CPTm	310.6	9.8	2.3	Boulanger e Idriss (2014)	0.97	1.28	basso	3.00	1.80
					Juang et al. (2006)	5.93	5.55	alto	3.00	3.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048002PGC180	CPTm	266.7	12.0	3.4	Boulanger e Idriss (2014)	0.39	0.30	basso	3.60	0.40
					Juang et al. (2006)	0.87	0.86	basso	3.60	0.60
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	12.00	0.00
(*) 048002PGC181	CPTm	268.2	8.0	3.5	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	8.00	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	8.00	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	8.00	0.00
048002PGC160	CPTm	291.1	9.8	1.0	Boulanger e Idriss (2014)	2.05	1.46	basso	2.80	1.00
					Juang et al. (2006)	5.39	4.21	moderato	2.80	1.60
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048002PGC1247	CPTm	-	9.8	3.6	Boulanger e Idriss (2014)	0.14	0.19	basso	4.20	1.00
					Juang et al. (2006)	1.38	1.47	basso	4.20	1.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00

SCHEDA 1: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	tipo indagine	quota [m s.l.m.]	profondità raggiunta [m]	profondità falda dal P.C. [m]	metodo	LPI10 [-]	LPI20 [-]	classe di rischio	H1 [m]	H2 [m]
048002PGC161	CPTm	290.6	9.8	3.5	Boulanger e Idriss (2014)	1.13	1.16	basso	3.60	2.60
					Juang et al. (2006)	5.30	4.57	moderato	3.60	3.20
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
(*) 048002PGC1248	CPTm	-	8.4	4.0	Boulanger e Idriss (2014)	0.13	0.13	basso	5.20	1.40
					Juang et al. (2006)	2.03	2.05	moderato	5.20	1.40
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	8.40	0.00
(*) 048002PGC1249	CPTm	-	9.4	2.0	Boulanger e Idriss (2014)	4.22	4.73	moderato	2.80	3.80
					Juang et al. (2006)	10.26	10.46	alto	2.80	4.20
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00
(*) 048002PGC1250	CPTm	-	9.4	3.0	Boulanger e Idriss (2014)	3.02	3.51	moderato	3.20	3.60
					Juang et al. (2006)	8.75	9.03	alto	3.00	4.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00
(*) 048002PGC1239	CPTm	274.1	9.6	3.4	Boulanger e Idriss (2014)	5.44	4.66	moderato	3.40	3.80
					Juang et al. (2006)	11.49	9.84	alto	3.40	4.20
					Robertson (2009)	0.00	0.00	basso	9.60	0.00
(*) 048002PGC162	CPTm	276.0	9.0	1.0	Boulanger e Idriss (2014)	0.62	0.75	basso	6.20	0.60
					Juang et al. (2006)	1.23	1.48	basso	6.00	0.80
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.00	0.00
048002PGC190	CPTm	281.2	10.0	1.2	Boulanger e Idriss (2014)	1.51	1.19	basso	3.80	0.80
					Juang et al. (2006)	4.00	3.28	moderato	3.40	1.80
					Robertson (2009)	0.04	0.03	basso	4.20	0.20
048002PGC191	CPTm	284.8	12.0	1.2	Boulanger e Idriss (2014)	3.20	2.19	moderato	1.40	1.40
					Juang et al. (2006)	6.01	4.57	moderato	1.40	4.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	12.00	0.00
048002PGC192	CPTm	288.7	13.0	1.2	Boulanger e Idriss (2014)	1.77	2.95	moderato	3.20	1.60
					Juang et al. (2006)	2.49	4.05	moderato	1.40	2.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	basso	13.00	0.00
048002PGC193	CPTm	287.6	15.0	1.2	Boulanger e Idriss (2014)	1.92	4.96	moderato	1.80	4.00
					Juang et al. (2006)	5.04	9.80	alto	1.40	5.80
					Robertson (2009)	0.19	0.22	basso	6.20	0.80

SCHEDA 1: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	tipo indagine	quota [m s.l.m.]	profondità raggiunta [m]	profondità falda dal P.C. [m]	metodo	LPI10 [-]	LPI20 [-]	classe di rischio	H1 [m]	H2 [m]
048002PGC67	CPTe	269.4	14.0	2.1	Boulanger e Idriss (2014)	1.16	1.58	basso	3.85	1.20
					Juang et al. (2006)	2.74	3.13	moderato	3.85	1.45
					Robertson (2009)	0.03	0.04	basso	7.70	0.10
048002PGC121	CPTe	269.0	14.0	1.5	Boulanger e Idriss (2014)	0.49	0.47	basso	3.85	0.75
					Juang et al. (2006)	2.07	1.70	basso	3.80	0.90
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	14.00	0.00
048002PGC122	CPTe	269.5	14.0	1.5	Boulanger e Idriss (2014)	2.03	1.86	basso	3.05	1.10
					Juang et al. (2006)	4.65	3.81	moderato	3.05	1.35
					Robertson (2009)	0.02	0.01	basso	3.05	0.10
048002PGC124	CPTe	271.2	14.0	1.5	Boulanger e Idriss (2014)	0.91	1.82	basso	5.60	1.00
					Juang et al. (2006)	1.77	2.85	moderato	4.05	1.05
					Robertson (2009)	0.11	0.15	basso	5.60	0.15
048002PGC125	CPTe	271.3	14.1	1.5	Boulanger e Idriss (2014)	0.82	0.86	basso	3.75	0.60
					Juang et al. (2006)	1.93	1.78	basso	3.75	0.65
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	14.10	0.00
048002PGC126	CPTe	269.8	15.0	1.5	Boulanger e Idriss (2014)	0.36	1.61	basso	6.75	1.05
					Juang et al. (2006)	0.63	2.57	moderato	6.75	1.15
					Robertson (2009)	0.01	0.04	basso	9.35	0.05
048002PGC127	CPTe	268.9	17.1	1.5	Boulanger e Idriss (2014)	2.35	2.72	moderato	3.40	1.50
					Juang et al. (2006)	3.54	4.37	moderato	3.40	2.40
					Robertson (2009)	0.49	0.33	basso	3.40	0.45
048002PGC128	CPTe	268.7	14.0	1.5	Boulanger e Idriss (2014)	0.08	0.09	basso	3.30	0.15
					Juang et al. (2006)	0.98	0.81	basso	3.30	0.40
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	14.00	0.00
048002PGC129	CPTe	268.4	14.1	1.5	Boulanger e Idriss (2014)	0.14	0.38	basso	5.60	0.40
					Juang et al. (2006)	0.78	1.09	basso	5.55	0.75
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	14.05	0.00
048002PGC130	CPTe	272.7	15.0	1.5	Boulanger e Idriss (2014)	0.91	2.09	moderato	2.25	1.25
					Juang et al. (2006)	1.83	3.50	moderato	2.25	1.40
					Robertson (2009)	0.00	0.03	basso	10.20	0.20

SCHEDA 1: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	tipo indagine	quota [m s.l.m.]	profondità raggiunta [m]	profondità falda dal P.C. [m]	metodo	LPI10 [-]	LPI20 [-]	classe di rischio	H1 [m]	H2 [m]
					Boulangier e Idriss (2014)	14.77	10.34	alto	1.80	3.70
(*) 048002PGC131	CPTe	269.2	8.0	1.5	Juang et al. (2006)	20.95	14.63	alto	1.80	3.85
					Robertson (2009)	0.39	0.28	basso	3.15	2.20

N. B. Il simbolo (\*) identificale prove che raggiungono profondità inferiori ai 10m.

## A.2 SCHEDA 2: BORGO SAN LORENZO ( $a_{max} = 0.278g$ ; $M_w = 6.6$ )

ID_SPU	tipo indagine	quota [m s.l.m.]	profondità raggiunta [m]	profondità falda dal P.C. [m]	metodo	LPI10 [-]	LPI20 [-]	classe di rischio	H1 [m]	H2 [m]
(*) 048004PRT1077	CPTm	292.6	8.2	17.0	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	8.20	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	8.20	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	8.20	0.00
(*) 048004PRT1078	CPTm	294.5	8.0	16.0	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	8.00	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	8.00	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	8.00	0.00
(*) 048004PRT851	CPTm	281.6	9.0	12.2	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.00	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.00	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.00	0.00
(*) 048004PRT1133	CPTm	255.7	8.0	26.0	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	8.00	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	8.00	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	8.00	0.00
048004PRT1084	CPTm	240.0	9.8	22.0	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
(*) 048004PRT1125	CPTm	206.3	9.4	4.4	Boulanger e Idriss (2014)	0.18	0.15	basso	5.00	0.60
					Juang et al. (2006)	1.02	0.81	basso	5.00	0.60
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00
(*) 048004PRT1123	CPTm	199.3	9.6	0.8	Boulanger e Idriss (2014)	4.39	4.14	moderato	4.80	3.60
					Juang et al. (2006)	7.68	8.89	alto	4.80	3.80
					Robertson (2009)	0.45	0.37	basso	5.40	0.20
(*) 048004PRT1097	CPTm	203.1	9.4	7.9	Boulanger e Idriss (2014)	0.11	0.18	basso	8.00	0.40
					Juang et al. (2006)	0.36	0.62	basso	8.00	0.40
					Robertson (2009)	0.00	0.01	basso	8.00	0.20
048004PRT1120	CPTm	199.0	9.8	3.6	Boulanger e Idriss (2014)	1.48	1.44	basso	3.60	1.00
					Juang et al. (2006)	2.53	2.44	moderato	3.60	1.00
					Robertson (2009)	0.15	0.10	basso	3.80	0.40

SCHEDA 2: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	tipo indagine	quota [m s.l.m.]	profondità raggiunta [m]	profondità falda dal P.C. [m]	metodo	LPI10 [-]	LPI20 [-]	classe di rischio	H1 [m]	H2 [m]
(*) 048004PRT1096	CPTm	202.6	9.4	7.7	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00
(*) 048004PRT1099	CPTm	198.5	8.4	4.6	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	8.40	0.00
					Juang et al. (2006)	0.01	0.01	basso	5.60	0.20
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	8.40	0.00
048004PRT1118	CPTm	198.2	9.8	4.5	Boulanger e Idriss (2014)	0.12	0.15	basso	7.20	0.20
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048004PRT1091	CPTm	217.8	11.8	20.8	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	11.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	11.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	11.80	0.00
048004PRT1093	CPTm	202.4	10.4	3.7	Boulanger e Idriss (2014)	0.19	0.21	basso	5.80	0.40
					Juang et al. (2006)	0.51	0.75	basso	5.80	0.80
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00
048004PRT1104	CPTm	189.9	9.8	4.4	Boulanger e Idriss (2014)	1.94	3.21	moderato	4.40	1.80
					Juang et al. (2006)	1.99	3.48	moderato	4.40	4.40
					Robertson (2009)	0.96	1.99	basso	4.40	1.40
(*) 048004PRT1092	CPTm	207.1	9.4	11.0	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00
(*) 048004PRT1094	CPTm	200.0	9.4	4.6	Boulanger e Idriss (2014)	0.60	0.95	basso	4.80	1.80
					Juang et al. (2006)	1.88	2.40	moderato	4.80	1.60
					Robertson (2009)	0.00	0.00	basso	4.80	0.20
048004PRT1105	CPTm	190.2	10.0	0.7	Boulanger e Idriss (2014)	11.13	8.88	alto	0.80	4.40
					Juang et al. (2006)	19.27	14.26	alto	0.60	4.60
					Robertson (2009)	2.25	1.50	basso	2.60	0.80

SCHEDA 2: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	tipo indagine	quota [m s.l.m.]	profondità raggiunta [m]	profondità falda dal P.C. [m]	metodo	LPI10 [-]	LPI20 [-]	classe di rischio	H1 [m]	H2 [m]
048004PRT858	CPTm	191.7	10.2	5.5	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	10.20	0.00
					Juang et al. (2006)	0.01	0.01	basso	5.40	0.20
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	10.20	0.00
048004PRT1112	CPTm	194.1	9.8	6.8	Boulanger e Idriss (2014)	0.22	0.64	basso	8.20	1.00
					Juang et al. (2006)	0.62	1.78	basso	8.20	1.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048004PRT1113	CPTm	187.6	10.2	3.7	Boulanger e Idriss (2014)	1.81	2.02	moderato	3.80	3.00
					Juang et al. (2006)	4.55	5.23	alto	3.80	4.60
					Robertson (2009)	0.61	0.42	basso	4.00	0.20
(*) 048004PRT1114	CPTm	187.3	9.4	3.6	Boulanger e Idriss (2014)	0.20	0.32	basso	5.20	0.40
					Juang et al. (2006)	0.28	0.22	basso	3.60	1.60
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00
048004PRT1136	CPTm	219.7	10.0	11.0	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
(*) 048004PRT1141	CPTm	200.8	9.4	3.0	Boulanger e Idriss (2014)	1.83	2.13	moderato	2.80	2.20
					Juang et al. (2006)	4.84	4.94	moderato	2.80	2.80
					Robertson (2009)	0.18	0.18	basso	6.40	0.80
048004PRT1142	CPTm	206.0	9.8	13.2	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
(*) 048004PRT1146	CPTm	187.2	7.8	2.8	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	7.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	7.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	7.80	0.00
(*) 048004PRT1151	CPTm	195.0	7.8	6.2	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	7.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	7.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	7.80	0.00

SCHEDA 2: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	tipo indagine	quota [m s.l.m.]	profondità raggiunta [m]	profondità falda dal P.C. [m]	metodo	LPI10 [-]	LPI20 [-]	classe di rischio	H1 [m]	H2 [m]
048004PRT1152	CPTm	190.0	9.8	6.9	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
(*) 048004PRT1156	CPTm	184.3	9.2	0.7	Boulanger e Idriss (2014)	4.98	4.57	moderato	4.60	1.60
					Juang et al. (2006)	8.74	7.72	alto	4.40	2.00
					Robertson (2009)	1.08	0.90	basso	5.00	0.40
048004PRT1168	CPTm	288.2	9.8	24.5	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
(*) 048004PRT1170	CPTm	288.7	9.6	24.2	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
048004PGC167	CPTm	218.5	10.4	9.8	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00
(*) 048004PGC168	CPTm	215.3	8.4	8.3	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	8.40	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	8.40	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	8.40	0.00
048004PGC1308	CPTm	205.7	9.8	10.6	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048004PGC1307	CPTm	205.3	9.8	10.4	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048004PGC1309	CPTm	203.6	9.8	8.8	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00

SCHEDA 2: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	tipo indagine	quota [m s.l.m.]	profondità raggiunta [m]	profondità falda dal P.C. [m]	metodo	LPI10 [-]	LPI20 [-]	classe di rischio	H1 [m]	H2 [m]
048004PGC15	CPTm	186.9	9.8	2.8	Boulanger e Idriss (2014)	2.13	2.98	moderato	2.80	2.80
					Juang et al. (2006)	5.19	6.71	alto	2.80	3.00
					Robertson (2009)	0.03	0.02	basso	2.80	0.20
048004PGC99	CPTm	187.2	9.8	3.0	Boulanger e Idriss (2014)	0.48	1.15	basso	6.20	1.80
					Juang et al. (2006)	1.43	3.16	moderato	6.20	1.80
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048004PGC1310	CPTm	197.7	9.8	8.5	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048004PGC1311	CPTm	198.5	9.8	9.1	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048004PGC169	CPTm	220.0	10.0	9.5	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
048004PGC1312	CPTm	210.8	10.4	12.4	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00
(*) 048004PGC170	CPTm	220.0	9.6	10.4	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
048004PGC1313	CPTm	210.9	10.2	12.0	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	10.20	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	10.20	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	10.20	0.00
048004PGC198	CPTm	183.9	10.2	4.9	Boulanger e Idriss (2014)	0.07	0.06	basso	5.80	0.20
					Juang et al. (2006)	0.37	0.32	basso	5.80	0.20
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	10.20	0.00

SCHEDA 2: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	tipo indagine	quota [m s.l.m.]	profondità raggiunta [m]	profondità falda dal P.C. [m]	metodo	LPI10 [-]	LPI20 [-]	classe di rischio	H1 [m]	H2 [m]
048004PGC199	CPTm	183.6	9.8	4.6	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
(*) 048004PGC200	CPTm	183.9	9.4	4.9	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00
(*) 048004PGC201	CPTm	182.9	9.2	3.9	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.20	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.20	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.20	0.00
048004PGC204	CPTm	193.2	10.4	4.5	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00
(*) 048004PGC1322	CPTm	189.4	8.4	0.5	Boulanger e Idriss (2014)	0.72	0.38	basso	0.60	0.20
					Juang et al. (2006)	1.58	0.83	basso	0.60	0.20
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	8.40	0.00
048004PGC20	CPTm	186.5	9.8	3.5	Boulanger e Idriss (2014)	0.46	0.91	basso	7.40	0.80
					Juang et al. (2006)	0.77	1.33	basso	7.40	0.60
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048004PGC70	CPTm	186.5	9.8	2.9	Boulanger e Idriss (2014)	0.25	0.57	basso	6.20	1.20
					Juang et al. (2006)	0.61	1.49	basso	6.20	1.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
(*) 048004PGC222	CPTm	188.1	9.6	4.3	Boulanger e Idriss (2014)	0.02	0.02	basso	6.60	0.40
					Juang et al. (2006)	0.44	0.51	basso	6.40	1.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
048004PGC224	CPTm	277.5	13.8	15.6	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	13.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	13.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	13.80	0.00

SCHEDA 2: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	tipo indagine	quota [m s.l.m.]	profondità raggiunta [m]	profondità falda dal P.C. [m]	metodo	LPI10 [-]	LPI20 [-]	classe di rischio	H1 [m]	H2 [m]
048004PGC1343	CPTm	280.8	10.6	10.2	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	10.60	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	10.60	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	10.60	0.00
(*) 048004PGC1345	CPTm	290.0	9.6	16.9	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
048004PGC225	CPTm	278.0	14.0	14.6	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	14.00	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	14.00	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	14.00	0.00
048004PGC1344	CPTm	280.7	9.8	9.7	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.04	basso	9.60	0.20
					Juang et al. (2006)	0.02	0.27	basso	9.60	0.20
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048004PGC226	CPTm	278.6	13.6	15.0	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	13.60	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	13.60	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	13.60	0.00
(*) 048004PGC238	CPTm	194.2	8.0	5.1	Boulanger e Idriss (2014)	0.01	0.01	basso	5.20	0.40
					Juang et al. (2006)	0.45	0.45	basso	5.00	0.60
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	8.00	0.00
048004PGC239	CPTm	226.5	10.8	6.3	Boulanger e Idriss (2014)	0.75	1.20	basso	6.80	2.80
					Juang et al. (2006)	1.16	3.18	moderato	6.80	2.40
					Robertson (2009)	0.43	0.46	basso	6.80	0.20
048004PGC240	CPTm	225.2	10.8	5.0	Boulanger e Idriss (2014)	1.33	2.03	moderato	4.80	4.00
					Juang et al. (2006)	3.69	5.36	alto	4.80	3.80
					Robertson (2009)	0.36	0.39	basso	4.80	0.40
(*) 048004PGC244	CPTm	221.2	8.4	6.2	Boulanger e Idriss (2014)	0.58	0.74	basso	6.40	1.20
					Juang et al. (2006)	1.77	2.12	moderato	6.00	1.40
					Robertson (2009)	0.00	0.01	basso	7.00	0.20

SCHEDA 2: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	tipo indagine	quota [m s.l.m.]	profondità raggiunta [m]	profondità falda dal P.C. [m]	metodo	LPI10 [-]	LPI20 [-]	classe di rischio	H1 [m]	H2 [m]
(*) 048004PGC24	CPTm	190.1	8.0	7.0	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	8.00	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	8.00	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	8.00	0.00
(*) 048004PGC72	CPTm	193.7	9.4	2.1	Boulanger e Idriss (2014)	3.97	2.94	molto alto	3.20	2.80
					Juang et al. (2006)	8.99	6.90	molto alto	3.20	3.20
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00
048004PGC30	CPTm	189.9	9.8	4.7	Boulanger e Idriss (2014)	0.03	0.17	basso	8.00	1.40
					Juang et al. (2006)	0.87	1.96	basso	4.60	4.20
					Robertson (2009)	0.00	0.00	basso	8.80	0.20
048004PGC102	CPTm	189.9	9.8	4.8	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.02	basso	9.40	0.20
					Juang et al. (2006)	0.13	0.48	basso	4.80	1.80
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
(*) 048004PGC73	CPTm	187.6	9.1	3.1	Boulanger e Idriss (2014)	1.57	1.50	basso	4.90	0.80
					Juang et al. (2006)	3.26	2.88	moderato	3.10	1.00
					Robertson (2009)	0.45	0.36	basso	4.90	0.40
048004PGC74	CPTm	185.1	9.8	1.6	Boulanger e Idriss (2014)	3.67	2.44	moderato	1.40	1.40
					Juang et al. (2006)	12.15	8.53	alto	1.40	2.40
					Robertson (2009)	1.37	1.04	basso	3.20	0.60
048004PGC132	CPTm	183.4	9.8	1.1	Boulanger e Idriss (2014)	4.41	3.28	moderato	2.80	1.00
					Juang et al. (2006)	10.59	7.85	alto	2.00	2.20
					Robertson (2009)	0.00	0.00	basso	4.60	0.20
048004PGC76	CPTm	183.3	9.8	0.8	Boulanger e Idriss (2014)	5.88	3.96	moderato	2.00	1.40
					Juang et al. (2006)	8.96	6.16	alto	2.00	1.60
					Robertson (2009)	1.54	0.96	basso	2.00	0.60
048004PGC77	CPTm	186.7	9.8	2.0	Boulanger e Idriss (2014)	3.57	4.74	moderato	3.60	2.80
					Juang et al. (2006)	5.24	7.19	alto	3.60	2.80
					Robertson (2009)	1.56	1.84	basso	4.80	1.00

SCHEDA 2: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	tipo indagine	quota [m s.l.m.]	profondità raggiunta [m]	profondità falda dal P.C. [m]	metodo	LPI10 [-]	LPI20 [-]	classe di rischio	H1 [m]	H2 [m]
048004PGC263	CPTm	240.1	9.8	21.1	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048004PGC264	CPTm	240.2	9.8	21.3	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
(*) 048004PGC265	CPTm	201.4	9.4	1.0	Boulanger e Idriss (2014)	1.46	1.04	basso	1.80	1.80
					Juang et al. (2006)	7.47	5.05	alto	1.00	2.40
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00
048004PGC1358	CPTm	199.6	11.8	0.7	Boulanger e Idriss (2014)	11.07	8.19	alto	0.60	2.80
					Juang et al. (2006)	16.74	11.92	alto	0.60	3.00
					Robertson (2009)	0.24	0.26	basso	4.20	1.00
(*) 048004PGC266	CPTm	204.7	9.4	2.7	Boulanger e Idriss (2014)	1.85	1.38	basso	3.80	1.00
					Juang et al. (2006)	3.86	2.86	moderato	3.00	1.20
					Robertson (2009)	0.02	0.01	basso	4.80	0.20
048004PGC1359	CPTm	199.6	11.8	1.1	Boulanger e Idriss (2014)	1.80	2.34	moderato	3.80	2.00
					Juang et al. (2006)	2.38	4.00	moderato	3.80	1.80
					Robertson (2009)	0.00	0.05	basso	10.00	0.20
048004PGC1360	CPTm	199.7	9.8	1.0	Boulanger e Idriss (2014)	3.72	3.29	moderato	4.20	3.00
					Juang et al. (2006)	6.82	6.89	alto	4.20	3.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048004PGC267	CPTm	198.5	9.8	6.0	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048004PGC269	CPTm	195.6	9.8	2.9	Boulanger e Idriss (2014)	2.34	2.47	moderato	3.20	1.20
					Juang et al. (2006)	5.37	5.04	alto	3.20	1.80
					Robertson (2009)	0.01	0.00	basso	3.40	0.40

SCHEDA 2: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	tipo indagine	quota [m s.l.m.]	profondità raggiunta [m]	profondità falda dal P.C. [m]	metodo	LPI10 [-]	LPI20 [-]	classe di rischio	H1 [m]	H2 [m]
(*) 048004PGC270	CPTm	195.0	8.8	2.6	Boulanger e Idriss (2014)	2.94	2.36	moderato	2.60	1.20
					Juang et al. (2006)	3.15	2.45	moderato	2.60	1.20
					Robertson (2009)	0.92	0.82	basso	3.60	0.80
048004PGC271	CPTm	196.2	9.8	3.7	Boulanger e Idriss (2014)	0.34	0.68	basso	5.20	1.00
					Juang et al. (2006)	1.71	1.73	basso	4.40	0.80
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048004PGC272	CPTm	196.5	10.8	3.8	Boulanger e Idriss (2014)	2.29	3.49	moderato	4.00	1.80
					Juang et al. (2006)	5.00	5.88	alto	3.80	2.20
					Robertson (2009)	1.08	1.27	basso	5.20	1.20
048004PGC280	CPTm	200.0	11.8	2.5	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	11.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	11.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	11.80	0.00
048004PGC281	CPTm	200.2	11.8	3.6	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	basso	6.00	0.20
					Juang et al. (2006)	0.25	0.23	basso	6.00	0.20
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	11.80	0.00
048004PGC1353	CPTm	190.0	14.6	2.8	Boulanger e Idriss (2014)	0.38	0.27	basso	3.00	0.80
					Juang et al. (2006)	0.96	1.23	basso	3.00	0.80
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	14.60	0.00
048004P91	CPTm	288.2	9.8	24.5	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
(*) 048004P90	CPTm	289.1	9.6	24.5	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
048004P95	CPTm	194.9	11.4	1.4	Boulanger e Idriss (2014)	3.58	6.08	alto	5.80	3.00
					Juang et al. (2006)	5.38	9.05	alto	5.80	3.20
					Robertson (2009)	1.55	1.91	basso	5.80	1.40

SCHEDA 2: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	tipo indagine	quota [m s.l.m.]	profondità raggiunta [m]	profondità falda dal P.C. [m]	metodo	LPI10 [-]	LPI20 [-]	classe di rischio	H1 [m]	H2 [m]
048004P96	CPTm	192.1	13.6	0.0	Boulangier e Idriss (2014)	21.68	24.15	molto alto	1.00	8.60
					Juang et al. (2006)	29.02	32.35	molto alto	1.00	9.20
					Robertson (2009)	7.44	5.64	alto	1.00	2.20

N. B. Il simbolo (\*) identificale prove che raggiungono profondità inferiori ai 10m.

### A.3 SCHEDA 3: SAN PIERO A SIEVE ( $a_{max} = 0.274g$ ; $M_w = 6.6$ )

ID_SPU	tipo indagine	quota [m s.l.m.]	profondità raggiunta [m]	profondità falda dal P.C. [m]	metodo	LPI10 [-]	LPI20 [-]	classe di rischio	H1 [m]	H2 [m]
(*) 048040PRT962	CPTm	209.6	8.6	2.6	Boulanger e Idriss (2014)	4.44	5.07	alto	2.40	2.60
					Juang et al. (2006)	5.82	5.23	alto	2.40	2.40
					Robertson (2009)	1.99	2.67	moderato	2.60	2.00
048040PRT967	CPTm	222.8	10.4	1.8	Boulanger e Idriss (2014)	9.10	12.43	alto	2.00	5.60
					Juang et al. (2006)	12.87	16.39	molto alto	2.00	5.80
					Robertson (2009)	3.22	5.38	alto	2.60	4.20
048040PRT968	CPTm	221.5	9.8	10.7	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
(*) 048040PGC32	CPTm	221.3	9.4	9.9	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00
(*) 048040PGC104	CPTm	221.9	8.4	9.6	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	8.40	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	8.40	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	8.40	0.00

N. B. Il simbolo (\*) identificale prove che raggiungono profondità inferiori ai 10m.

#### A.4 SCHEDA 4: SCARPERIA ( $a_{max} = 0.284g$ ; $M_w = 6.6$ )

ID_SPU	tipo indagine	quota [m s.l.m.]	profondità raggiunta [m]	profondità falda dal P.C. [m]	metodo	LPI10 [-]	LPI20 [-]	classe di rischio	H1 [m]	H2 [m]
048042PRT884	CPTm	277.0	9.8	26.9	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048040PRT889	CPTm	244.0	11.8	0.0	Boulanger e Idriss (2014)	1.69	1.54	basso	3.00	0.40
					Juang et al. (2006)	2.04	1.83	basso	3.00	0.40
					Robertson (2009)	0.10	0.44	basso	9.20	0.20
048042PGC297	CPTm	290.3	9.8	17.3	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048042PGC298	CPTm	290.0	9.8	17.0	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048042PGC82	CPTm	272.6	9.8	4.4	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
(*) 048042PGC1217	CPTm	251.5	8.6	14.7	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	8.60	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	8.60	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	8.60	0.00
(*) 048042PGC1218	CPTm	252.3	8.6	18.2	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	8.60	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	8.60	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	8.60	0.00
048042PGC138	CPTm	227.5	10.4	6.6	Boulanger e Idriss (2014)	0.02	0.02	basso	6.40	0.20
					Juang et al. (2006)	0.28	0.27	basso	6.40	0.20
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00
(*) 048042PGC1236	CPTm	270.4	9.6	18.2	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00

SCHEDA 4: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	tipo indagine	quota [m s.l.m.]	profondità raggiunta [m]	profondità falda dal P.C. [m]	metodo	LPI10 [-]	LPI20 [-]	classe di rischio	H1 [m]	H2 [m]
048042PGC1237	CPTm	270.8	10.4	10.4	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00
(*) 048042PGC304	CPTm	230.0	9.6	1.3	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
048042PGC305	CPTm	200.0	9.8	0.0	Boulanger e Idriss (2014)	1.04	0.71	basso	4.00	0.20
					Juang et al. (2006)	3.26	2.52	moderato	4.00	0.60
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048042PGC306	CPTm	200.0	9.8	0.5	Boulanger e Idriss (2014)	0.99	0.66	basso	3.80	0.20
					Juang et al. (2006)	5.85	4.29	moderato	3.80	1.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048042PGC45	CPTm	239.8	12.0	16.8	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	12.00	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	12.00	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	12.00	0.00
048042PGC307	CPTm	237.5	9.8	7.5	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
(*) 048042PGC84	CPTm	236.6	9.6	14.3	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
(*) 048042PGC140	CPTm	237.4	9.6	14.8	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
(*) 048042PGC141	CPTm	235.7	9.6	13.9	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
(*) 048042PGC142	CPTm	233.9	9.6	12.5	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00

SCHEDA 4: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	tipo indagine	quota [m s.l.m.]	profondità raggiunta [m]	profondità falda dal P.C. [m]	metodo	LPI10 [-]	LPI20 [-]	classe di rischio	H1 [m]	H2 [m]
(*) 048042PGC49	CPTm	270.7	9.0	12.2	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.00	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.00	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.00	0.00
(*) 048042PGC110	CPTm	270.9	9.0	12.5	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.00	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.00	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.00	0.00
048042PGC1226	CPTm	280.0	9.8	20.1	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048042PGC1227	CPTm	280.0	9.8	20.1	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048042PGC1228	CPTm	280.0	9.8	20.1	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048042PGC1229	CPTm	280.0	9.8	21.3	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048042PGC1230	CPTm	280.0	9.8	22.1	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048042PGC1231	CPTm	280.0	9.8	20.2	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048042PGC87	CPTm	230.1	12.0	1.1	Boulanger e Idriss (2014)	2.08	1.38	basso	3.60	0.80
					Juang et al. (2006)	2.45	1.69	basso	2.80	1.00
					Robertson (2009)	1.05	0.70	basso	3.80	0.20

N. B. Il simbolo (\*) identificale prove che raggiungono profondità inferiori ai 10m.

## A.5 SCHEDA 5: VICCHIO ( $a_{max} = 0.282g$ ; $M_w = 6.6$ )

ID_SPU	tipo indagine	quota [m s.l.m.]	profondità raggiunta [m]	profondità falda dal P.C. [m]	metodo	LPI10 [-]	LPI20 [-]	classe di rischio	H1 [m]	H2 [m]
(*) 048049PGC1245	CPTm	230.0	9.6	12.2	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00
048049PGC1389	CPTm	258.5	10.0	0.0	Boulanger e Idriss (2014)	3.65	4.19	moderato	0.40	4.00
					Juang et al. (2006)	7.93	9.79	alto	0.40	4.40
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
048049PGC1390	CPTm	257.1	10.0	0.0	Boulanger e Idriss (2014)	10.93	7.95	alto	0.60	4.20
					Juang et al. (2006)	14.03	12.45	alto	0.60	4.80
					Robertson (2009)	4.36	2.44	moderato	0.60	1.00
048049PGC1391	CPTm	254.7	10.0	0.0	Boulanger e Idriss (2014)	2.95	1.83	basso	0.60	1.80
					Juang et al. (2006)	6.99	5.54	alto	0.60	4.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
(*) 048049PGC1374	CPTm	190.0	9.2	12.1	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.20	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.20	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.20	0.00
(*) 048049PGC1373	CPTm	190.0	9.4	11.8	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00
048049PGC1256	CPTm	186.0	9.8	7.2	Boulanger e Idriss (2014)	0.11	0.25	basso	8.60	0.40
					Juang et al. (2006)	0.27	0.66	basso	8.60	0.40
					Robertson (2009)	0.03	0.08	basso	8.60	0.20
(*) 048049PGC1386	CPTm	201.2	8.2	0.0	Boulanger e Idriss (2014)	7.83	5.24	alto	2.00	1.60
					Juang et al. (2006)	10.35	7.53	alto	2.00	2.20
					Robertson (2009)	2.50	1.45	basso	2.00	0.80
(*) 048049PGC1257	CPTm	188.1	8.8	7.4	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	8.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	8.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	8.80	0.00

SCHEDA 5: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	tipo indagine	quota [m s.l.m.]	profondità raggiunta [m]	profondità falda dal P.C. [m]	metodo	LPI10 [-]	LPI20 [-]	classe di rischio	H1 [m]	H2 [m]
048049PGC1271	CPTm	192.5	10.0	7.5	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
048049PGC1381	CPTm	191.6	10.0	6.9	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
					Juang et al. (2006)	0.12	0.13	basso	6.80	0.40
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
048049PGC1435	CPTm	194.0	10.0	8.5	Boulanger e Idriss (2014)	0.02	0.13	basso	8.60	1.40
					Juang et al. (2006)	0.31	1.53	basso	8.40	1.40
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
048049PGC1272	CPTm	192.3	10.0	7.7	Boulanger e Idriss (2014)	0.05	0.08	basso	7.80	0.20
					Juang et al. (2006)	0.23	0.34	basso	7.80	0.20
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
048049PGC1382	CPTm	191.7	10.0	7.6	Boulanger e Idriss (2014)	0.56	1.07	basso	7.40	1.40
					Juang et al. (2006)	0.69	1.68	basso	7.40	1.20
					Robertson (2009)	0.12	0.20	basso	7.40	0.60
048049PGC1436	CPTm	193.5	10.0	8.0	Boulanger e Idriss (2014)	0.02	0.09	basso	8.00	0.60
					Juang et al. (2006)	0.22	0.38	basso	8.00	0.40
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
048049PGC1273	CPTm	190.6	10.0	7.9	Boulanger e Idriss (2014)	0.11	0.28	basso	8.00	0.60
					Juang et al. (2006)	0.12	0.51	basso	9.00	0.40
					Robertson (2009)	0.02	0.07	basso	9.00	0.20
048049PGC1383	CPTm	190.3	10.0	7.4	Boulanger e Idriss (2014)	0.13	0.32	basso	8.00	0.40
					Juang et al. (2006)	0.33	0.74	basso	8.00	0.40
					Robertson (2009)	0.03	0.09	basso	9.00	0.20
048049PGC1437	CPTm	192.1	10.0	8.7	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
048049PGC1274	CPTm	190.9	10.0	7.4	Boulanger e Idriss (2014)	0.23	0.42	basso	8.00	0.60
					Juang et al. (2006)	0.48	1.01	basso	8.00	0.80
					Robertson (2009)	0.13	0.24	basso	8.00	0.40

SCHEDA 5: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	tipo indagine	quota [m s.l.m.]	profondità raggiunta [m]	profondità falda dal P.C. [m]	metodo	LPI10 [-]	LPI20 [-]	classe di rischio	H1 [m]	H2 [m]
048049PGC1384	CPTm	190.1	10.0	7.1	Boulanger e Idriss (2014)	0.39	0.61	basso	7.00	0.60
					Juang et al. (2006)	0.84	1.29	basso	7.00	0.80
					Robertson (2009)	0.14	0.26	basso	8.00	0.40
048049PGC1438	CPTm	191.6	10.0	8.2	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
048049PGC1439	CPTm	191.3	10.0	8.6	Boulanger e Idriss (2014)	0.01	0.02	basso	8.60	0.20
					Juang et al. (2006)	0.10	0.24	basso	8.60	0.20
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
048049PGC1440	CPTm	190.9	10.0	8.6	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
048049PGC1441	CPTm	191.2	10.0	8.9	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
048049PGC1442	CPTm	191.5	10.0	8.8	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
(*) 048049PGC53	CPTm	174.0	8.8	4.2	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	8.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	8.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	8.80	0.00
(*) 048049PGC113	CPTm	173.6	8.8	4.1	Boulanger e Idriss (2014)	0.69	0.86	basso	4.00	3.40
					Juang et al. (2006)	4.63	4.54	moderato	4.00	3.60
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	8.80	0.00
048049PGC54	CPTm	172.4	10.6	3.4	Boulanger e Idriss (2014)	0.05	0.46	basso	5.40	0.60
					Juang et al. (2006)	0.47	0.95	basso	5.40	1.00
					Robertson (2009)	0.03	0.36	basso	9.60	0.20
(*) 048049PGC55	CPTm	171.5	9.2	2.5	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.20	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.20	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.20	0.00

SCHEDA 5: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	tipo indagine	quota [m s.l.m.]	profondità raggiunta [m]	profondità falda dal P.C. [m]	metodo	LPI10 [-]	LPI20 [-]	classe di rischio	H1 [m]	H2 [m]
048049PGC1361	CPTm	215.5	9.8	28.5	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048049PGC1362	CPTm	209.3	9.8	24.1	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048049PGC1363	CPTm	201.7	9.8	19.4	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048049PGC1261	CPTm	204.0	10.0	19.8	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00
048049PGC1263	CPTm	190.2	9.8	0.0	Boulanger e Idriss (2014)	5.09	5.76	alto	2.40	2.60
					Juang et al. (2006)	9.13	9.33	alto	2.40	3.20
					Robertson (2009)	0.16	0.51	basso	2.40	1.00
048049PGC1264	CPTm	191.6	9.8	0.0	Boulanger e Idriss (2014)	9.52	5.65	alto	0.20	1.40
					Juang et al. (2006)	14.84	9.29	alto	0.20	1.80
					Robertson (2009)	0.82	0.69	basso	5.60	0.20
048049PGC1265	CPTm	190.2	9.8	0.0	Boulanger e Idriss (2014)	9.09	6.56	alto	0.20	2.00
					Juang et al. (2006)	14.19	10.20	alto	0.20	2.40
					Robertson (2009)	1.59	1.45	basso	0.20	1.20
048049PGC1267	CPTm	230.0	9.8	0.0	Boulanger e Idriss (2014)	8.77	6.05	alto	0.20	2.80
					Juang et al. (2006)	15.65	11.98	alto	0.20	3.40
					Robertson (2009)	2.02	1.04	basso	0.20	0.40
048049PGC1268	CPTm	228.4	14.8	0.0	Boulanger e Idriss (2014)	2.05	1.77	basso	3.40	1.20
					Juang et al. (2006)	6.23	5.66	alto	2.80	4.80
					Robertson (2009)	0.00	0.00	basso	6.20	0.20
(*) 048049PGC1269	CPTm	230.0	9.4	0.0	Boulanger e Idriss (2014)	3.68	3.14	moderato	2.00	1.60
					Juang et al. (2006)	7.77	6.17	alto	2.00	2.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00

SCHEDA 5: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	tipo indagine	quota [m s.l.m.]	profondità raggiunta [m]	profondità falda dal P.C. [m]	metodo	LPI10 [-]	LPI20 [-]	classe di rischio	H1 [m]	H2 [m]
(*) 048049PGC1278	CPTm	228.7	9.2	44.9	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.20	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.20	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.20	0.00
048049PGC1375	CPTm	174.6	10.4	3.7	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.30	basso	10.00	0.20
					Juang et al. (2006)	0.02	0.02	basso	6.20	0.40
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00
048049PGC1376	CPTm	175.1	10.4	4.2	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00
048049PGC1377	CPTm	174.0	10.4	3.5	Boulanger e Idriss (2014)	0.22	0.50	basso	8.60	0.20
					Juang et al. (2006)	0.27	0.63	basso	8.60	0.20
					Robertson (2009)	0.22	0.52	basso	8.60	0.20
048049PGC1459	CPTm	173.4	10.0	3.4	Boulanger e Idriss (2014)	3.17	3.06	moderato	3.20	4.00
					Juang et al. (2006)	8.33	8.48	alto	3.20	4.40
					Robertson (2009)	0.12	0.08	basso	3.80	0.20
048049PGC1460	CPTm	173.9	10.0	3.4	Boulanger e Idriss (2014)	0.56	0.90	basso	6.60	1.40
					Juang et al. (2006)	1.50	2.07	moderato	6.60	1.80
					Robertson (2009)	0.00	0.00	basso	7.80	0.20
048049PGC1461	CPTm	174.0	10.0	3.4	Boulanger e Idriss (2014)	0.55	1.02	basso	8.00	1.20
					Juang et al. (2006)	0.54	1.22	basso	8.20	1.40
					Robertson (2009)	0.08	0.15	basso	8.20	0.20
(*) 048049PGC327	CPTm	187.5	8.4	7.7	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	8.40	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	8.40	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	8.40	0.00
048049PGC1306	CPTm	192.4	9.8	0.7	Boulanger e Idriss (2014)	2.08	2.01	moderato	3.00	3.40
					Juang et al. (2006)	8.61	8.07	alto	3.00	4.40
					Robertson (2009)	0.01	0.01	basso	3.00	0.20
048049PGC1378	CPTm	261.4	13.4	0.0	Boulanger e Idriss (2014)	14.23	14.52	alto	0.20	7.20
					Juang et al. (2006)	19.23	20.71	molto alto	0.20	7.00
					Robertson (2009)	7.45	4.42	moderato	0.20	1.20

SCHEDA 5: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	tipo indagine	quota [m s.l.m.]	profondità raggiunta [m]	profondità falda dal P.C. [m]	metodo	LPI10 [-]	LPI20 [-]	classe di rischio	H1 [m]	H2 [m]
048049PGC332	CPTm	187.6	10.4	4.7	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.41	basso	10.20	0.20
					Juang et al. (2006)	0.08	0.60	basso	6.60	0.80
					Robertson (2009)	0.00	0.50	basso	10.20	0.20
048049PGC1303	CPTm	184.4	9.8	14.7	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048049PGC1304	CPTm	184.5	9.8	14.6	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048049PGC1299	CPTm	315.7	9.8	0.0	Boulanger e Idriss (2014)	0.45	0.97	basso	4.00	1.00
					Juang et al. (2006)	1.19	2.02	moderato	4.00	1.20
					Robertson (2009)	0.02	0.12	basso	9.40	0.40
048049PGC1300	CPTm	314.4	9.8	0.0	Boulanger e Idriss (2014)	0.93	0.63	basso	0.40	0.40
					Juang et al. (2006)	2.48	1.68	basso	0.40	0.80
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00
048049PGC1289	CPTm	207.3	11.0	23.8	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	11.00	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	11.00	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	11.00	0.00
048049PGC1286	CPTm	200.7	14.8	20.1	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	14.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	14.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	14.80	0.00
048049PGC1285	CPTm	197.9	14.8	17.3	Boulanger e Idriss (2014)	0.00	0.00	nullo	14.80	0.00
					Juang et al. (2006)	0.00	0.00	nullo	14.80	0.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	14.80	0.00
(*) CPT1	CPTm	-	9.6	3.5	Boulanger e Idriss (2014)	0.71	0.63	basso	5.20	1.20
					Juang et al. (2006)	1.36	1.31	basso	5.20	1.00
					Robertson (2009)	0.32	0.28	basso	5.80	0.20
CPT2	CPTm	-	15.0	4.0	Boulanger e Idriss (2014)	0.47	2.81	moderato	6.40	3.80
					Juang et al. (2006)	0.73	4.64	moderato	6.40	4.00
					Robertson (2009)	0.00	0.46	basso	11.20	1.00

SCHEDA 5: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	tipo indagine	quota [m s.l.m.]	profondità raggiunta [m]	profondità falda dal P.C. [m]	metodo	LPI10 [-]	LPI20 [-]	classe di rischio	H1 [m]	H2 [m]
CPT3	CPTm	-	15.0	4.0	Boulanger e Idriss (2014)	1.07	3.31	moderato	5.00	3.80
					Juang et al. (2006)	1.65	4.72	moderato	5.20	3.00
					Robertson (2009)	0.00	0.00	basso	6.20	0.40
CPT4	CPTm	-	15.0	4.2	Boulanger e Idriss (2014)	1.73	2.07	moderato	5.60	2.20
					Juang et al. (2006)	1.01	1.65	basso	4.60	1.80
					Robertson (2009)	0.06	0.06	basso	6.00	0.60
CPT5	CPTm	-	15.0	1.0	Boulanger e Idriss (2014)	9.02	9.45	alto	2.80	3.80
					Juang et al. (2006)	17.00	16.33	molto alto	2.80	4.60
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	15.00	0.00
CPT6	CPTm	-	14.6	3.0	Boulanger e Idriss (2014)	0.42	0.97	basso	7.00	0.60
					Juang et al. (2006)	0.56	1.52	basso	7.00	0.80
					Robertson (2009)	0.00	0.00	nullo	14.60	0.00
CPT7	CPTm	-	15.0	2.7	Boulanger e Idriss (2014)	3.04	4.68	moderato	3.60	5.00
					Juang et al. (2006)	5.23	6.58	alto	3.80	4.20
					Robertson (2009)	0.35	0.41	basso	3.80	1.00
CPT8	CPTm	-	15.0	1.0	Boulanger e Idriss (2014)	1.09	1.31	basso	5.40	0.80
					Juang et al. (2006)	1.31	1.61	basso	6.40	0.60
					Robertson (2009)	0.66	0.67	basso	6.40	0.40
CPT9bis	CPTm	-	15.0	1.5	Boulanger e Idriss (2014)	0.25	2.31	moderato	8.60	1.80
					Juang et al. (2006)	0.16	2.11	moderato	8.60	1.60
					Robertson (2009)	0.12	0.73	basso	8.60	0.80
CPT10	CPTm	-	14.0	0.9	Boulanger e Idriss (2014)	6.41	5.50	alto	2.80	2.40
					Juang et al. (2006)	11.04	9.01	alto	2.80	2.80
					Robertson (2009)	0.66	0.44	basso	2.80	0.60
CPTe_11	CPTe	-	10.7	3.5	Boulanger e Idriss (2014)	4.21	4.89	moderato	3.50	2.58
					Juang et al. (2006)	5.23	6.35	alto	3.50	2.64
					Robertson (2009)	2.99	3.17	moderato	6.16	1.56
CPTe_12	CPTe	-	12.5	4.0	Boulanger e Idriss (2014)	0.47	0.71	basso	4.12	1.30
					Juang et al. (2006)	1.06	1.28	basso	4.12	1.06
					Robertson (2009)	0.00	0.00	basso	5.06	0.08

SCHEDA 5: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	tipo indagine	quota [m s.l.m.]	profondità raggiunta [m]	profondità falda dal P.C. [m]	metodo	LPI10 [-]	LPI20 [-]	classe di rischio	H1 [m]	H2 [m]
CPTe_13	CPTe	-	12.7	3.0	Boulangier e Idriss (2014)	3.48	3.87	moderato	3.04	1.82
					Juang et al. (2006)	5.68	5.90	alto	3.02	2.00
					Robertson (2009)	0.91	0.70	basso	4.58	0.70
CPTe_14	CPTe	-	13.1	1.0	Boulangier e Idriss (2014)	25.96	27.17	molto alto	1.00	10.42
					Juang et al. (2006)	36.48	35.56	molto alto	1.00	10.14
					Robertson (2009)	3.35	2.18	moderato	1.00	4.84
CPTe_15	CPTe	-	13.0	1.5	Boulangier e Idriss (2014)	5.88	6.29	alto	5.00	2.48
					Juang et al. (2006)	5.25	5.66	alto	5.00	2.06
					Robertson (2009)	3.77	3.83	moderato	5.00	1.78

N. B. Il simbolo (\*) identificale prove che raggiungono profondità inferiori ai 10m.

**ALLEGATO B: VALORI OTTENUTI CON E SENZA L'APPLICAZIONE DELLA CORREZIONE DELLE GRANDEZZE  $(q_{c1N})_{cs}$  ED  $I_c$**

**B.1 SCHEDA 1: BARBERINO DI MUGELLO ( $a_{max} = 0.277g$ ;  $M_w = 6.6$ )**

ID_SPU	metodo	CPTm con correzione di $I_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$					CPTm senza correzione di $I_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$								
		LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2	LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2	R10	R20	$\Delta 10_{REL}$	$\Delta 20_{REL}$
		[-]	[-]		[m]	[m]	[-]	[-]		[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]
048002PGC1242	B&I	6.64	9.66	alto	3.40	3.80	0.71	0.93	basso	4.00	0.80	0.11	0.10	5.93	8.73
	J&al	7.65	10.64	alto	3.40	4.00	1.49	1.85	basso	4.00	0.80	0.20	0.17	6.16	8.80
(*) 048002PGC1214	B&I	5.78	5.53	alto	5.20	2.00	0.56	0.59	basso	6.60	0.40	0.10	0.11	5.22	4.94
	J&al	6.30	6.02	alto	5.20	2.00	1.11	1.16	basso	6.20	0.60	0.18	0.19	5.19	4.87
048002PGC1211	B&I	13.69	15.59	molto alto	4.20	5.60	0.36	0.71	basso	5.80	0.60	0.03	0.05	13.33	14.87
	J&al	15.74	17.34	molto alto	2.20	5.80	2.04	2.43	moderato	4.40	1.00	0.13	0.14	13.70	14.91
048002PGC1212	B&I	17.40	17.56	molto alto	2.60	7.00	0.97	1.28	basso	3.00	1.80	0.06	0.07	16.43	16.28
	J&al	21.46	20.84	molto alto	2.40	7.40	5.93	5.55	alto	3.00	3.00	0.28	0.27	15.53	15.30
048002PGC180	B&I	1.71	2.41	moderato	3.60	1.20	0.39	0.30	basso	3.60	0.40	0.23	0.12	1.31	2.11
	J&al	2.52	3.25	moderato	3.60	1.40	0.87	0.86	basso	3.60	0.60	0.35	0.26	1.65	2.39
(*) 048002PGC181	B&I	0.87	1.05	basso	6.80	0.40	0.00	0.00	nullo	8.00	0.00	0.00	0.00	0.87	1.05
	J&al	0.93	1.13	basso	6.80	0.40	0.00	0.00	nullo	8.00	0.00	0.00	0.00	0.93	1.13
048002PGC160	B&I	15.51	12.92	alto	2.60	3.80	2.05	1.46	basso	2.80	1.00	0.13	0.11	13.46	11.46
	J&al	20.15	16.55	molto alto	2.60	4.60	5.39	4.21	moderato	2.80	1.60	0.27	0.25	14.76	12.34
048002PGC1247	B&I	8.01	7.56	alto	4.00	3.60	0.14	0.19	basso	4.20	1.00	0.02	0.03	7.87	7.37
	J&al	9.78	9.10	alto	4.00	3.80	1.38	1.47	basso	4.20	1.00	0.14	0.16	8.39	7.63
048002PGC161	B&I	8.52	8.06	alto	3.60	4.60	1.13	1.16	basso	3.60	2.60	0.13	0.14	7.39	6.90
	J&al	10.14	9.47	alto	3.60	4.80	5.30	4.57	moderato	3.60	3.20	0.52	0.48	4.84	4.90
(*) 048002PGC1248	B&I	9.01	8.29	alto	4.00	4.20	0.13	0.13	basso	5.20	1.40	0.01	0.02	8.88	8.16
	J&al	10.37	9.51	alto	4.00	4.20	2.03	2.05	moderato	5.20	1.40	0.20	0.22	8.34	7.46
(*) 048002PGC1249	B&I	19.67	18.01	molto alto	2.80	6.40	4.22	4.73	moderato	2.80	3.80	0.21	0.26	15.45	13.27
	J&al	21.71	19.70	molto alto	2.80	6.40	10.26	10.46	alto	2.80	4.20	0.47	0.53	11.45	9.23
(*) 048002PGC1250	B&I	16.04	15.47	molto alto	3.00	6.40	3.02	3.51	moderato	3.20	3.60	0.19	0.23	13.02	11.96
	J&al	17.98	17.15	molto alto	3.00	6.40	8.75	9.03	alto	3.00	4.00	0.49	0.53	9.22	8.12
(*) 048002PGC1239	B&I	14.06	13.38	alto	3.40	5.80	5.44	4.66	moderato	3.40	3.80	0.39	0.35	8.61	8.72
	J&al	15.54	14.59	alto	3.40	5.60	11.49	9.84	alto	3.40	4.20	0.74	0.67	4.04	4.75

SCHEDA 1: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	metodo	CPTm con correzione di $l_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$					CPTm senza correzione di $l_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$					R10	R20	$\Delta 10_{REL}$	$\Delta 20_{REL}$
		LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2	LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2				
		[-]	[-]		[m]	[m]	[-]	[-]		[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]
(*) 048002PGC162	B&I	10.01	8.46	alto	3.00	2.40	0.62	0.75	basso	6.20	0.60	0.06	0.09	9.40	7.70
	J&al	14.78	11.90	alto	3.00	3.00	1.23	1.48	basso	6.00	0.80	0.08	0.12	13.55	10.42
048002PGC190	B&I	14.01	11.54	alto	2.80	5.20	1.51	1.19	basso	3.80	0.80	0.11	0.10	12.49	10.35
	J&al	15.90	13.74	alto	2.80	5.80	4.00	3.28	moderato	3.40	1.80	0.25	0.24	11.90	10.46
048002PGC191	B&I	15.44	13.49	alto	1.40	6.60	3.20	2.19	moderato	1.40	1.40	0.21	0.16	12.24	11.30
	J&al	18.09	15.87	molto alto	1.40	6.80	6.01	4.57	moderato	1.40	4.00	0.33	0.29	12.08	11.30
048002PGC192	B&I	5.92	9.46	alto	1.40	3.80	1.77	2.95	moderato	3.20	1.60	0.30	0.31	4.15	6.52
	J&al	6.73	10.27	alto	1.40	4.60	2.49	4.05	moderato	1.40	2.00	0.37	0.39	4.24	6.22
048002PGC193	B&I	8.56	16.68	molto alto	1.20	8.00	1.92	4.96	moderato	1.80	4.00	0.22	0.30	6.64	11.72
	J&al	9.91	18.39	molto alto	1.20	8.00	5.04	9.80	alto	1.40	5.80	0.51	0.53	4.87	8.59

N. B. Il simbolo (\*) identificale prove che raggiungono profondità inferiori ai 10m.

## B.2 SCHEDA 2: BORGO SAN LORENZO ( $a_{max} = 0.278g$ ; $M_w = 6.6$ )

ID_SPU	metodo	CPTm con correzione di $l_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$					CPTm senza correzione di $l_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$					R10	R20	$\Delta 10_{REL}$	$\Delta 20_{REL}$
		LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2	LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2				
		[-]	[-]		[m]	[m]	[-]	[-]		[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]
(*) 048004PRT1077	B&l	0.00	0.00	nullo	8.20	0.00	0.00	0.00	nullo	8.20	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	8.20	0.00	0.00	0.00	nullo	8.20	0.00				
(*) 048004PRT1078	B&l	0.00	0.00	nullo	8.00	0.00	0.00	0.00	nullo	8.00	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	8.00	0.00	0.00	0.00	nullo	8.00	0.00				
(*) 048004PRT851	B&l	0.00	0.00	nullo	9.00	0.00	0.00	0.00	nullo	9.00	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.00	0.00	0.00	0.00	nullo	9.00	0.00				
(*) 048004PRT1133	B&l	0.00	0.00	nullo	8.00	0.00	0.00	0.00	nullo	8.00	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	8.00	0.00	0.00	0.00	nullo	8.00	0.00				
048004PRT1084	B&l	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00				
(*) 048004PRT1125	B&l	5.18	5.02	molto alto	4.20	2.60	0.18	0.15	basso	5.00	0.60	0.04	0.03	4.99	4.87
	J&al	5.87	5.27	molto alto	4.20	2.40	1.02	0.81	basso	5.00	0.60	0.17	0.15	4.85	4.46
(*) 048004PRT1123	B&l	12.89	14.26	molto alto	1.00	5.00	4.39	4.14	moderato	4.80	3.60	0.34	0.29	8.50	10.12
	J&al	14.55	15.74	molto alto	0.60	5.20	7.68	8.89	alto	4.80	3.80	0.53	0.56	6.86	6.85
(*) 048004PRT1097	B&l	0.30	0.51	basso	8.00	0.40	0.11	0.18	basso	8.00	0.40	0.37	0.35	0.19	0.33
	J&al	0.35	0.60	basso	7.80	0.60	0.36	0.62	basso	8.00	0.40	1.04	1.04	-0.01	-0.02
048004PRT1120	B&l	7.43	7.60	molto alto	3.60	3.00	1.48	1.44	basso	3.60	1.00	0.20	0.19	5.95	6.16
	J&al	8.17	8.27	molto alto	3.60	3.00	2.53	2.44	moderato	3.60	1.00	0.31	0.29	5.64	5.84
(*) 048004PRT1096	B&l	0.81	1.80	basso	7.60	1.20	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00	0.00	0.00	0.81	1.80
	J&al	0.93	2.05	moderato	7.60	1.20	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00	0.00	0.00	0.93	2.05
(*) 048004PRT1099	B&l	4.65	4.98	moderato	4.60	3.00	0.00	0.00	nullo	8.40	0.00	0.00	0.00	4.65	4.98
	J&al	4.41	4.74	moderato	4.60	2.60	0.01	0.01	basso	5.60	0.20	0.00	0.00	4.40	4.73
048004PRT1118	B&l	0.77	0.84	basso	6.40	0.40	0.12	0.15	basso	7.20	0.20	0.16	0.17	0.65	0.69
	J&al	0.86	0.93	basso	6.40	0.40	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	0.86	0.93

SCHEDA 2: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	metodo	CPTm con correzione di $I_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$					CPTm senza correzione di $I_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$								
		LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2	LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2	R10	R20	$\Delta 10_{REL}$	$\Delta 20_{REL}$
		[-]	[-]		[m]	[m]	[-]	[-]		[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]
048004PRT1091	B&I	0.00	0.00	nullo	11.80	0.00	0.00	0.00	nullo	11.80	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	11.80	0.00	0.00	0.00	nullo	11.80	0.00				
048004PRT1093	B&I	2.97	3.51	moderato	3.60	1.80	0.19	0.21	basso	5.80	0.40	0.06	0.06	2.78	3.30
	J&al	3.33	3.99	moderato	3.60	1.80	0.51	0.75	basso	5.80	0.80	0.15	0.19	2.83	3.23
048004PRT1104	B&I	5.62	7.46	molto alto	4.40	5.20	1.94	3.21	moderato	4.40	1.80	0.34	0.43	3.68	4.25
	J&al	6.13	7.83	molto alto	4.40	5.20	1.99	3.48	moderato	4.40	4.40	0.33	0.44	4.14	4.35
(*) 048004PRT1092	B&I	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00				
(*) 048004PRT1094	B&I	8.08	9.37	molto alto	4.60	4.80	0.60	0.95	basso	4.80	1.80	0.07	0.10	7.47	8.42
	J&al	9.10	10.50	molto alto	4.60	4.80	1.88	2.40	moderato	4.80	1.60	0.21	0.23	7.21	8.11
048004PRT1105	B&I	32.76	26.27	molto alto	0.60	7.80	11.13	8.88	alto	0.80	4.40	0.34	0.34	21.64	17.39
	J&al	35.86	28.13	molto alto	0.60	7.60	19.27	14.26	alto	0.60	4.60	0.54	0.51	16.59	13.88
048004PRT858	B&I	0.19	0.49	basso	5.40	0.40	0.00	0.00	nullo	10.20	0.00	0.00	0.00	0.19	0.49
	J&al	0.26	0.59	basso	5.40	0.40	0.01	0.01	basso	5.40	0.20	0.05	0.02	0.25	0.58
048004PRT1112	B&I	0.82	2.49	moderato	8.20	1.60	0.22	0.64	basso	8.20	1.00	0.27	0.26	0.60	1.85
	J&al	0.92	2.82	moderato	8.20	1.60	0.62	1.78	basso	8.20	1.00	0.67	0.63	0.31	1.04
048004PRT1113	B&I	9.31	11.89	molto alto	3.80	6.40	1.81	2.02	moderato	3.80	3.00	0.19	0.17	7.50	9.87
	J&al	10.45	13.14	molto alto	3.80	6.40	4.55	5.23	alto	3.80	4.60	0.44	0.40	5.89	7.90
(*) 048004PRT1114	B&I	8.40	8.77	molto alto	3.60	5.00	0.20	0.32	basso	5.20	0.40	0.02	0.04	8.20	8.45
	J&al	10.26	10.36	molto alto	3.60	5.00	0.28	0.22	basso	3.60	1.60	0.03	0.02	9.98	10.15
048004PRT1136	B&I	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00				
(*) 048004PRT1141	B&I	9.70	9.84	molto alto	2.80	4.80	1.83	2.13	moderato	2.80	2.20	0.19	0.22	7.87	7.71
	J&al	10.67	10.56	molto alto	2.80	4.80	4.84	4.94	moderato	2.80	2.80	0.45	0.47	5.83	5.61
048004PRT1142	B&I	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00				

SCHEDA 2: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	metodo	CPTm con correzione di $I_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$					CPTm senza correzione di $I_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$								
		LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2	LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2	R10	R20	$\Delta 10_{REL}$	$\Delta 20_{REL}$
		[-]	[-]		[m]	[m]	[-]	[-]		[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]
(*) 048004PRT1146	B&I	0.10	0.13	basso	7.40	0.40	0.00	0.00	nullo	7.80	0.00	0.00	0.00	0.10	0.13
	J&al	0.21	0.27	basso	7.40	0.40	0.00	0.00	nullo	7.80	0.00	0.00	0.00	0.21	0.27
(*) 048004PRT1151	B&I	0.04	0.04	basso	6.40	0.40	0.00	0.00	nullo	7.80	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04
	J&al	0.08	0.09	basso	6.40	0.60	0.00	0.00	nullo	7.80	0.00	0.00	0.00	0.08	0.09
048004PRT1152	B&I	1.04	1.90	basso	7.20	1.20	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	1.04	1.90
	J&al	0.87	1.44	basso	7.20	0.80	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	0.87	1.44
(*) 048004PRT1156	B&I	17.39	13.37	molto alto	0.60	3.60	4.98	4.57	moderato	4.60	1.60	0.29	0.34	12.42	8.80
	J&al	20.85	16.28	molto alto	0.60	4.20	8.74	7.72	alto	4.40	2.00	0.42	0.47	12.11	8.56
048004PRT1168	B&I	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00				
(*) 048004PRT1170	B&I	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00				
048004PGC167	B&I	0.00	0.24	basso	9.80	0.20	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00		0.00		0.24
	J&al	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00				
(*) 048004PGC168	B&I	0.00	0.00	nullo	8.40	0.00	0.00	0.00	nullo	8.40	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	8.40	0.00	0.00	0.00	nullo	8.40	0.00				
048004PGC1308	B&I	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00				
048004PGC1307	B&I	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00				
048004PGC1309	B&I	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00				
048004PGC15	B&I	6.42	8.09	molto alto	2.80	4.60	2.13	2.98	moderato	2.80	2.80	0.33	0.37	4.29	5.12
	J&al	8.04	9.53	molto alto	2.80	4.40	5.19	6.71	alto	2.80	3.00	0.65	0.70	2.85	2.82
048004PGC99	B&I	4.28	7.07	molto alto	4.40	3.20	0.48	1.15	basso	6.20	1.80	0.11	0.16	3.80	5.92
	J&al	4.56	7.55	molto alto	4.40	3.00	1.43	3.16	moderato	6.20	1.80	0.31	0.42	3.13	4.38

SCHEDA 2: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	metodo	CPTm con correzione di $I_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$					CPTm senza correzione di $I_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$								
		LPI10 [-]	LPI20 [-]	classe di rischio	H1 [m]	H2 [m]	LPI10 [-]	LPI20 [-]	classe di rischio	H1 [m]	H2 [m]	R10 [-]	R20 [-]	$\Delta 10_{REL}$ [-]	$\Delta 20_{REL}$ [-]
048004PGC1310	B&I	0.31	1.10	basso	8.40	1.40	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	0.31	1.10
	J&al	0.47	1.62	basso	8.40	1.40	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	0.47	1.62
048004PGC1311	B&I	0.17	0.90	basso	9.00	0.80	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	0.17	0.90
	J&al	0.08	0.54	basso	9.20	0.40	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	0.08	0.54
048004PGC169	B&I	0.05	0.61	basso	9.40	0.60	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.61
	J&al	0.06	0.76	basso	9.40	0.60	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.76
048004PGC1312	B&I	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00				
(*) 048004PGC170	B&I	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00				
048004PGC1313	B&I	0.00	0.00	nullo	10.20	0.00	0.00	0.00	nullo	10.20	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	10.20	0.00	0.00	0.00	nullo	10.20	0.00				
048004PGC198	B&I	1.26	1.14	basso	5.40	1.00	0.07	0.06	basso	5.80	0.20	0.06	0.06	1.19	1.08
	J&al	1.34	1.22	basso	5.60	0.80	0.37	0.32	basso	5.80	0.20	0.27	0.26	0.97	0.90
048004PGC199	B&I	0.49	0.88	basso	7.80	0.40	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	0.49	0.88
	J&al	0.20	0.46	basso	8.60	0.20	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	0.20	0.46
(*) 048004PGC200	B&I	0.54	0.92	basso	5.60	0.60	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00	0.00	0.00	0.54	0.92
	J&al	0.63	1.04	basso	5.60	0.60	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00	0.00	0.00	0.63	1.04
(*) 048004PGC201	B&I	0.35	0.49	basso	5.00	0.40	0.00	0.00	nullo	9.20	0.00	0.00	0.00	0.35	0.49
	J&al	0.47	0.61	basso	5.00	0.40	0.00	0.00	nullo	9.20	0.00	0.00	0.00	0.47	0.61
048004PGC204	B&I	1.15	1.20	basso	4.40	0.60	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00	0.00	0.00	1.15	1.20
	J&al	1.33	1.37	basso	4.40	0.60	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00	0.00	0.00	1.33	1.37
(*) 048004PGC1322	B&I	11.09	9.66	molto alto	0.60	2.60	0.72	0.38	basso	0.60	0.20	0.07	0.04	10.37	9.28
	J&al	15.39	13.15	molto alto	0.60	3.20	1.58	0.83	basso	0.60	0.20	0.10	0.06	13.81	12.32
048004PGC20	B&I	2.17	3.60	moderato	3.60	2.00	0.46	0.91	basso	7.40	0.80	0.21	0.25	1.70	2.69
	J&al	4.20	5.16	molto alto	3.60	2.60	0.77	1.33	basso	7.40	0.60	0.18	0.26	3.43	3.83

SCHEDA 2: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	metodo	CPTm con correzione di $I_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$					CPTm senza correzione di $I_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$								
		LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2	LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2	R10	R20	$\Delta 10_{REL}$	$\Delta 20_{REL}$
		[-]	[-]		[m]	[m]	[-]	[-]		[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]
048004PGC70	B&I	3.74	6.52	molto alto	3.80	3.20	0.25	0.57	basso	6.20	1.20	0.07	0.09	3.49	5.96
	J&al	3.62	6.64	molto alto	3.80	3.20	0.61	1.49	basso	6.20	1.00	0.17	0.22	3.02	5.14
(*) 048004PGC222	B&I	2.87	3.72	moderato	5.60	2.40	0.02	0.02	basso	6.60	0.40	0.01	0.00	2.85	3.70
	J&al	3.29	4.43	moderato	5.60	2.40	0.44	0.51	basso	6.40	1.00	0.13	0.12	2.85	3.92
048004PGC224	B&I	0.00	0.00	nullo	13.80	0.00	0.00	0.00	nullo	13.80	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	13.80	0.00	0.00	0.00	nullo	13.80	0.00				
048004PGC1343	B&I	0.00	0.00	nullo	10.60	0.00	0.00	0.00	nullo	10.60	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	10.60	0.00	0.00	0.00	nullo	10.60	0.00				
(*) 048004PGC1345	B&I	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00				
048004PGC225	B&I	0.00	0.00	nullo	14.00	0.00	0.00	0.00	nullo	14.00	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	14.00	0.00	0.00	0.00	nullo	14.00	0.00				
048004PGC1344	B&I	0.02	0.20	basso	9.60	0.20	0.00	0.04	basso	9.60	0.20	0.18	0.18	0.01	0.16
	J&al	0.02	0.24	basso	9.60	0.20	0.02	0.27	basso	9.60	0.20	1.13	1.13	0.00	-0.03
048004PGC226	B&I	0.00	0.00	nullo	13.60	0.00	0.00	0.00	nullo	13.60	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	13.60	0.00	0.00	0.00	nullo	13.60	0.00				
(*) 048004PGC238	B&I	1.06	1.10	basso	5.00	0.80	0.01	0.01	basso	5.20	0.40	0.01	0.01	1.06	1.09
	J&al	0.87	0.83	basso	5.00	0.60	0.45	0.45	basso	5.00	0.60	0.52	0.53	0.42	0.39
048004PGC239	B&I	2.62	5.58	molto alto	6.20	3.80	0.75	1.20	basso	6.80	2.80	0.28	0.21	1.88	4.38
	J&al	2.92	6.36	molto alto	6.20	3.80	1.16	3.18	moderato	6.80	2.40	0.40	0.50	1.75	3.17
048004PGC240	B&I	6.45	10.00	molto alto	4.80	5.80	1.33	2.03	moderato	4.80	4.00	0.21	0.20	5.12	7.97
	J&al	7.12	11.13	molto alto	4.80	5.80	3.69	5.36	alto	4.80	3.80	0.52	0.48	3.42	5.77
(*) 048004PGC244	B&I	2.56	3.08	moderato	6.00	2.00	0.58	0.74	basso	6.40	1.20	0.23	0.24	1.98	2.34
	J&al	3.00	3.57	moderato	6.00	2.00	1.77	2.12	moderato	6.00	1.40	0.59	0.59	1.22	1.45
(*) 048004PGC24	B&I	0.93	1.23	basso	7.00	0.80	0.00	0.00	nullo	8.00	0.00	0.00	0.00	0.93	1.23
	J&al	1.09	1.44	basso	7.00	0.80	0.00	0.00	nullo	8.00	0.00	0.00	0.00	1.09	1.44

SCHEDA 2: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	metodo	CPTm con correzione di $I_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$					CPTm senza correzione di $I_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$								
		LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2	LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2	R10	R20	$\Delta 10_{REL}$	$\Delta 20_{REL}$
		[-]	[-]		[m]	[m]	[-]	[-]		[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]
(*) 048004PGC72	B&I	17.77	17.22	molto alto	2.80	6.40	3.97	2.94	moderato	3.20	2.80	0.22	0.17	13.80	14.28
	J&al	20.59	18.94	molto alto	2.20	6.40	8.99	6.90	alto	3.20	3.20	0.44	0.36	11.60	12.04
048004PGC30	B&I	4.00	5.60	molto alto	4.60	5.20	0.03	0.17	basso	8.00	1.40	0.01	0.03	3.97	5.44
	J&al	5.07	6.84	molto alto	4.60	5.20	0.87	1.96	basso	4.60	4.20	0.17	0.29	4.20	4.87
048004PGC102	B&I	1.31	2.55	moderato	4.80	4.80	0.00	0.02	basso	9.40	0.20	0.00	0.01	1.30	2.52
	J&al	2.78	4.45	moderato	4.80	4.80	0.13	0.48	basso	4.80	1.80	0.05	0.11	2.65	3.98
(*) 048004PGC73	B&I	8.23	7.19	molto alto	2.90	2.80	1.57	1.50	basso	4.90	0.80	0.19	0.21	6.66	5.69
	J&al	9.70	8.34	molto alto	2.90	3.20	3.26	2.88	moderato	3.10	1.00	0.34	0.35	6.44	5.46
048004PGC74	B&I	21.18	14.99	molto alto	1.40	4.80	3.67	2.44	moderato	1.40	1.40	0.17	0.16	17.50	12.55
	J&al	24.42	17.02	molto alto	1.40	4.60	12.15	8.53	alto	1.40	2.40	0.50	0.50	12.28	8.49
048004PGC132	B&I	24.25	20.08	molto alto	2.00	5.80	4.41	3.28	moderato	2.80	1.00	0.18	0.16	19.84	16.81
	J&al	28.19	23.01	molto alto	2.00	6.20	10.59	7.85	alto	2.00	2.20	0.38	0.34	17.60	15.16
048004PGC76	B&I	14.33	9.78	molto alto	1.80	2.60	5.88	3.96	moderato	2.00	1.40	0.41	0.40	8.45	5.82
	J&al	22.60	15.98	molto alto	1.80	3.80	8.96	6.16	alto	2.00	1.60	0.40	0.39	13.64	9.83
048004PGC77	B&I	15.21	15.21	molto alto	2.00	5.40	3.57	4.74	moderato	3.60	2.80	0.24	0.31	11.63	10.47
	J&al	17.15	16.67	molto alto	2.00	5.40	5.24	7.19	alto	3.60	2.80	0.31	0.43	11.91	9.49
048004PGC263	B&I	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00				
048004PGC264	B&I	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00				
(*) 048004PGC265	B&I	20.97	17.49	molto alto	1.00	5.80	1.46	1.04	basso	1.80	1.80	0.07	0.06	19.51	16.45
	J&al	25.16	20.41	molto alto	1.00	6.00	7.47	5.05	alto	1.00	2.40	0.30	0.25	17.69	15.36
048004PGC1358	B&I	23.09	19.33	molto alto	0.60	5.20	11.07	8.19	alto	0.60	2.80	0.48	0.42	12.02	11.13
	J&al	29.91	24.57	molto alto	0.60	6.00	16.74	11.92	alto	0.60	3.00	0.56	0.49	13.18	12.64
(*) 048004PGC266	B&I	13.47	11.95	molto alto	2.60	4.60	1.85	1.38	basso	3.80	1.00	0.14	0.12	11.62	10.57
	J&al	16.04	13.85	molto alto	2.60	4.80	3.86	2.86	moderato	3.00	1.20	0.24	0.21	12.19	10.99

SCHEDA 2: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	metodo	CPTm con correzione di $I_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$					CPTm senza correzione di $I_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$								
		LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2	LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2	R10	R20	$\Delta 10_{REL}$	$\Delta 20_{REL}$
		[-]	[-]		[m]	[m]	[-]	[-]		[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]
048004PGC1359	B&I	11.62	15.64	molto alto	1.20	5.40	1.80	2.34	moderato	3.80	2.00	0.15	0.15	9.82	13.29
	J&al	15.72	18.71	molto alto	1.20	5.80	2.38	4.00	moderato	3.80	1.80	0.15	0.21	13.34	14.71
048004PGC1360	B&I	16.28	16.98	molto alto	2.20	5.60	3.72	3.29	moderato	4.20	3.00	0.23	0.19	12.56	13.69
	J&al	17.69	18.42	molto alto	2.20	5.60	6.82	6.89	alto	4.20	3.00	0.39	0.37	10.87	11.53
048004PGC267	B&I	0.43	0.82	basso	7.60	0.40	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	0.43	0.82
	J&al	0.12	0.42	basso	9.00	0.20	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	0.12	0.42
048004PGC269	B&I	9.69	12.37	molto alto	3.20	5.20	2.34	2.47	moderato	3.20	1.20	0.24	0.20	7.34	9.90
	J&al	11.41	13.72	molto alto	2.80	5.00	5.37	5.04	alto	3.20	1.80	0.47	0.37	6.04	8.68
(*) 048004PGC270	B&I	10.39	7.94	molto alto	2.60	4.00	2.94	2.36	moderato	2.60	1.20	0.28	0.30	7.45	5.58
	J&al	10.38	7.89	molto alto	2.60	3.40	3.15	2.45	moderato	2.60	1.20	0.30	0.31	7.22	5.44
048004PGC271	B&I	6.12	8.19	molto alto	4.00	3.80	0.34	0.68	basso	5.20	1.00	0.06	0.08	5.78	7.50
	J&al	5.39	7.46	molto alto	4.00	3.40	1.71	1.73	basso	4.40	0.80	0.32	0.23	3.68	5.73
048004PGC272	B&I	8.26	11.63	molto alto	3.80	5.00	2.29	3.49	moderato	4.00	1.80	0.28	0.30	5.97	8.14
	J&al	7.92	10.42	molto alto	3.80	4.20	5.00	5.88	alto	3.80	2.20	0.63	0.56	2.92	4.54
048004PGC280	B&I	3.95	5.66	molto alto	3.60	2.20	0.00	0.00	nullo	11.80	0.00	0.00	0.00	3.95	5.66
	J&al	5.40	6.35	molto alto	3.40	2.20	0.00	0.00	nullo	11.80	0.00	0.00	0.00	5.40	6.35
048004PGC281	B&I	0.64	1.18	basso	3.40	0.80	0.00	0.00	basso	6.00	0.20	0.00	0.00	0.63	1.18
	J&al	0.50	0.84	basso	3.40	0.60	0.25	0.23	basso	6.00	0.20	0.50	0.27	0.25	0.62
048004PGC1353	B&I	5.83	11.69	molto alto	3.00	6.60	0.38	0.27	basso	3.00	0.80	0.07	0.02	5.45	11.42
	J&al	8.25	13.91	molto alto	2.80	6.80	0.96	1.23	basso	3.00	0.80	0.12	0.09	7.29	12.68
048004P91	B&I	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00				
(*) 048004P90	B&I	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00				
048004P95	B&I	11.26	18.00	molto alto	3.20	6.00	3.58	6.08	alto	5.80	3.00	0.32	0.34	7.69	11.92
	J&al	13.83	20.44	molto alto	3.20	6.40	5.38	9.05	alto	5.80	3.20	0.39	0.44	8.45	11.39

SCHEDA 2: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	metodo	CPTm con correzione di $I_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$					CPTm senza correzione di $I_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$								
		LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2	LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2	R10	R20	$\Delta 10_{REL}$	$\Delta 20_{REL}$
		[-]	[-]		[m]	[m]	[-]	[-]		[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]
048004P96	B&I	42.85	43.71	molto alto	0.80	11.80	21.68	24.15	molto alto	1.00	8.60	0.51	0.55	21.18	19.56
	J&al	45.49	45.96	molto alto	0.80	11.80	29.02	32.35	molto alto	1.00	9.20	0.64	0.70	16.48	13.61

N. B. Il simbolo (\*) identificale prove che raggiungono profondità inferiori ai 10m.

### B.3 SCHEDA 3: SAN PIERO A SIEVE ( $a_{max} = 0.274g$ ; $M_w = 6.6$ )

ID_SPU	metodo	CPTm con correzione di $l_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$					CPTm senza correzione di $l_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$					R10	R20	$\Delta 10_{REL}$	$\Delta 20_{REL}$
		LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2	LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2				
		[-]	[-]		[m]	[m]	[-]	[-]		[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]
(*) 048040PRT962	B&I	7.51	7.69	alto	2.40	2.80	4.44	5.07	alto	2.40	2.60	0.59	0.66	3.08	2.62
	J&al	7.48	7.14	alto	2.40	2.80	5.82	5.23	alto	2.40	2.40	0.78	0.73	1.66	1.91
048040PRT967	B&I	17.33	19.51	molto alto	1.80	6.80	9.10	12.43	alto	2.00	5.60	0.53	0.64	8.23	7.07
	J&al	21.22	22.43	molto alto	1.80	7.20	12.87	16.39	molto alto	2.00	5.80	0.61	0.73	8.35	6.04
048040PRT968	B&I	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00				
(*) 048040PGC32	B&I	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00				
(*) 048040PGC104	B&I	0.00	0.00	nullo	8.40	0.00	0.00	0.00	nullo	8.40	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	8.40	0.00	0.00	0.00	nullo	8.40	0.00				

N. B. Il simbolo (\*) identifica prove che raggiungono profondità inferiori ai 10m.

**B.4 SCHEDA 4: SCARPERIA ( $a_{max} = 0.284g$ ;  $M_w = 6.6$ )**

ID_SPU	metodo	CPTm con correzione di $I_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$					CPTm senza correzione di $I_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$					R10	R20	$\Delta 10_{REL}$	$\Delta 20_{REL}$	
		LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2	LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2					
		[-]	[-]		[m]	[m]	[-]	[-]		[m]	[m]					[-]
048042PRT884	B&I	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00					
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00					
048040PRT889	B&I	25.61	18.28	molto alto	0.40	3.80	1.69	1.54	basso	3.00	0.40	0.07	0.08	23.92	16.74	
	J&al	29.00	20.59	molto alto	0.40	4.00	2.04	1.83	basso	3.00	0.40	0.07	0.09	26.96	18.75	
048042PGC297	B&I	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00					
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00					
048042PGC298	B&I	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00					
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00					
048042PGC82	B&I	0.98	1.88	basso	5.60	0.80	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	0.98	1.88	
	J&al	0.87	1.50	basso	5.60	0.60	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	0.87	1.50	
(*) 048042PGC1217	B&I	0.00	0.00	nullo	8.60	0.00	0.00	0.00	nullo	8.60	0.00					
	J&al	0.00	0.00	nullo	8.60	0.00	0.00	0.00	nullo	8.60	0.00					
(*) 048042PGC1218	B&I	0.00	0.00	nullo	8.60	0.00	0.00	0.00	nullo	8.60	0.00					
	J&al	0.00	0.00	nullo	8.60	0.00	0.00	0.00	nullo	8.60	0.00					
048042PGC138	B&I	0.72	2.05	moderato	6.40	1.40	0.02	0.02	basso	6.40	0.20	0.03	0.01	0.70	2.02	
	J&al	0.52	0.76	basso	6.40	0.80	0.28	0.27	basso	6.40	0.20	0.54	0.36	0.24	0.49	
(*) 048042PGC1236	B&I	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00					
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00					
048042PGC1237	B&I	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00					
	J&al	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00					
(*) 048042PGC304	B&I	1.28	0.71	basso	1.40	0.60	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00	0.00	0.00	1.28	0.71	
	J&al	3.26	1.98	basso	1.40	0.80	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00	0.00	0.00	3.26	1.98	
048042PGC305	B&I	45.98	36.31	molto alto	0.40	8.20	1.04	0.71	basso	4.00	0.20	0.02	0.02	44.94	35.60	
	J&al	50.10	39.52	molto alto	0.40	8.40	3.26	2.52	moderato	4.00	0.60	0.07	0.06	46.83	37.01	
048042PGC306	B&I	33.65	28.98	molto alto	0.40	7.80	0.99	0.66	basso	3.80	0.20	0.03	0.02	32.66	28.32	
	J&al	37.33	31.54	molto alto	0.40	7.80	5.85	4.29	moderato	3.80	1.00	0.16	0.14	31.48	27.25	
048042PGC45	B&I	0.00	0.00	nullo	12.00	0.00	0.00	0.00	nullo	12.00	0.00					
	J&al	0.00	0.00	nullo	12.00	0.00	0.00	0.00	nullo	12.00	0.00					

SCHEDA 4: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	metodo	CPTm con correzione di $l_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$					CPTm senza correzione di $l_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$					R10	R20	$\Delta 10_{REL}$	$\Delta 20_{REL}$	
		LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2	LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2					
		[-]	[-]		[m]	[m]	[-]	[-]		[m]	[m]					[-]
048042PGC307	B&I	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00					
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00					
(*) 048042PGC84	B&I	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00					
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00					
(*) 048042PGC140	B&I	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00					
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00					
(*) 048042PGC141	B&I	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00					
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00					
(*) 048042PGC142	B&I	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00					
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00					
(*) 048042PGC49	B&I	0.00	0.00	nullo	9.00	0.00	0.00	0.00	nullo	9.00	0.00					
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.00	0.00	0.00	0.00	nullo	9.00	0.00					
(*) 048042PGC110	B&I	0.00	0.00	nullo	9.00	0.00	0.00	0.00	nullo	9.00	0.00					
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.00	0.00	0.00	0.00	nullo	9.00	0.00					
048042PGC1226	B&I	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00					
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00					
048042PGC1227	B&I	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00					
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00					
048042PGC1228	B&I	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00					
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00					
048042PGC1229	B&I	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00					
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00					
048042PGC1230	B&I	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00					
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00					
048042PGC1231	B&I	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00					
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00					
048042PGC87	B&I	12.73	9.93	alto	1.00	4.00	2.08	1.38	basso	3.60	0.80	0.16	0.14	10.64	8.54	
	J&al	13.49	10.37	alto	1.00	4.00	2.45	1.69	basso	2.80	1.00	0.18	0.16	11.04	8.68	

N. B. Il simbolo (\*) identificale prove che raggiungono profondità inferiori ai 10m.

## B.5 SCHEDA 5: VICCHIO ( $a_{max} = 0.282g$ ; $M_w = 6.6$ )

ID_SPU	metodo	CPTm con correzione di $l_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$					CPTm senza correzione di $l_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$								
		LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2	LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2	R10	R20	$\Delta 10_{REL}$	$\Delta 20_{REL}$
		[-]	[-]		[m]	[m]	[-]	[-]		[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]
(*) 048049PGC1245	B&I	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00	0.00	0.00	nullo	9.60	0.00				
048049PGC1389	B&I	15.49	15.71	molto alto	0.40	5.20	3.65	4.19	moderato	0.40	4.00	0.24	0.27	11.83	11.52
	J&al	15.57	16.12	molto alto	0.40	4.80	7.93	9.79	alto	0.40	4.40	0.51	0.61	7.64	6.33
048049PGC1390	B&I	20.29	18.04	molto alto	0.40	5.40	10.93	7.95	alto	0.60	4.20	0.54	0.44	9.36	10.09
	J&al	21.24	18.98	molto alto	0.40	5.60	14.03	12.45	alto	0.60	4.80	0.66	0.66	7.22	6.53
048049PGC1391	B&I	16.28	14.39	alto	0.60	6.20	2.95	1.83	basso	0.60	1.80	0.18	0.13	13.33	12.56
	J&al	20.05	17.30	molto alto	0.60	6.20	6.99	5.54	alto	0.60	4.00	0.35	0.32	13.06	11.77
(*) 048049PGC1374	B&I	0.00	0.00	nullo	9.20	0.00	0.00	0.00	nullo	9.20	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.20	0.00	0.00	0.00	nullo	9.20	0.00				
(*) 048049PGC1373	B&I	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00	0.00	0.00	nullo	9.40	0.00				
048049PGC1256	B&I	0.27	0.64	basso	7.20	0.60	0.11	0.25	basso	8.60	0.40	0.39	0.39	0.17	0.39
	J&al	0.27	0.67	basso	8.60	0.40	0.27	0.66	basso	8.60	0.40	1.00	0.99	0.00	0.00
(*) 048049PGC1386	B&I	27.44	21.49	molto alto	2.00	5.20	7.83	5.24	alto	2.00	1.60	0.29	0.24	19.60	16.25
	J&al	29.90	23.53	molto alto	2.00	5.40	10.35	7.53	alto	2.00	2.20	0.35	0.32	19.56	16.01
(*) 048049PGC1257	B&I	0.29	0.40	basso	7.40	0.60	0.00	0.00	nullo	8.80	0.00	0.00	0.00	0.29	0.40
	J&al	0.36	0.51	basso	7.40	0.40	0.00	0.00	nullo	8.80	0.00	0.00	0.00	0.36	0.51
048049PGC1271	B&I	0.94	2.52	moderato	8.00	1.80	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00	0.00	0.00	0.94	2.52
	J&al	0.67	1.45	basso	8.00	1.00	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00	0.00	0.00	0.67	1.45
048049PGC1381	B&I	1.88	3.79	moderato	6.80	2.60	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00	0.00	0.00	1.88	3.79
	J&al	1.48	2.78	moderato	6.80	1.80	0.12	0.13	basso	6.80	0.40	0.08	0.05	1.36	2.65
048049PGC1435	B&I	0.39	1.64	basso	8.40	1.60	0.02	0.13	basso	8.60	1.40	0.05	0.08	0.37	1.51
	J&al	0.50	2.05	moderato	8.40	1.60	0.31	1.53	basso	8.40	1.40	0.62	0.75	0.19	0.52
048049PGC1272	B&I	0.86	2.13	moderato	7.80	1.40	0.05	0.08	basso	7.80	0.20	0.06	0.04	0.80	2.05
	J&al	0.97	2.43	moderato	7.80	1.60	0.23	0.34	basso	7.80	0.20	0.23	0.14	0.75	2.09

SCHEDA 5: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	metodo	CPTm con correzione di $l_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$					CPTm senza correzione di $l_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$								
		LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2	LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2	R10	R20	$\Delta 10_{REL}$	$\Delta 20_{REL}$
		[-]	[-]		[m]	[m]	[-]	[-]		[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]
048049PGC1382	B&I	1.55	3.51	moderato	7.40	2.40	0.56	1.07	basso	7.40	1.40	0.36	0.31	0.99	2.44
	J&al	1.74	3.96	moderato	7.40	2.40	0.69	1.68	basso	7.40	1.20	0.40	0.43	1.05	2.27
048049PGC1436	B&I	0.78	2.59	moderato	8.00	2.00	0.02	0.09	basso	8.00	0.60	0.02	0.03	0.76	2.50
	J&al	0.94	2.74	moderato	8.00	1.80	0.22	0.38	basso	8.00	0.40	0.23	0.14	0.73	2.36
048049PGC1273	B&I	0.83	2.28	moderato	7.80	1.60	0.11	0.28	basso	8.00	0.60	0.13	0.12	0.72	1.99
	J&al	0.67	1.58	basso	7.80	1.00	0.12	0.51	basso	9.00	0.40	0.18	0.32	0.55	1.07
048049PGC1383	B&I	1.62	3.27	moderato	7.20	2.00	0.13	0.32	basso	8.00	0.40	0.08	0.10	1.49	2.95
	J&al	0.75	1.79	basso	7.80	1.00	0.33	0.74	basso	8.00	0.40	0.44	0.41	0.42	1.05
048049PGC1437	B&I	0.02	0.28	basso	9.60	0.20	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.28
	J&al	0.02	0.31	basso	9.60	0.20	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.31
048049PGC1274	B&I	0.95	1.96	basso	7.40	1.40	0.23	0.42	basso	8.00	0.60	0.24	0.21	0.72	1.54
	J&al	1.08	1.92	basso	7.40	1.20	0.48	1.01	basso	8.00	0.80	0.44	0.52	0.60	0.91
048049PGC1384	B&I	1.77	2.55	moderato	7.00	1.60	0.39	0.61	basso	7.00	0.60	0.22	0.24	1.38	1.94
	J&al	2.00	2.87	moderato	7.00	1.60	0.84	1.29	basso	7.00	0.80	0.42	0.45	1.16	1.58
048049PGC1438	B&I	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00				
048049PGC1439	B&I	0.09	0.22	basso	8.60	0.20	0.01	0.02	basso	8.60	0.20	0.09	0.09	0.09	0.20
	J&al	0.11	0.26	basso	8.60	0.20	0.10	0.24	basso	8.60	0.20	0.92	0.92	0.01	0.02
048049PGC1440	B&I	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00				
048049PGC1441	B&I	0.19	0.84	basso	8.80	0.60	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.84
	J&al	0.14	0.63	basso	8.80	0.40	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.63
048049PGC1442	B&I	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00				
(*) 048049PGC53	B&I	0.52	0.89	basso	8.00	0.40	0.00	0.00	nullo	8.80	0.00	0.00	0.00	0.52	0.89
	J&al	1.23	1.48	basso	4.80	0.60	0.00	0.00	nullo	8.80	0.00	0.00	0.00	1.23	1.48
(*) 048049PGC113	B&I	8.41	8.74	alto	4.00	4.80	0.69	0.86	basso	4.00	3.40	0.08	0.10	7.72	7.88
	J&al	9.75	10.02	alto	4.00	4.80	4.63	4.54	moderato	4.00	3.60	0.48	0.45	5.12	5.47
048049PGC54	B&I	3.17	5.13	alto	5.40	4.20	0.05	0.46	basso	5.40	0.60	0.02	0.09	3.11	4.68
	J&al	2.85	4.76	moderato	5.40	3.20	0.47	0.95	basso	5.40	1.00	0.17	0.20	2.37	3.81

SCHEDA 5: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	metodo	CPTm con correzione di $l_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$					CPTm senza correzione di $l_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$								
		LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2	LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2	R10	R20	$\Delta 10_{REL}$	$\Delta 20_{REL}$
		[-]	[-]		[m]	[m]	[-]	[-]		[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]
(*) 048049PGC55	B&I	0.46	0.58	basso	6.20	1.20	0.00	0.00	nullo	9.20	0.00	0.00	0.00	0.46	0.58
	J&al	0.02	0.02	basso	6.20	0.40	0.00	0.00	nullo	9.20	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02
048049PGC1361	B&I	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00				
048049PGC1362	B&I	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00				
048049PGC1363	B&I	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00				
048049PGC1261	B&I	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00	0.00	0.00	nullo	10.00	0.00				
048049PGC1263	B&I	29.04	24.38	molto alto	1.60	6.80	5.09	5.76	alto	2.40	2.60	0.18	0.24	23.95	18.61
	J&al	32.99	27.61	molto alto	1.60	7.00	9.13	9.33	alto	2.40	3.20	0.28	0.34	23.85	18.28
048049PGC1264	B&I	34.95	25.33	molto alto	0.20	5.40	9.52	5.65	alto	0.20	1.40	0.27	0.22	25.42	19.69
	J&al	37.69	27.71	molto alto	0.20	5.60	14.84	9.29	alto	0.20	1.80	0.39	0.34	22.85	18.41
048049PGC1265	B&I	24.54	17.58	molto alto	0.20	4.40	9.09	6.56	alto	0.20	2.00	0.37	0.37	15.45	11.02
	J&al	30.01	22.09	molto alto	0.20	5.20	14.19	10.20	alto	0.20	2.40	0.47	0.46	15.82	11.90
048049PGC1267	B&I	36.26	26.09	molto alto	0.20	6.40	8.77	6.05	alto	0.20	2.80	0.24	0.23	27.48	20.05
	J&al	44.61	32.74	molto alto	0.20	7.60	15.65	11.98	alto	0.20	3.40	0.35	0.37	28.96	20.76
048049PGC1268	B&I	28.05	24.28	molto alto	0.40	9.80	2.05	1.77	basso	3.40	1.20	0.07	0.07	26.00	22.51
	J&al	32.41	28.43	molto alto	0.40	10.00	6.23	5.66	alto	2.80	4.80	0.19	0.20	26.19	22.78
(*) 048049PGC1269	B&I	25.99	18.24	molto alto	1.80	4.40	3.68	3.14	moderato	2.00	1.60	0.14	0.17	22.31	15.10
	J&al	31.11	21.86	molto alto	1.80	5.00	7.77	6.17	alto	2.00	2.00	0.25	0.28	23.35	15.69
(*) 048049PGC1278	B&I	0.00	0.00	nullo	9.20	0.00	0.00	0.00	nullo	9.20	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.20	0.00	0.00	0.00	nullo	9.20	0.00				
048049PGC1375	B&I	4.99	5.77	alto	4.00	2.40	0.00	0.30	basso	10.00	0.20	0.00	0.05	4.99	5.47
	J&al	6.34	6.93	alto	4.00	2.60	0.02	0.02	basso	6.20	0.40	0.00	0.00	6.32	6.90
048049PGC1376	B&I	0.44	2.53	moderato	8.60	1.20	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00	0.00	0.00	0.44	2.53
	J&al	0.48	1.86	basso	8.60	0.80	0.00	0.00	nullo	10.40	0.00	0.00	0.00	0.48	1.86
048049PGC1377	B&I	0.96	2.45	moderato	8.00	1.00	0.22	0.50	basso	8.60	0.20	0.22	0.21	0.75	1.95
	J&al	1.02	2.61	moderato	8.00	1.00	0.27	0.63	basso	8.60	0.20	0.26	0.24	0.75	1.98

SCHEDA 5: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	metodo	CPTm con correzione di $l_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$					CPTm senza correzione di $l_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$								
		LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2	LPI10	LPI20	classe di rischio	H1	H2	R10	R20	$\Delta 10_{REL}$	$\Delta 20_{REL}$
		[-]	[-]		[m]	[m]	[-]	[-]		[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]
048049PGC1459	B&I	14.83	15.40	molto alto	3.20	6.80	3.17	3.06	moderato	3.20	4.00	0.21	0.20	11.67	12.33
	J&al	16.47	16.98	molto alto	3.20	6.80	8.33	8.48	alto	3.20	4.40	0.51	0.50	8.15	8.50
048049PGC1460	B&I	14.65	15.51	molto alto	3.40	6.60	0.56	0.90	basso	6.60	1.40	0.04	0.06	14.09	14.61
	J&al	16.28	17.04	molto alto	3.40	6.60	1.50	2.07	moderato	6.60	1.80	0.09	0.12	14.78	14.97
048049PGC1461	B&I	10.53	11.65	alto	3.40	5.00	0.55	1.02	basso	8.00	1.20	0.05	0.09	9.98	10.63
	J&al	12.27	13.27	alto	3.40	5.40	0.54	1.22	basso	8.20	1.40	0.04	0.09	11.73	12.05
(*) 048049PGC327	B&I	0.19	0.26	basso	7.60	0.40	0.00	0.00	nullo	8.40	0.00	0.00	0.00	0.19	0.26
	J&al	0.29	0.43	basso	7.60	0.60	0.00	0.00	nullo	8.40	0.00	0.00	0.00	0.29	0.43
048049PGC1306	B&I	24.36	21.99	molto alto	2.20	7.40	2.08	2.01	moderato	3.00	3.40	0.09	0.09	22.28	19.98
	J&al	26.99	24.21	molto alto	2.20	7.40	8.61	8.07	alto	3.00	4.40	0.32	0.33	18.38	16.15
048049PGC1378	B&I	28.15	32.79	molto alto	0.20	10.80	14.23	14.52	alto	0.20	7.20	0.51	0.44	13.92	18.26
	J&al	29.22	33.68	molto alto	0.20	10.00	19.23	20.71	molto alto	0.20	7.00	0.66	0.61	10.00	12.97
048049PGC332	B&I	1.34	2.00	moderato	4.80	1.20	0.00	0.41	basso	10.20	0.20	0.00	0.21	1.34	1.59
	J&al	2.25	2.75	moderato	4.60	1.40	0.08	0.60	basso	6.60	0.80	0.04	0.22	2.17	2.15
048049PGC1303	B&I	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00				
048049PGC1304	B&I	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00	0.00	0.00	nullo	9.80	0.00				
048049PGC1299	B&I	6.73	7.37	alto	1.20	3.00	0.45	0.97	basso	4.00	1.00	0.07	0.13	6.28	6.40
	J&al	8.99	8.88	alto	0.80	3.80	1.19	2.02	moderato	4.00	1.20	0.13	0.23	7.80	6.86
048049PGC1300	B&I	7.22	6.89	alto	0.40	2.80	0.93	0.63	basso	0.40	0.40	0.13	0.09	6.29	6.26
	J&al	9.88	9.05	alto	0.40	4.20	2.48	1.68	basso	0.40	0.80	0.25	0.19	7.40	7.38
048049PGC1289	B&I	0.00	0.00	nullo	11.00	0.00	0.00	0.00	nullo	11.00	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	11.00	0.00	0.00	0.00	nullo	11.00	0.00				
048049PGC1286	B&I	0.00	0.00	nullo	14.80	0.00	0.00	0.00	nullo	14.80	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	14.80	0.00	0.00	0.00	nullo	14.80	0.00				
048049PGC1285	B&I	0.00	0.00	nullo	14.80	0.00	0.00	0.00	nullo	14.80	0.00				
	J&al	0.00	0.00	nullo	14.80	0.00	0.00	0.00	nullo	14.80	0.00				
(*) CPT1	B&I	3.88	3.70	moderato	5.00	3.00	0.71	0.63	basso	5.20	1.20	0.18	0.17	3.17	3.07
	J&al	4.40	4.08	moderato	3.80	3.80	1.36	1.31	basso	5.20	1.00	0.31	0.32	3.04	2.76

SCHEDA 5: (CONTINUAZIONE)

ID_SPU	metodo	CPTm con correzione di $l_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$					CPTm senza correzione di $l_c$ e $(q_{c1N})_{cs}$								
		LPI10 [-]	LPI20 [-]	classe di rischio	H1 [m]	H2 [m]	LPI10 [-]	LPI20 [-]	classe di rischio	H1 [m]	H2 [m]	R10 [-]	R20 [-]	$\Delta 10_{REL}$ [-]	$\Delta 20_{REL}$ [-]
CPT2	B&I	10.21	16.63	molto alto	4.20	9.20	0.47	2.81	moderato	6.40	3.80	0.05	0.17	9.74	13.82
	J&al	11.28	18.34	molto alto	4.20	9.60	0.73	4.64	moderato	6.40	4.00	0.07	0.25	10.55	13.70
CPT3	B&I	3.97	12.40	alto	4.00	7.80	1.07	3.31	moderato	5.00	3.80	0.27	0.27	2.90	9.09
	J&al	3.89	12.53	alto	4.00	7.40	1.65	4.72	moderato	5.20	3.00	0.42	0.38	2.24	7.80
CPT4	B&I	4.87	11.83	alto	4.20	7.80	1.73	2.07	moderato	5.60	2.20	0.35	0.18	3.15	9.76
	J&al	3.42	9.23	alto	4.60	6.20	1.01	1.65	basso	4.60	1.80	0.30	0.18	2.41	7.57
CPT5	B&I	30.12	37.56	molto alto	2.00	12.80	9.02	9.45	alto	2.80	3.80	0.30	0.25	21.10	28.11
	J&al	32.80	39.84	molto alto	2.00	12.60	17.00	16.33	molto alto	2.80	4.60	0.52	0.41	15.79	23.50
CPT6	B&I	4.21	8.09	alto	5.20	4.40	0.42	0.97	basso	7.00	0.60	0.10	0.12	3.79	7.11
	J&al	4.44	7.74	alto	5.20	3.80	0.56	1.52	basso	7.00	0.80	0.13	0.20	3.87	6.23
CPT7	B&I	10.57	19.91	molto alto	2.80	11.40	3.04	4.68	moderato	3.60	5.00	0.29	0.24	7.53	15.23
	J&al	9.96	19.70	molto alto	2.80	10.40	5.23	6.58	alto	3.80	4.20	0.53	0.33	4.72	13.12
CPT8	B&I	5.58	12.80	alto	5.20	5.40	1.09	1.31	basso	5.40	0.80	0.20	0.10	4.49	11.49
	J&al	5.32	13.22	alto	5.40	5.40	1.31	1.61	basso	6.40	0.60	0.25	0.12	4.01	11.61
CPT9bis	B&I	0.74	6.74	alto	6.60	4.20	0.25	2.31	moderato	8.60	1.80	0.33	0.34	0.49	4.43
	J&al	0.90	6.59	alto	6.60	4.40	0.16	2.11	moderato	8.60	1.60	0.17	0.32	0.74	4.48
CPT10	B&I	16.97	26.38	molto alto	2.80	10.40	6.41	5.50	alto	2.80	2.40	0.38	0.21	10.56	20.88
	J&al	19.21	28.96	molto alto	2.80	10.20	11.04	9.01	alto	2.80	2.80	0.57	0.31	8.17	19.95

N. B. Il simbolo (\*) identificale prove che raggiungono profondità inferiori ai 10m.