

Studio di
Geologia
Applicata e
Ambientale

GEOL. NICOLA TULLO
GEOL. ADRIANO TULLO
GEOL. ANNA PIA APILONGO

Società Agricola Carpineto Sinello S.r.l.
Viale Isonzo 72/1 – 42121 Reggio Emilia

Progetto:

**“Ampliamento Impianto Fotovoltaico”
Contrada Castelluccio - Comune di Atesa (CH).**

Elaborato:

**STUDIO DI
COMPATIBILITA' IDROGEOLOGICA**

**Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico - Regione Abruzzo
“Fenomeni gravitativi e Processi Erosivi”**

Geologo:

Dott. Geol. Nicola Tullò



Atessa, Marzo 2019

La presente relazione è costituita da n. 86 pagine esclusa la copertina

INDICE

1.0 PREMESSA	2
2.0 UBICAZIONE E INQUADRAMENTO GEOLOGICO	3
3.0 ASSETTO GEOMORFOLOGICO E PIANO STRALCIO DI BACINO	7
4.0 INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE	9
<i>4.1 Prove penetrometriche statiche (CPT)</i>	<i>10</i>
5.0 MODELLO GEOLOGICO	11
6.0 MODELLO GEOTECNICO	12
7.0 ANALISI DI STABILITA'	13
8.0 MODELLAZIONE SISMICA	16
<i>8.1 Carta delle microaree a comportamento sismico omogeneo (MOPS)</i>	<i>17</i>
<i>8.2 Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento</i>	<i>19</i>
<i>8.3 Stati limite, probabilità di superamento e periodo di ritorno</i>	<i>20</i>
<i>8.4 Categoria di suolo di fondazione</i>	<i>22</i>
<i>8.5 Condizioni topografiche e amplificazione topografica</i>	<i>22</i>
<i>8.6 Suscettività alla liquefazione</i>	<i>23</i>
<i>8.7 Pericolosità sismica di base</i>	<i>25</i>
<i>8.8 Pericolosità sismica di sito</i>	<i>28</i>
9.0 RAPPORTO FINALE DI COMPATIBILITA' IDROGEOLOGICA	32

ALLEGATI:

- Veduta aerea;
- Carta delle pendenze;
- Carta Geomorfologica del P.A.I.;
- Carta della Pericolosità del P.A.I.;
- Ubicazione indagini;
- Stratigrafie sondaggi;
- Report prove penetrometriche statiche (cpt);
- Report analisi di stabilità;
- Documentazione fotografica.

1.0 PREMESSA

Su incarico della Società Agricola Carpineto Sinello S.r.l. – Viale Isonzo 72/1 – 42121 Reggio Emilia è stato eseguito uno **studio di compatibilità idrogeologica per il progetto di “Ampliamento Impianto Fotovoltaico” in Contrada Castelluccio nel Comune di Atesa (CH).**



Fig. 1 - Veduta aerea

L'area in esame risulta compresa in Zona P2 (Pericolosità elevata) tra quelle perimetrate nella Carta della Pericolosità del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico - “*Fenomeni gravitativi e Processi Erosivi*” della Regione Abruzzo: gli interventi in progetto (installazione di pannelli termici e/o fotovoltaici che non comportino la realizzazione di strutture in elevazione) sono consentiti ai sensi dell'**Art. 17 - Disciplina delle aree a pericolosità elevata (P2) - Comma 1 lettera e) - Deliberazione di Consiglio Regionale dell'Abruzzo 04 maggio 2010, n. 39/6 (B.U.R.A. 23 giugno 2010, n. 41 ordinario).**

Tale studio è teso ad illustrare la compatibilità del progetto con le finalità del Piano, in particolare per quanto riguarda l'incolumità delle persone, al danno incombente e all'organica sistemazione del territorio.

In base agli indirizzi tecnici riportati nelle Norme di Attuazione, il presente studio di compatibilità idrogeologica prende in considerazione:

- le caratteristiche litostratigrafiche e geomorfologiche locali;
- la caratterizzazione sismica dell'area;
- gli eventuali interventi di consolidamento e stabilizzazione dell'area.

Il presente studio, pertanto, è stato articolato nelle seguenti fasi:

- ricerca bibliografica dei lavori e degli studi eseguiti nella zona;
- rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio e relativo confronto con le carte tematiche del P.A.I.;
- consultazione delle indagini eseguite per la realizzazione dell'impianto esistente (n.3 sondaggi geognostici con carotaggio continuo e n.3 prove penetrometriche statiche);
- esecuzione di n. 8 prove penetrometriche statiche (CPT);
- redazione della presente relazione di compatibilità.

2.0 UBICAZIONE E INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area in studio è ubicata a Nord del centro abitato di Atesa, in Località Castelluccio, ed è caratterizzata da una morfologia da poco a mediamente inclinata, appartenente al versante in destra idrografica di un ramo secondario del Fosso Fornello, affluente del F.Sangro.

Tutto il territorio è stato studiato e compreso nella Carta Geologica del Molise (2004) a cura di L. VEZZANI, F. GHISSETTI & A. FESTA, a scala 1:100.000, che tiene conto del gran numero di sondaggi e linee sismiche eseguiti per la ricerca di idrocarburi, per cui per le formazioni presenti e per la loro datazione ci si è basati, oltre ai Foglio 147 – Lanciano e Foglio 148 – Vasto della Carta Geologica d'Italia, anche su quest'ultima cartografia, essendo la più aggiornata.

In particolare, nella zona in studio, sono state differenziate due successioni appartenenti a bacini satelliti dell'avanfossa messiniano-pliocenica: la *Formazione Atessa* e la *Successione di Palombaro, Casalanguida e Larino* (da Note Illustrative Carta Geologica del Molise di A. FESTA, F. GHISSETTI & L. VEZZANI, 2006) o *Argille di Fara San Martino* (VEZZANI et alii, 2004).

La *Formazione Atessa* è rappresentata da prevalenti sabbie gialle ben stratificate in banchi di qualche decimetro con sottili intercalazioni argillose passanti verso l'alto e lateralmente ad argille marnose azzurre con rari e sottili livelli di siltiti argillose.

Le sabbie gialle basali della *Formazione Atessa* poggiano discordanti sia sulle *Argille Scagliose* delle Unità Sicilidi, sia - con rapporto di onlap - su argille marnose azzurre di età Pliocene medio-inferiore (*Argille di Fara San Martino* -VEZZANI & GHISSETTI, 1998)

La *Formazione Atessa*, che mostra uno spessore complessivo di 200-250 m, è separata dai coevi depositi dell'avanfossa dalla struttura antiforme di Colle Cenere-M. Calvo (VEZZANI & GHISSETTI, 1998) dove affiora il Mélange tettonico dei Monti Frentani costituito in prevalenza da Argille Scagliose Sicilidi e da argille infraplioceniche della Successione di Palombaro, Casalanguida e Larino (VEZZANI et alii, 2004).

Come riportato nello stralcio riportato di seguito – fig.2 della Carta Geologico-Tecnica da noi redatta per lo Studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 del Comune di Atessa, nella zona in studio affiorano le Argille Scagliose Sicilidi e le argille marnose azzurre (*Argille di Fara San Martino*), ricoperte da coltri eluvio-colluviali e di frana.

Tale situazione stratigrafica è illustrata nella sezione geologica riportata nella fig.3.

La situazione idrogeologica del sottosuolo è influenzata dai caratteri di permeabilità dei litotipi presenti: i depositi colluviali presentano mediocri caratteristiche di permeabilità per porosità, mentre i sedimenti argillosi del substrato risultano scarsamente permeabili e rappresentano la base degli acquiferi.

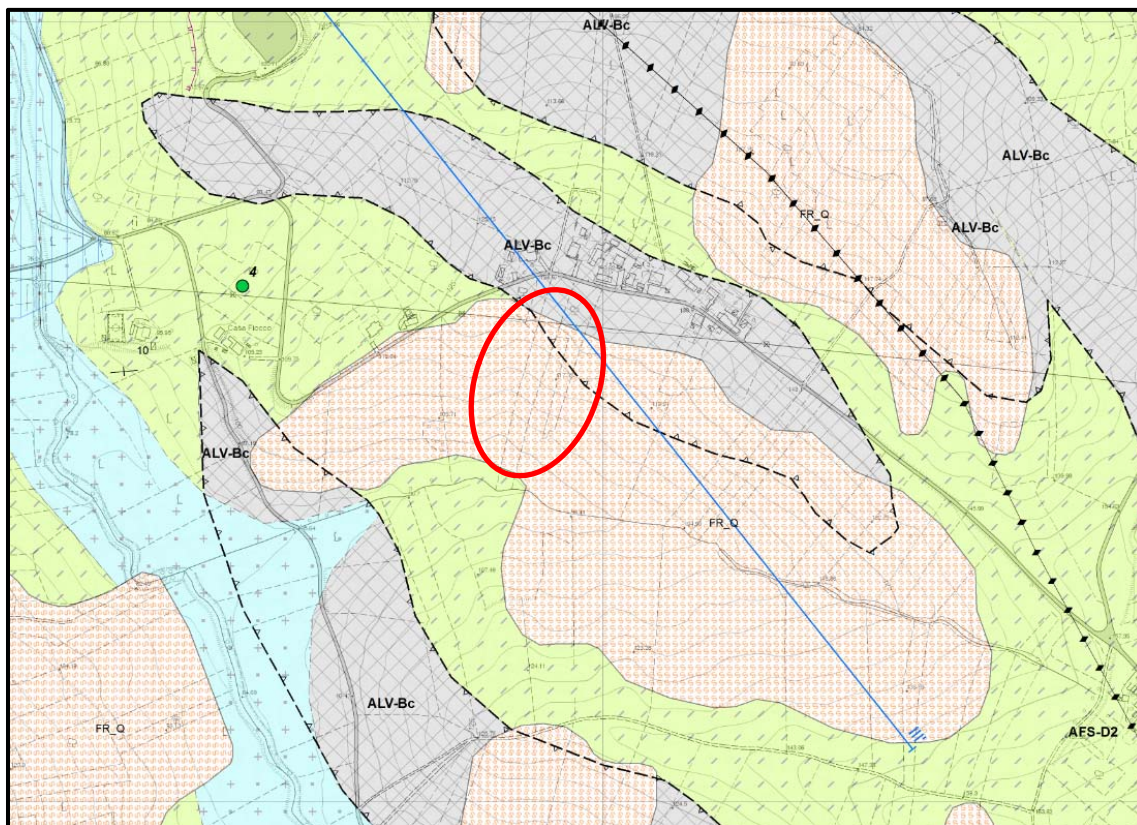
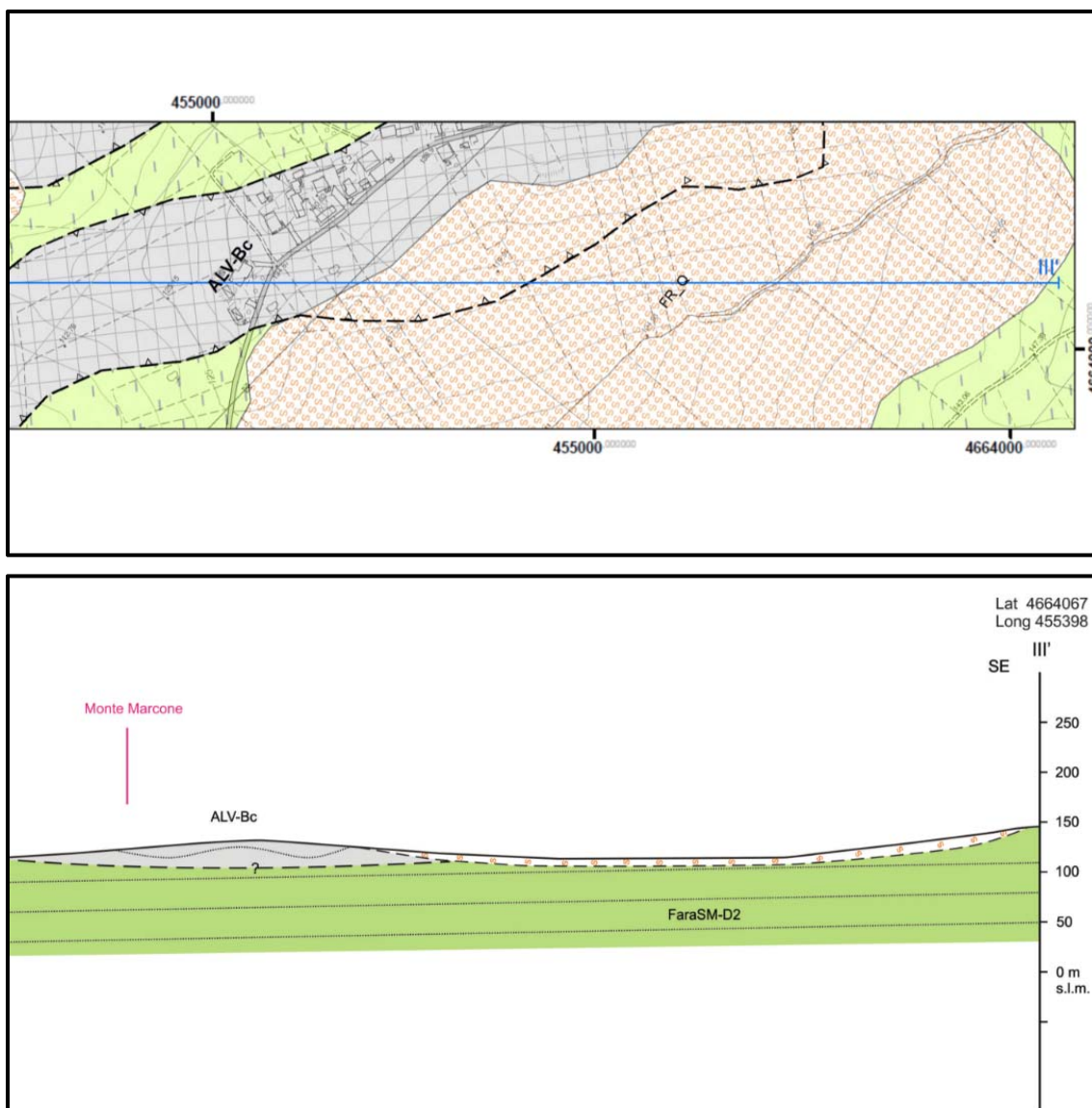


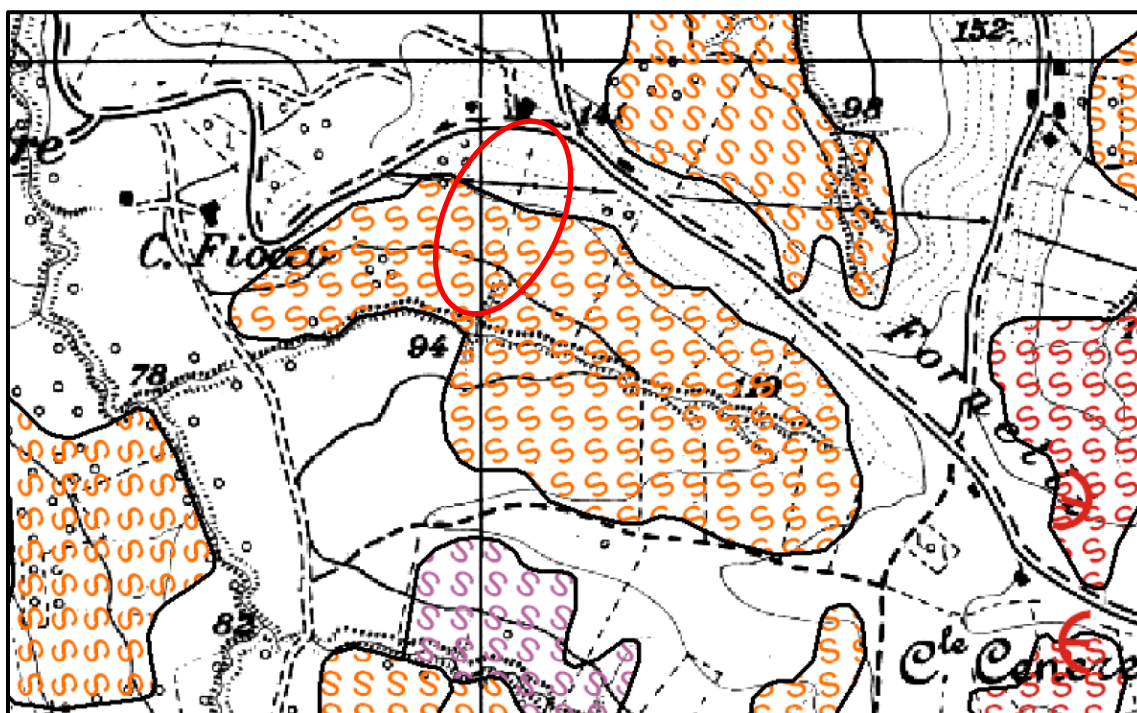
Fig. 2– Stralcio Carta geologico-tecnica – Microzonazione sismica liv. 1 – Atessa



*Fig. 3– Particolare Sezione III – III' - Carta geologico-tecnica –
Microzonazione sismica liv. 1 – Atessa*

3.0 ASSETTO GEOMORFOLOGICO E PIANO STRALCIO DI BACINO

Gran parte della zona interessata dal nuovo impianto risulta inserita in zona a pericolosità elevata (P2) tra quelle perimetrate nella Carta della Pericolosità del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico *“Fenomeni gravitativi e processi erosivi”* della Regione Abruzzo, in quanto compresa in un'area soggetta a deformazioni superficiali lente quiescenti, così come riportato negli stralci seguenti.



	STATO DI ATTIVITA'		
	ATTIVO	QUIESCENTE	NONATTIVO
Orlo di scarpata di degradazione e/o di frana			
Trincea o fessura			
Frattura di trazione			
Versante interessato da deformazione profonda			
Versante interessato da deformazioni superficiali lente			

Fig. 4 - Stralcio Carta Geomorfologica del Piano Stralcio di Bacino (371 O).

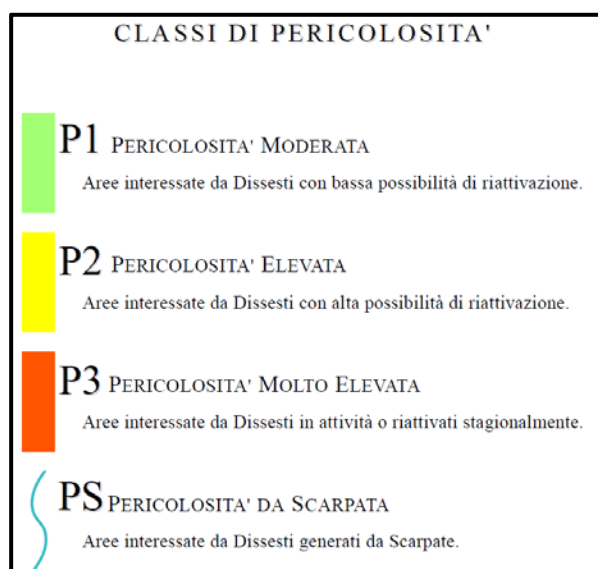
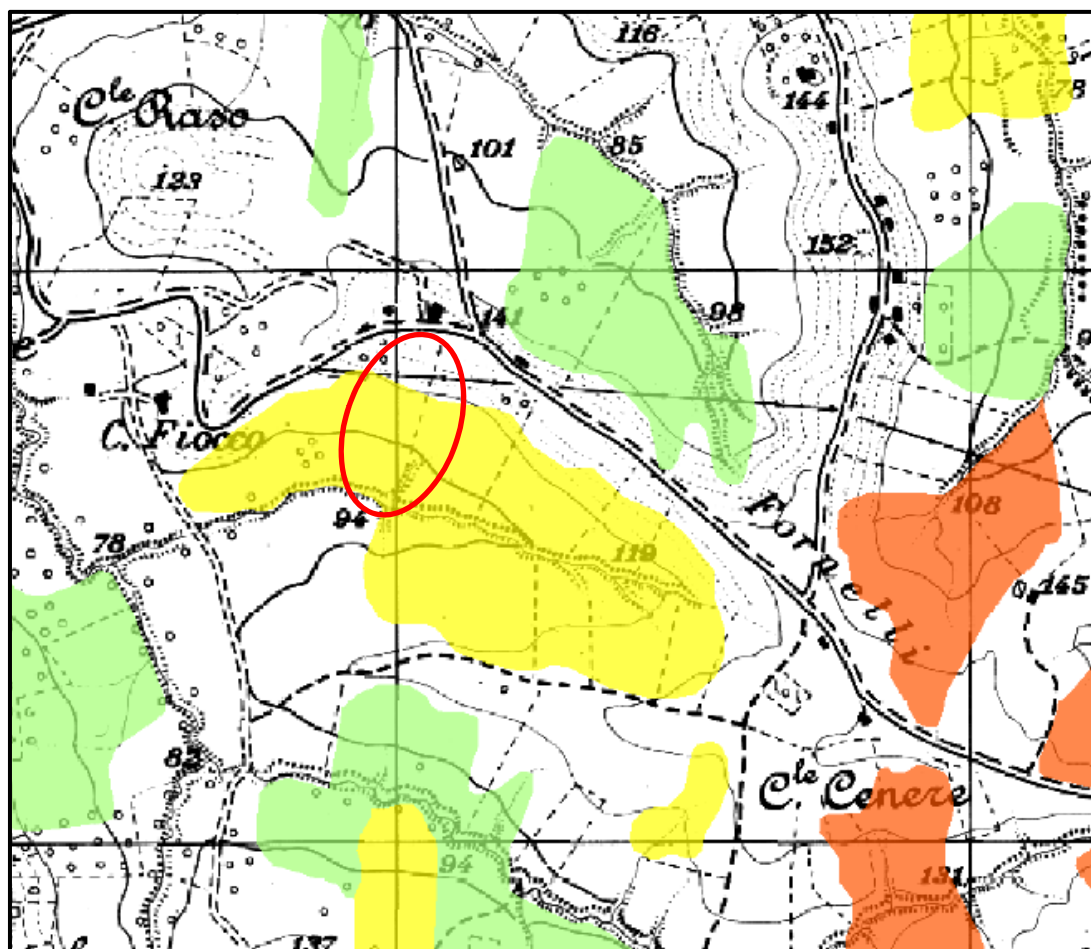


Fig. 5 - Stralcio Carta della Pericolosità del Piano Stralcio di Bacino (371 O).

4.0 INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

Al fine di valutare le caratteristiche di resistenza e compressibilità dei terreni presenti nel sottosuolo dell'area in studio sono state eseguite n. 8 prove penetrometriche statiche (CPT) come nella planimetria allegata.

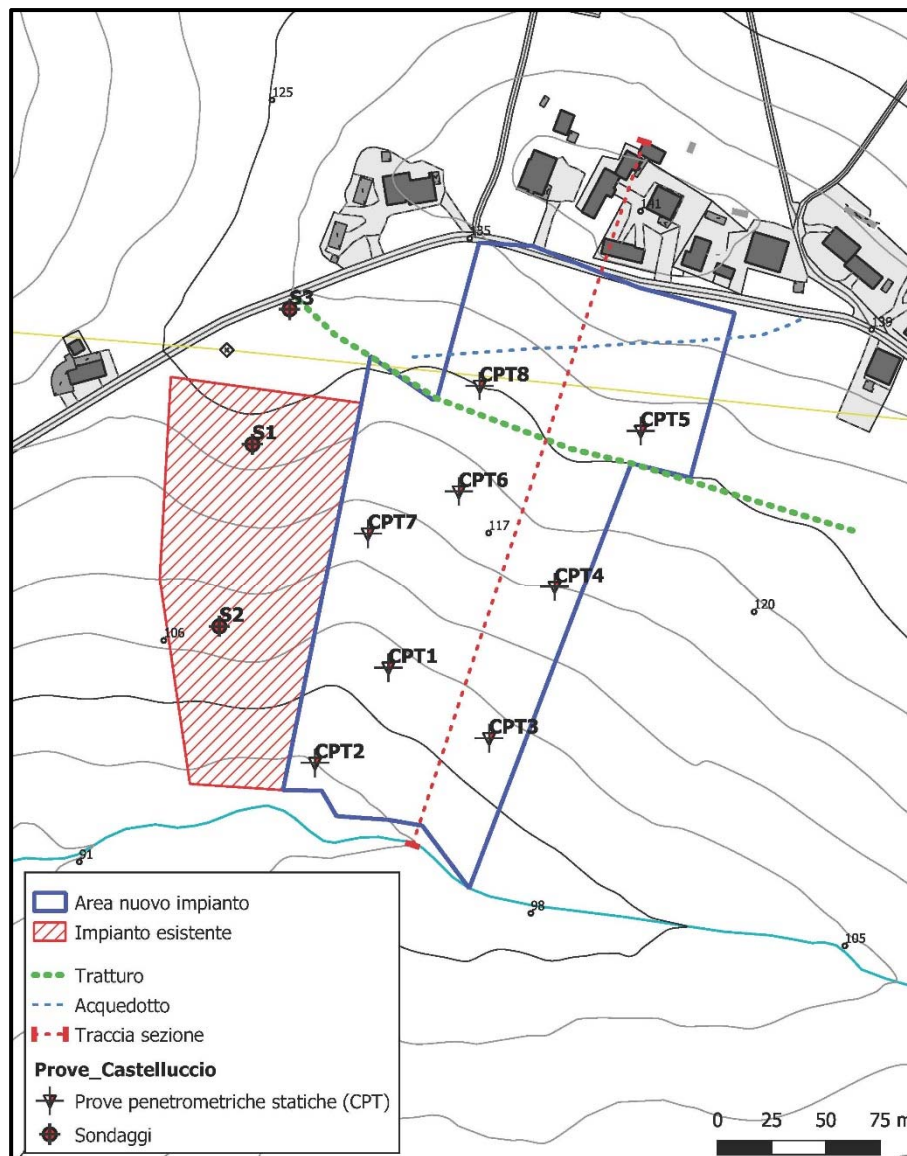


Fig. 6 – Ubicazione indagini

4.1 Prove penetrometriche statiche (CPT)

Le prove penetrometriche statiche sono state eseguite utilizzando una sonda penetrometrica tipo GOUDA da 10 tonnellate. Tali prove si basano sulla misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni e caratteristiche standard, infissa a velocità costante nel terreno.

Lo sforzo per la penetrazione viene applicato per mezzo di un dispositivo di spinta che agisce su una batteria di aste cave alla cui estremità inferiore è collegata la punta.

E' stata usata una punta meccanica tipo "Begemann" con manicotto avente le seguenti dimensioni:

- diametro di base del cono = 35.7 mm
- angolo di apertura del cono = 60°
- area della punta = 10 cm².

Il manicotto ha superficie laterale di 150 cm², le aste cave hanno diametro esterno di 36 mm. Sulle aste è stato installato un anello allargatore a 0.80 m dalla punta, per diminuire l'attrito del terreno lungo la batteria e facilitare l'approfondimento.

Il dispositivo di spinta è costituito da sistema idraulico che esercita sulla batteria di aste cave una spinta di 100 KN; la penetrazione della batteria avviene a velocità costante di 2 cm/sec, indipendentemente dalla resistenza opposta dal terreno.

Quest'ultima è stata rilevata mediante una cella di carico elettronica; nei diagrammi e nelle tabelle allegati sono riportati i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture della cella di carico durante l'infissione dello strumento):

-- Rp (kg/cm²) = resistenza alla punta

-- Rl (Kg/cm²) = resistenza laterale

con le resistenze, alla punta (Rp) e laterale (Rl), rilevate ad intervalli regolari ogni 20 cm.

La macchina operatrice è stata ancorata al terreno tramite elicoidi infissi a rotazione che non hanno permesso movimenti rispetto al piano di lavoro durante l'infissione.

I risultati ottenuti sono riportati in dettaglio nelle tabelle e grafici allegati.

5.0 MODELLO GEOLOGICO

Il rilevamento geologico dell'area e le indagini eseguite nel sito in esame hanno permesso di ricostruirne il modello geologico.

I sondaggi geognostici, eseguiti nella zona adiacente per la realizzazione dell'impianto esistente, hanno permesso di schematizzare, dall'alto verso il basso, la seguente situazione stratigrafica:

- *Terreno vegetale* di color bruno poco consistente con presenza di frustoli vegetali e ciottoli minuti (spessore compreso tra 0.5 m e 1.60 m);
- *Limo sabbioso color avana chiaro*, con presenza di ciottoli eterometrici, livelli sabbiosi di color giallo ocre intervallati a livelli più competenti di natura marnosa. Nel sondaggio eseguito nella parte medio-alta del versante alla profondità di 3,5 metri si riscontra la presenza di un pacco marnoso isolato di color grigio dello spessore di 35 cm, il quale mostra una spiccata permeabilità per fratturazione. Presenza di concrezioni di natura carbonatica e solfatica con accumuli di prodotti di alterazione come ossidi di ferro dovuti alla percolazione delle acque, spessore compreso tra 3.0 m e 6.0 m;
- *Marne ed argille marnose compatte di colore azzurro*. Substrato geologico appartenente alla formazione delle Argille di Fara San Martino (età Pliocene Medio - Inf).

Il sottosuolo interessato, quindi, è costituito superiormente da depositi eluvio-colluviali e inferiormente da un substrato rappresentato da argille marnose molto consistenti.

6.0 MODELLO GEOTECNICO

Dall'esame delle prove penetrometriche eseguite, correlate con le precedenti indagini geognostiche a corredo dell'impianto esistente, si nota che i caratteri geotecnici non variano in maniera notevole in senso orizzontale.

Di seguito vengono riportati i range di valori dei principali parametri geotecnici utili ai fini progettuali, schematizzando il sottosuolo, al di sotto del terreno pedogenizzato (di circa 0.6 m), in due orizzonti:

--- Limi sabbiosi avana ---

Si tratta di terreni formati da limi sabbiosi avana con ciottoli eterometrici, frustoli carboniosi e livelli sabbiosi rossastri, mediamente consistenti. Per tale orizzonte, che presenta uno spessore variabile da 4.20 m a 5.80 m, sono stati ottenuti i seguenti valori dei parametri geotecnici:

• peso di volume	γ	=	$1.9 \div 2.0 \text{ t/m}^3$
• coesione di picco	c'	=	$0.10 \div 0.30 \text{ Kg/cm}^2$
• angolo d'attrito	ϕ'	=	$24^\circ \div 26^\circ$
• coesione non drenata	C_u	=	$0.8 \div 1.2 \text{ Kg/cm}^2$
• modulo di compress. Edometrico	M_o	=	$41 \div 50 \text{ Kg/cm}^2$

--- Argille marnose grigio-azzurre ---

Si tratta di argille marnose e marne, molto consistenti, caratterizzate dai seguenti parametri geotecnici:

• peso di volume	γ	=	$2.0 \div 2.20 \text{ t/m}^3$
• coesione di picco	c'	=	$0.3 \div 0.4 \text{ Kg/cm}^2$
• angolo d'attrito	ϕ'	=	$26^\circ \div 28^\circ$
• coesione non drenata	C_u	=	$1.6 \div 4.5 \text{ Kg/cm}^2$
• modulo di compress. Edometrica	M_o	=	$65 \div 237 \text{ Kg/cm}^2$

7.0 ANALISI DI STABILITA'

La Carta della Pericolosità del PAI indica, nell'area in esame, la presenza di deformazioni superficiali lente quiescenti: sono state, quindi, eseguite le verifiche delle condizioni di stabilità sia nelle condizioni attuali (pre-operam) sia nelle condizioni di progetto (post-operam).

Poichè i fenomeni franosi possono essere ricondotti alla formazione di una superficie di rottura lungo la quale le forze, che tendono a provocare lo scivolamento del pendio, non risultano equilibrate dalla resistenza al taglio del terreno lungo tale superficie, la verifica di stabilità si riconduce alla determinazione di un coefficiente di sicurezza, relativo ad una ipotetica superficie di rottura, pari al rapporto tra la resistenza al taglio disponibile e la resistenza al taglio mobilitata.

Tutte le verifiche effettuate, in condizioni a lungo termine, ossia in termini di tensioni efficaci, sono state condotte nel rispetto dell'*Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 – Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*.

Con particolare riferimento a:

- a) Requisiti di sicurezza e criteri di verifica - Prescrizioni relative ai terreni di fondazione;*
- b) Azione sismica – Categorie di suolo di fondazione; Calcolo dell'azione sismica;*
- c) Norme tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni – Requisiti del sito di costruzione e del terreno di fondazione; Localizzazione del sito di costruzione; Stabilità dei pendii; Terreni suscettibili di liquefazione.*

Le verifiche sono state effettuate utilizzando il metodo di **SARMA**: si tratta di un semplice ma accurato metodo per l'analisi di stabilità dei pendii, che permette di determinare l'accelerazione sismica orizzontale richiesta affinché l'ammasso di terreno, delimitato dalla superficie di scivolamento e dal profilo topografico, raggiunga lo stato di equilibrio limite (accelerazione critica K_c) e, nello stesso tempo, consente di ricavare l'usuale fattore di sicurezza ottenuto come per gli altri metodi più comuni della geotecnica.

Si tratta di un metodo basato sul principio dell'equilibrio limite e delle strisce, pertanto viene considerato l'equilibrio di una potenziale massa di terreno in scivolamento

suddivisa in n strisce verticali di spessore sufficientemente piccolo da ritenere ammissibile l'assunzione che lo sforzo normale N_i agisce nel punto medio della base della striscia.

Le equazioni da prendere in considerazione sono:

- *L'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale del singolo concio;*
- *L'equazione di equilibrio alla traslazione verticale del singolo concio;*
- *L'equazione di equilibrio dei momenti.*

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

$$N_i \cos \alpha_i + T_i \sin \alpha_i = W_i - \Delta X_i$$

$$T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i = K W_i + \Delta E_i$$

Viene, inoltre, assunto che in assenza di forze esterne sulla superficie libera dell'ammasso si ha:

$$\sum \Delta E_i = 0$$

$$\sum \Delta X_i = 0$$

dove E_i e X_i rappresentano, rispettivamente, le forze orizzontale e verticale sulla faccia i -esima del concio generico i .

L'equazione di equilibrio dei momenti viene scritta scegliendo come punto di riferimento il baricentro dell'intero ammasso; sicché, dopo aver eseguito una serie di posizioni e trasformazioni trigonometriche ed algebriche, nel metodo di **Sarma** la soluzione del problema passa attraverso la risoluzione di due equazioni:

$$* \sum \Delta X_i \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha_i) + \sum \Delta E_i = \sum \Delta_i - K \cdot \sum W_i$$

$$** \sum \Delta X_i \cdot [(y_{mi} - y_G) \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha') + (x'_i - x_G)] = \sum W_i \cdot (x_{mi} - x_G) + \sum \Delta_i \cdot (y_{mi} - y_G)$$

Ma l'approccio risolutivo, in questo caso, è completamente capovolto: il problema infatti impone di trovare un valore di K (accelerazione sismica) corrispondente ad un determinato fattore di sicurezza; ed in particolare, trovare il valore dell'accelerazione K corrispondente al fattore di sicurezza $F = 1$, ossia l'accelerazione critica.

Si ha pertanto:

$$K = K_c \text{ accelerazione critica se } F = 1$$

$$F = F_s \text{ fattore di sicurezza in condizioni statiche se } K = 0$$

La seconda parte del problema del Metodo di Sarma è quella di trovare una

distribuzione di forze interne X_i ed E_i tale da verificare l'equilibrio del concio e quello globale dell'intero ammasso, senza violazione del criterio di rottura.

E' stato trovato che una soluzione accettabile del problema si può ottenere assumendo la seguente distribuzione per le forze X_i :

$$\Delta X_i = \lambda \cdot \Delta Q_i = \lambda \cdot (Q_{i+1} - Q_i)$$

dove Q_i è una funzione nota, in cui vengono presi in considerazione i parametri geotecnici medi sulla i -esima faccia del concio i , e λ rappresenta un'incognita.

























La soluzione completa del problema si ottiene pertanto, dopo alcune iterazioni, con i valori di K_c , λ e F , che permettono di ottenere anche la distribuzione delle forze di interstriscia.

Come si può notare nelle tabelle e nei grafici allegati, anche in condizioni di completa imbibizione del pendio e contemporanea sollecitazione sismica, il fattore di sicurezza mostra valori sempre superiori all'unità ($F_s \min = 1,8$).

8.0 MODELLAZIONE SISMICA

Per valutare la pericolosità sismica di un luogo è necessario innanzitutto conoscere la sua storia sismica: avere, quindi, una lista dei terremoti che hanno colpito la zona quanto più completa ed estesa nel tempo.

I dati di sismicità storica che riguardano il territorio di Atesa sono stati reperiti all'interno del Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15) a cura dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Nella tabella seguente, per ogni evento sismico, sono riportati l'anno, il mese, il giorno e l'ora, il sito epicentrale, la relativa intensità sismica e i valori di magnitudo momento.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7-8		1706	11	03	13		Maiella	99	10-11	6.84
5-6		1881	09	10	07		Chietino	43	7-8	5.41
2		1892	06	06			Isole Tremiti	68	6	4.88
F		1895	08	09	17	38 2	Adriatico centrale	103	6	5.11
NF		1897	04	27	02	17 5	Maiella	27	5	4.21
NF		1904	11	02	15	32 0	Marsica	44	5-6	4.54
5		1905	08	25	20	41	Valle Peligna	29	6	5.15
NF		1912	07	02	07	34	Tavoliere delle Puglie	49	5	4.55
2-3		1913	10	04	18	26	Molise	205	7-8	5.35
6		1915	01	13	06	52 4	Marsica	1041	11	7.08
7		1933	09	26	03	33 2	Maiella	325	9	5.90
2		1937	07	17	17	11	Tavoliere delle Puglie	40	6	4.96
NF		1938	08	12	02	28 3	Appennino laziale-abruzzese	55	5-6	4.56
NF		1948	12	31	03	32	Monti Reatini	95	8	5.42
5		1979	09	19	21	35 3	Valnerina	694	8-9	5.83
5		1980	11	23	18	34 5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
6		1984	05	07	17	50	Monti della Meta	912	8	5.86
5		1984	05	11	10	41 4	Monti della Meta	342	7	5.47
NF		1992	07	16	05	38 5	Chietino	107	5-6	4.22
3		1995	09	30	10	14 3	Gargano	145	6	5.15
3-4		1997	09	26	09	40 2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
4-5		2002	11	01	15	09 0	Molise	638	7	5.72
4-5		2002	11	12	09	27 4	Molise	174	5-6	4.57
NF		2006	05	29	02	20 0	Gargano	384		4.64

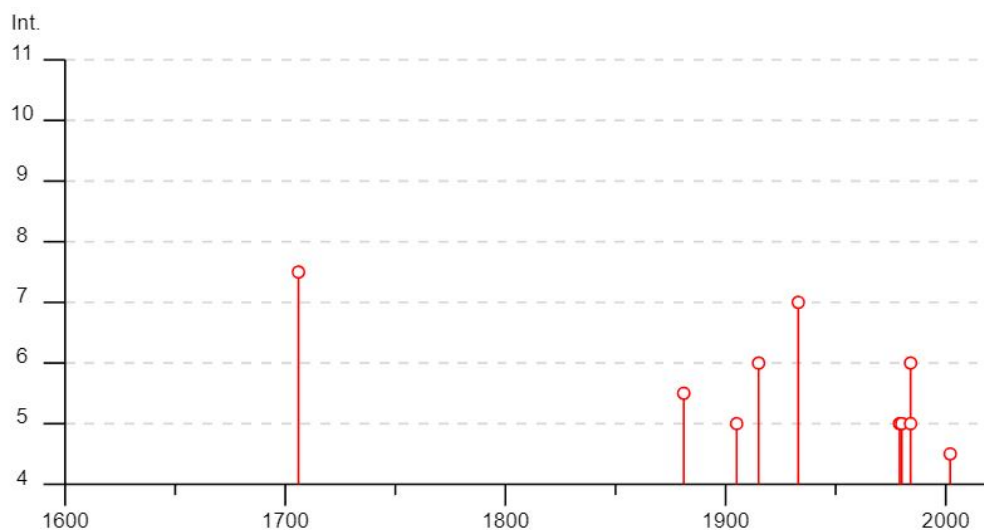


Fig. 7 - Eventi e grafico illustranti la storia sismica di Atesa. Sono riportati i valori dell'intensità sismica al sito MCS (I_s), numero di osservazioni macrosismiche del terremoto (N_p), l'intensità massima (I_x), la magnitudo momento (M_w) (emidi.us.mi.ingv.it).

I dati in tabella mostrano come gli eventi sismici più intensi risentiti ad Atesa sono stati principalmente i terremoti della Maiella del 1706 e del 1933.

8.1 Carta delle microaree a comportamento sismico omogeneo (MOPS)

La *Carta delle microaree a comportamento sismico omogeneo* (livello 1) suddivide il territorio in zone che caratterizzate dal medesimo potenziale di suscettibilità a fenomeni di amplificazione locale indotto dal sisma, attraverso informazioni sintetiche ottenute dalla sovrapposizione di dati geologici, geomorfologici, idrogeologici, geotecnici e geofisici. La carta, redatta dal Comune di Atesa nell'ambito del programma regionale di microzonazione sismica, evidenzia ambiti omogenei dove si può prevedere l'occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall'azione sismica come amplificazioni e instabilità.

Nel contesto del territorio comunale sono state identificate diverse situazioni che, per le specifiche condizioni, possono dare luogo a incrementi della fase sismica e dare origine a fenomeni di instabilità locale.

Nel caso in esame, il sito in oggetto è compreso, per una piccola parte, in una *zona stabile suscettibile di amplificazione sismica Z4*, e per la parte restante in una zona di attenzione per versante quiescente, come si nota dallo stralcio riportato di seguito:

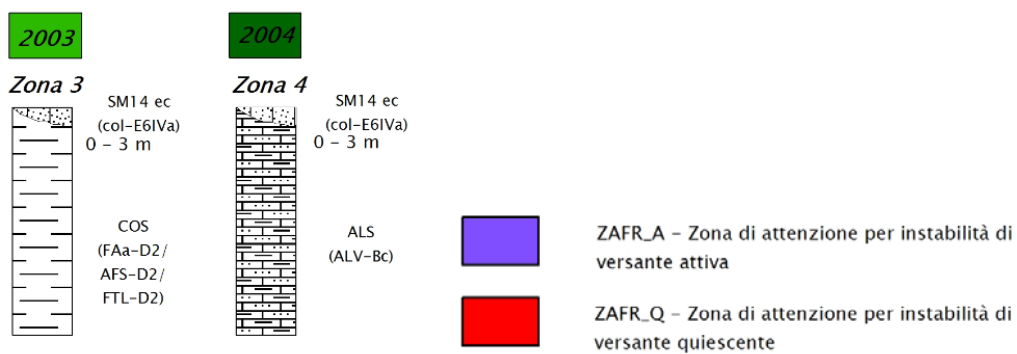
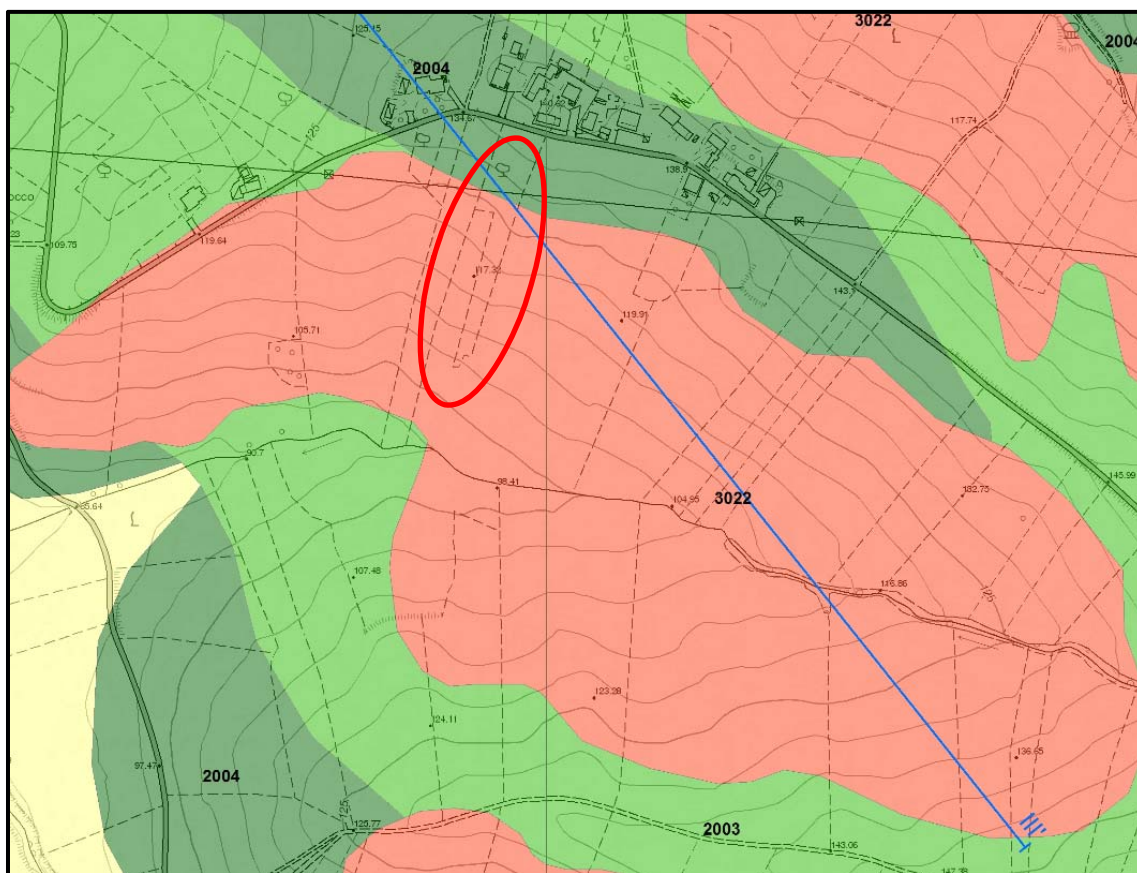


Fig. 8 – Stralcio Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica MOPS

8.2 Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento

Nel **DM 17 gennaio 2018**-Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (2.1)$$

dove:

V_R = periodo di riferimento

V_N = vita nominale

C_U = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale V_N , secondo le NTC 2018, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità.

I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.1. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Tab. 2.1 – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

	TIPI DI COSTRUZIONI	Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Nel caso specifico $V_N = 50$ anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC 2018 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli. $C_U = 0.7$;

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. $C_U = 1.0$;

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso. $C_U = 1.5$;

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica. $C_U = 2.0$;

Nel caso in esame viene presa in considerazione la **classe d'uso II** a cui è associato il coefficiente d'uso $C_U = 1$.

Ricavati i valori di V_N e C_U , è possibile calcolare il periodo di riferimento V_R , che qui vale: $V_R = 50 * 1 = 50$ anni.

8.3 Stati limite, probabilità di superamento e periodo di ritorno

Le NTC 18 prendono in considerazione 4 possibili *stati limite* (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono *stati limite di esercizio* (SLE) e due sono *stati limite ultimi* (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

- **Stato Limite di Danno (SLD)**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)**: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)**: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Ad ogni stato limite è associata una *probabilità di superamento* P_{VR} , ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento V_R , si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di a_g prefissata (a_g = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/T_R$ (T_R = periodo di ritorno).

Stati limite			P_{VR}
Stati limite di esercizio	Stato limite di operatività	SLO	81%
	Stato limite di danno	SLD	63%
Stati limite ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	10%
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	5%

Fissati V_R e P_{VR} per ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni, mediante l'espressione:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (3.1)$$

Tale relazione tra P_{VR} (probabilità) e T_R (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è $V_R = 50$ anni, il tempo di ritorno T_R sarà

Stati limite			T_R
Stati limite di esercizio	Stato limite di operatività	SLO	30
	Stato limite di danno	SLD	50
Stati limite ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	475
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	975

8.4 Categoria di suolo di fondazione

Il D.M. 17.01.2018 (N.T.C.) stabilisce che, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi.

In assenza di tali analisi, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento, così come definite nella tabella seguente:

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i>

La classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{s30} di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità (riferita al piano d'impasto delle fondazioni superficiali o alla testa dei pali).

Nel caso in esame, in base alle prove geotecniche eseguite, il sottosuolo può essere classificato in **Categoria C**.

8.5 Condizioni topografiche e amplificazione topografica

Le condizioni topografiche, al pari di quelle stratigrafiche, concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie

orizzontale.

Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale.

Per condizioni topografiche semplici, si può adottare la seguente classificazione.

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

L'area in studio presenta una morfologia da poco a mediamente pendente e, pertanto, rientra nella **Categoria T1** che porta ad un coefficiente di amplificazione topografico S_T pari a 1,0, come riportato nella tabella seguente:

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

8.6 Suscettività alla liquefazione

Le N.T.C.18 stabiliscono che il sito di progetto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;

3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

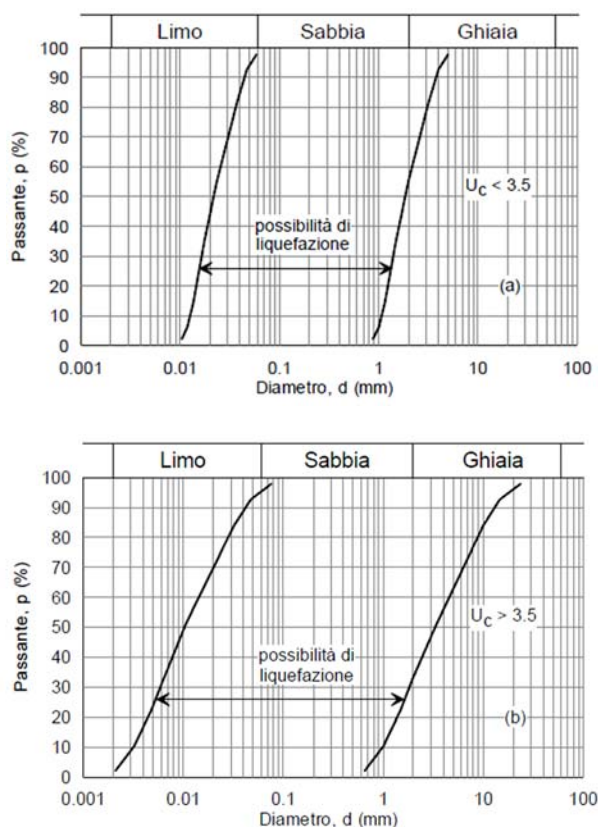


Figura 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.

Nel caso in esame, non sussistono le condizioni per il verificarsi di fenomeni di liquefazione e pertanto la relativa verifica analitica può essere omessa.

8.7 Pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC 2018, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base, le NTC 2018 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione “Mappe interattive della pericolosità sismica”.

Secondo le NTC18 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno T_R (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'**Allegato A** alle NTC2008:

- a_g - accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 - valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* - periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

a_g , il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

F_0 e T_c^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC2008, scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti in tabella (Tabella 4.1), contenuta nell'Allegato B delle NTC08 (a cui le NTC 2018 fanno riferimento), per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno T_R corrispondente alla V_R e P_{VR} fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell'Allegato A alle NTC08:

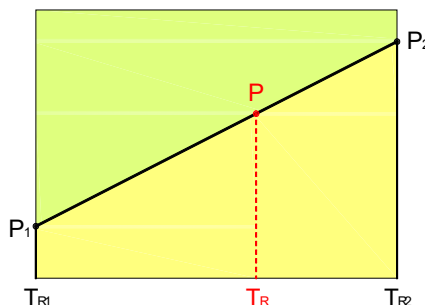
$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \times \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \times \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1} \quad (4.1)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g , F_o , T_c^*) corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato, mentre $p_1, 2$ è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno $T_{R1, 2}$.

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando l'espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad (4.2)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g , F_o , T_c^*) corrispondente al punto considerato, p_i è il valore di tale parametro nell' i -esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo vertice della suddetta maglia.



PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (V_n):	50 [anni]
Classe d'uso:	II
Coefficiente d'uso (C_u):	1
Periodo di riferimento (V_r):	50 [anni]
Periodo di ritorno (T_r) SLO:	30 [anni]
Periodo di ritorno (T_r) SLD:	50 [anni]
Periodo di ritorno (T_r) SLV:	475 [anni]
Periodo di ritorno (T_r) SLC:	975 [anni]
Tipo di interpolazione:	Media ponderata
Coordinate geografiche del punto	
Latitudine (WGS84):	42,1316223 [°]
Longitudine (WGS84):	14,4544764 [°]
Latitudine (ED50):	42,1325951 [°]
Longitudine (ED50):	14,4553614 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	27431	42,131160	14,434100	1760,50
2	27432	42,130590	14,501520	3812,88
3	27210	42,180580	14,502330	6592,48
4	27209	42,181160	14,434850	5658,83

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	Ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,043	2,493	0,288
SLD	50	0,052	2,511	0,322
	72	0,059	2,571	0,338
	101	0,067	2,566	0,352
	140	0,076	2,603	0,364
	201	0,086	2,610	0,378
SLV	475	0,114	2,609	0,434
SLC	975	0,143	2,645	0,450
	2475	0,189	2,701	0,462

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,040	2,529	0,288
SLD	50	0,049	2,523	0,325
	72	0,055	2,581	0,341
	101	0,062	2,624	0,357
	140	0,069	2,622	0,374
	201	0,078	2,619	0,414
SLV	475	0,101	2,692	0,450
SLC	975	0,124	2,723	0,507
	2475	0,158	2,815	0,528

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,039	2,527	0,286
SLD	50	0,047	2,519	0,325
	72	0,054	2,574	0,342
	101	0,060	2,629	0,357
	140	0,067	2,621	0,375
	201	0,075	2,614	0,415
SLV	475	0,097	2,694	0,450
SLC	975	0,119	2,731	0,506
	2475	0,153	2,817	0,525

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,041	2,509	0,287
SLD	50	0,051	2,505	0,320
	72	0,058	2,562	0,337
	101	0,065	2,571	0,352
	140	0,073	2,591	0,366
	201	0,083	2,571	0,402
SLV	475	0,110	2,610	0,433
SLC	975	0,138	2,652	0,449
	2475	0,182	2,705	0,459

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,041	2,508	0,288
SLD	50	0,051	2,514	0,323
SLV	475	0,108	2,639	0,439
SLC	975	0,135	2,675	0,470

8.8 Pericolosità sismica di sito

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

I coefficienti sismici orizzontale K_h e verticale K_v dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (TR) dell'evento sismico che è valutato come segue:

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

Con V_R vita di riferimento della costruzione e P_{VR} probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R non può essere inferiore a 35 anni.

Nel caso di fondazioni i coefficienti K_h e K_v sono così determinati:

$$K_h = \beta_s \times (a_{\max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_h$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

I valori di β_s sono riportati nella tabella seguente:

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

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

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0,90 \leq S_S \leq 1,80$) è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E);

S_T (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche.

T1: $S_T = 1,0$; **T2:** $S_T = 1,20$; **T3:** $S_T = 1,2$; **T4:** $S_T = 1,40$

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$:

1,000

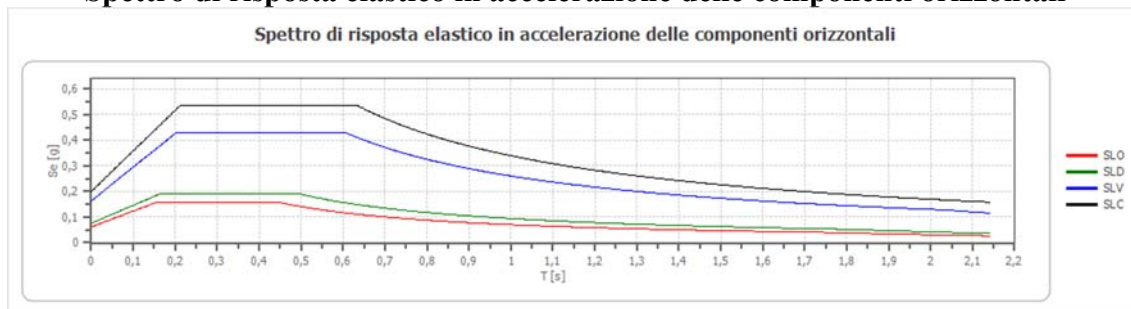
Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,012	0,015	0,039	0,048
kv	0,006	0,008	0,020	0,024
amax [m/s ²]	0,607	0,746	1,596	1,961
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

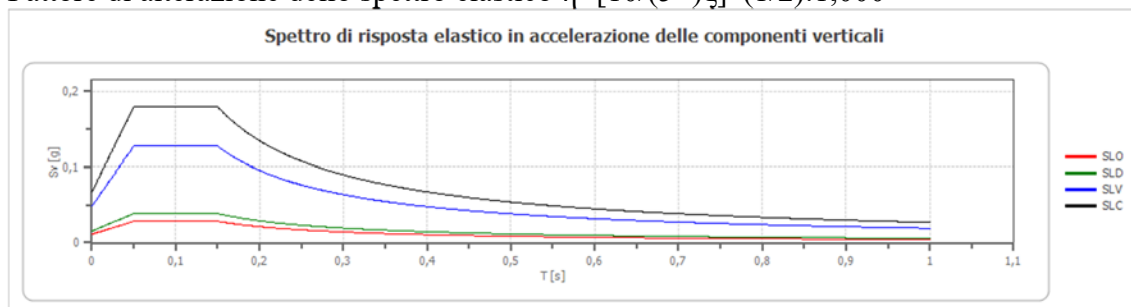


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,041	2,508	0,288	1,500	1,580	1,000	1,500	1,000	0,151	0,454	1,765	0,062	0,155
SLD	1,0	0,051	2,514	0,323	1,500	1,530	1,000	1,500	1,000	0,165	0,494	1,803	0,076	0,191
SLV	1,0	0,108	2,639	0,439	1,500	1,380	1,000	1,500	1,000	0,202	0,606	2,034	0,163	0,429
SLC	1,0	0,135	2,675	0,470	1,480	1,350	1,000	1,480	1,000	0,211	0,634	2,140	0,200	0,535

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5%

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}: 1,000$



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,041	2,508	0,288	1	1,580	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,011	0,028
SLD	1,0	0,051	2,514	0,323	1	1,530	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,015	0,039
SLV	1,0	0,108	2,639	0,439	1	1,380	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,048	0,127
SLC	1,0	0,135	2,675	0,470	1	1,350	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,067	0,179

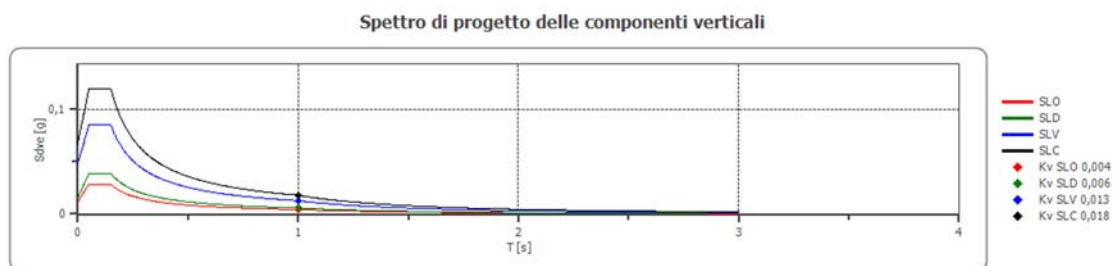
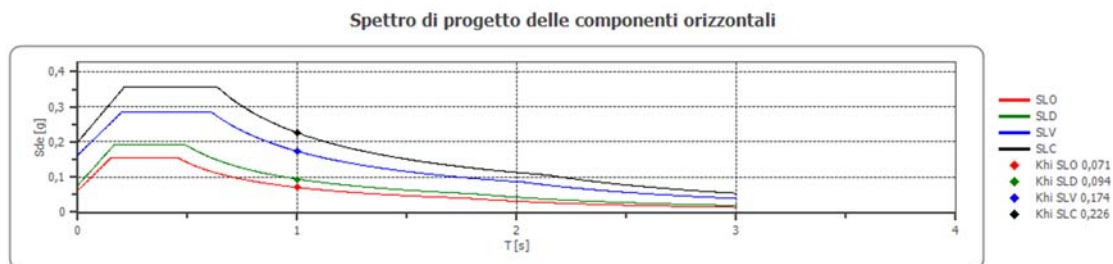
Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1,50

Fattore di struttura spettro verticale q: 1,50

Periodo fondamentale T: 1,00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0,071	0,094	0,174	0,226
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0,004	0,006	0,013	0,018



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO o	1,0	0,041	2,508	0,288	1,500	1,580	1,000	1,500	1,000	0,151	0,454	1,765	0,062	0,155
SLO v	1,0	0,041	2,508	0,288	1,500	1,580	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,011	0,028
SLD o	1,0	0,051	2,514	0,323	1,500	1,530	1,000	1,500	1,000	0,165	0,494	1,803	0,076	0,191
SLD v	1,0	0,051	2,514	0,323	1,500	1,530	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,015	0,039
SLV o	1,0	0,108	2,639	0,439	1,500	1,380	1,000	1,500	1,500	0,202	0,606	2,034	0,163	0,286
SLV v	1,0	0,108	2,639	0,439	1,500	1,380	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,048	0,085
SLC o	1,0	0,135	2,675	0,470	1,480	1,350	1,000	1,480	1,500	0,211	0,634	2,140	0,200	0,357
SLC v	1,0	0,135	2,675	0,470	1,480	1,350	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,067	0,120

9.0 RAPPORTO FINALE DI COMPATIBILITA' IDROGEOLOGICA

L'impianto fotovoltaico in oggetto è ubicato in Località Castelluccio, a Nord dell'abitato di Atesa e in destra idrografica del F. Sangro: il progetto prevede l'ampliamento di un impianto fotovoltaico esistente su un terreno adiacente a quello utilizzato, caratterizzato da inclinazione variabile da bassa a media (da 5° a 12°).

Gli interventi in progetto sono tali da non determinare incrementi dei carichi sul terreno di sedime.

L'area in esame risulta compresa in *Zona P2 (Pericolosità elevata)* tra quelle perimetrate nella *Carta della Pericolosità del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico - "Fenomeni gravitativi e Processi Erosivi"* della Regione Abruzzo: gli interventi in progetto (installazione di pannelli termici e/o fotovoltaici che non comportino la realizzazione di strutture in elevazione) sono consentiti ai sensi dell'Art. 17 - *Disciplina delle aree a pericolosità elevata (P2)* Comma 1 lettera e) - *Deliberazione di Consiglio Regionale dell'Abruzzo 04 maggio 2010, n. 39/6 (B.U.R.A. 23 giugno 2010, n. 41 ordinario.*

Il presente studio è stato finalizzato ad illustrare la compatibilità del progetto con le finalità del Piano, in particolare per quanto riguarda l'incolumità delle persone, al danno incombente e all'organica sistemazione del territorio.

Il sottosuolo dell'area in esame è rappresentato da Argille Scagliose Sicilidi e da argille marnose azzurre (Argille di Fara San Martino), ricoperte da coltri eluvio-colluviali.

I sondaggi, infatti, hanno messo in luce, superiormente, dei *limi sabbiosi color avana chiaro*, con ciottoli eterometrici, livelli sabbiosi di color giallo ocra intervallati a livelli più competenti di natura marnosa, dello spessore compreso tra 3.0 m e 6.0 m, e inferiormente da *marne ed argille marnose compatte di colore azzurro* appartenenti alla Formazione delle Argille di Fara San Martino (età Pliocene Medio - Inf).

Le verifiche di stabilità, eseguite sia nelle condizioni attuali sia nell'ipotesi di progetto, anche in condizioni di completa imbibizione del pendio e contemporanea sollecitazione sismica, hanno evidenziato buoni fattori del coefficiente di sicurezza.

Trattandosi di un'area interessata da deformazioni superficiali lente, nella progettazione definitiva dell'impianto, particolare attenzione dovrà essere posta nella

regimazione idraulica del pendio.

Alla luce di quanto esaminato, si ritiene che gli interventi in progetto non influenzeranno le condizioni geomorfologiche del sito e non determineranno alcun incremento del livello e delle condizioni di pericolo e di rischio attualmente esistenti.

Atessa, marzo 2019



Geol. Nicola Tullo

ALLEGATI



- **Veduta aerea;**
- **Carta delle Pendenze;**
- **Carta Geomorfologica del PAI;**
- **Carta della Pericolosità del PAI;**
- **Ubicazione indagini;**
- **Stratigrafie sondaggi;**
- **Report prove penetrometriche statiche (CPT);**
- **Report analisi di stabilità.**

PLANIMETRIE

- **Veduta aerea;**
- **Carta delle Pendenze;**
- **Carta Geomorfológica del PAI;**
- **Carta della Pericolosità del PAI;**
- **Ubicazione indagini.**

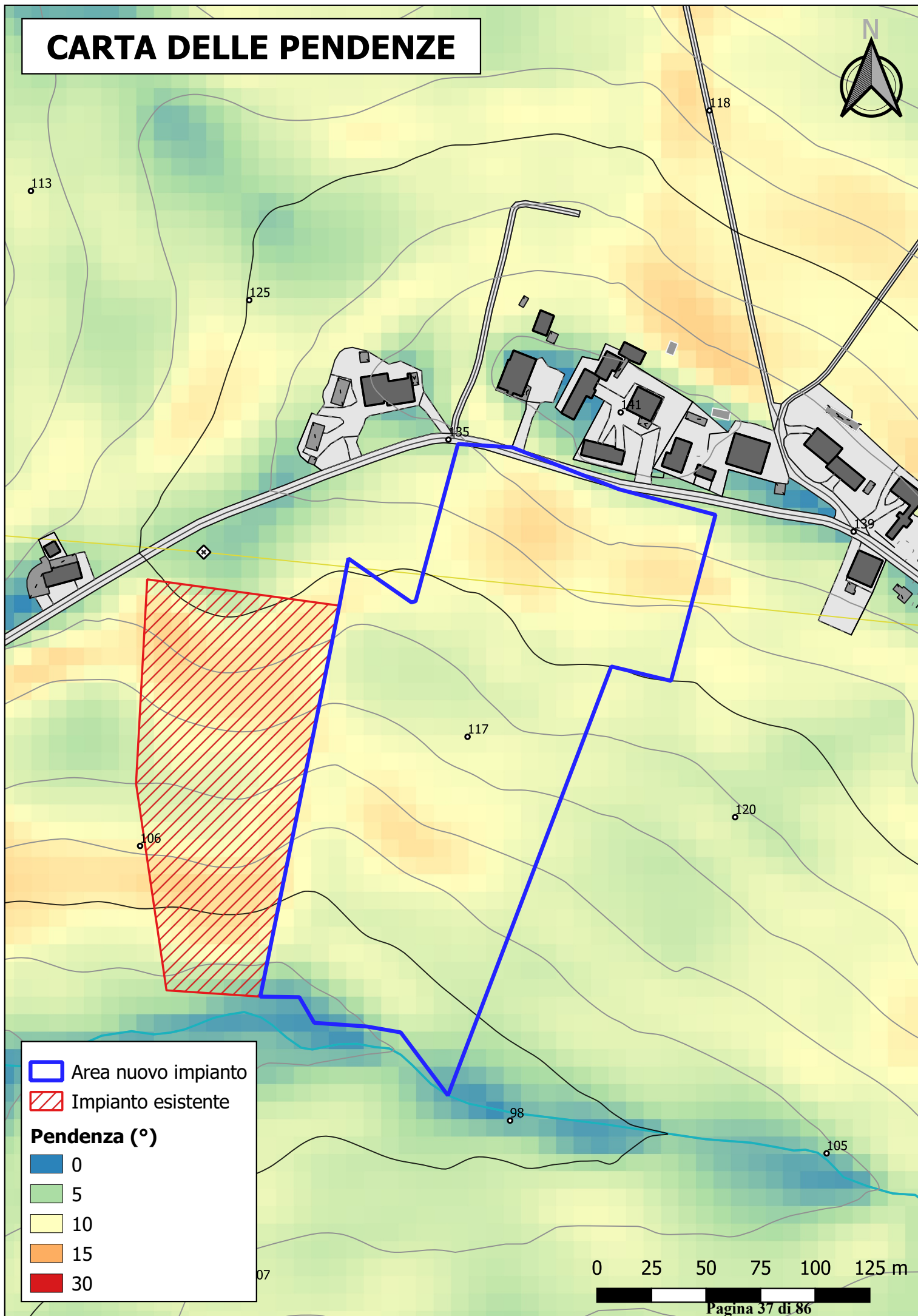
VEDUTA AEREA



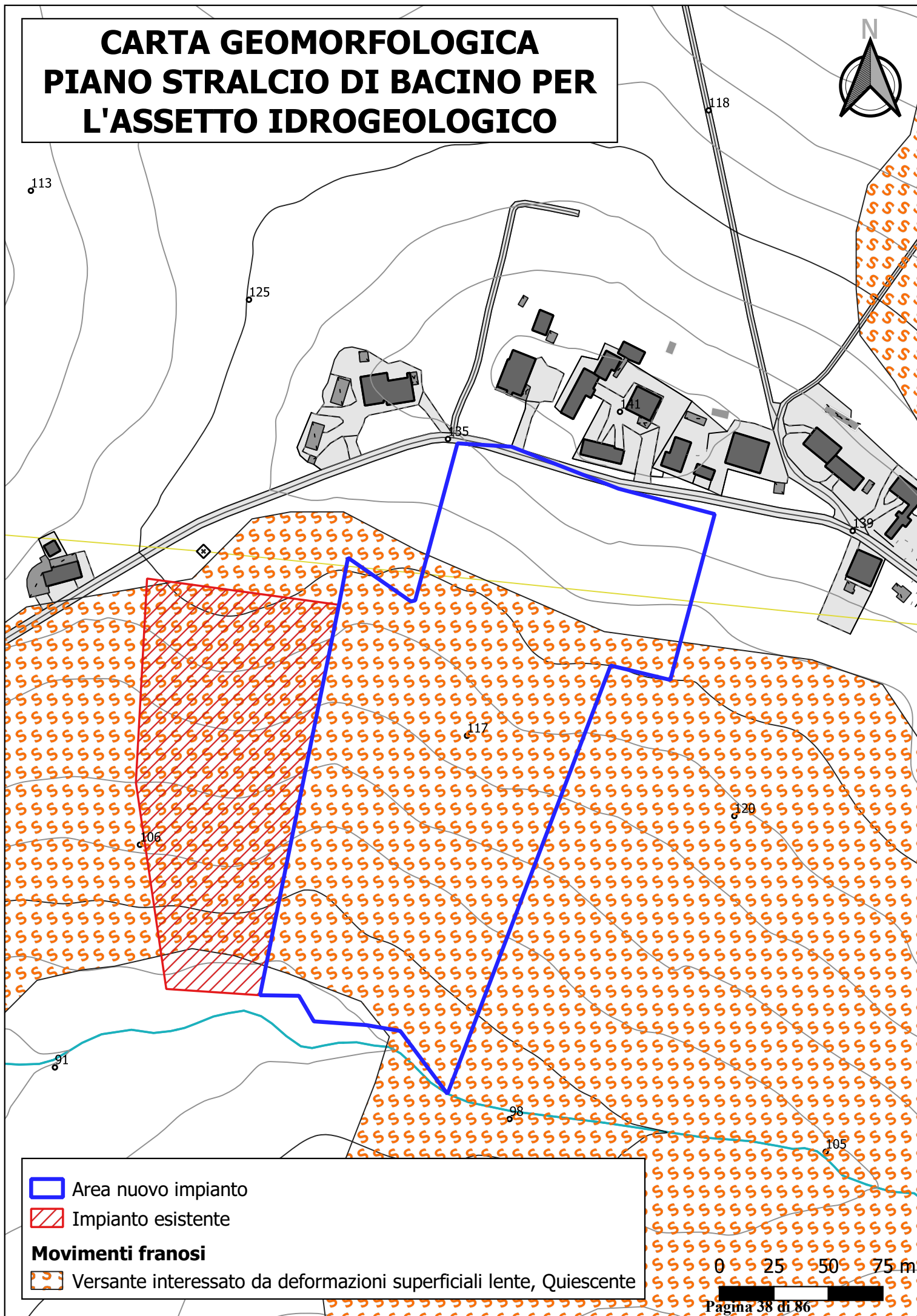
-  Area nuovo impianto
-  Impianto esistente

0 25 50 75 m

CARTA DELLE PENDENZE



CARTA GEOMORFOLOGICA PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO



 Area nuovo impianto

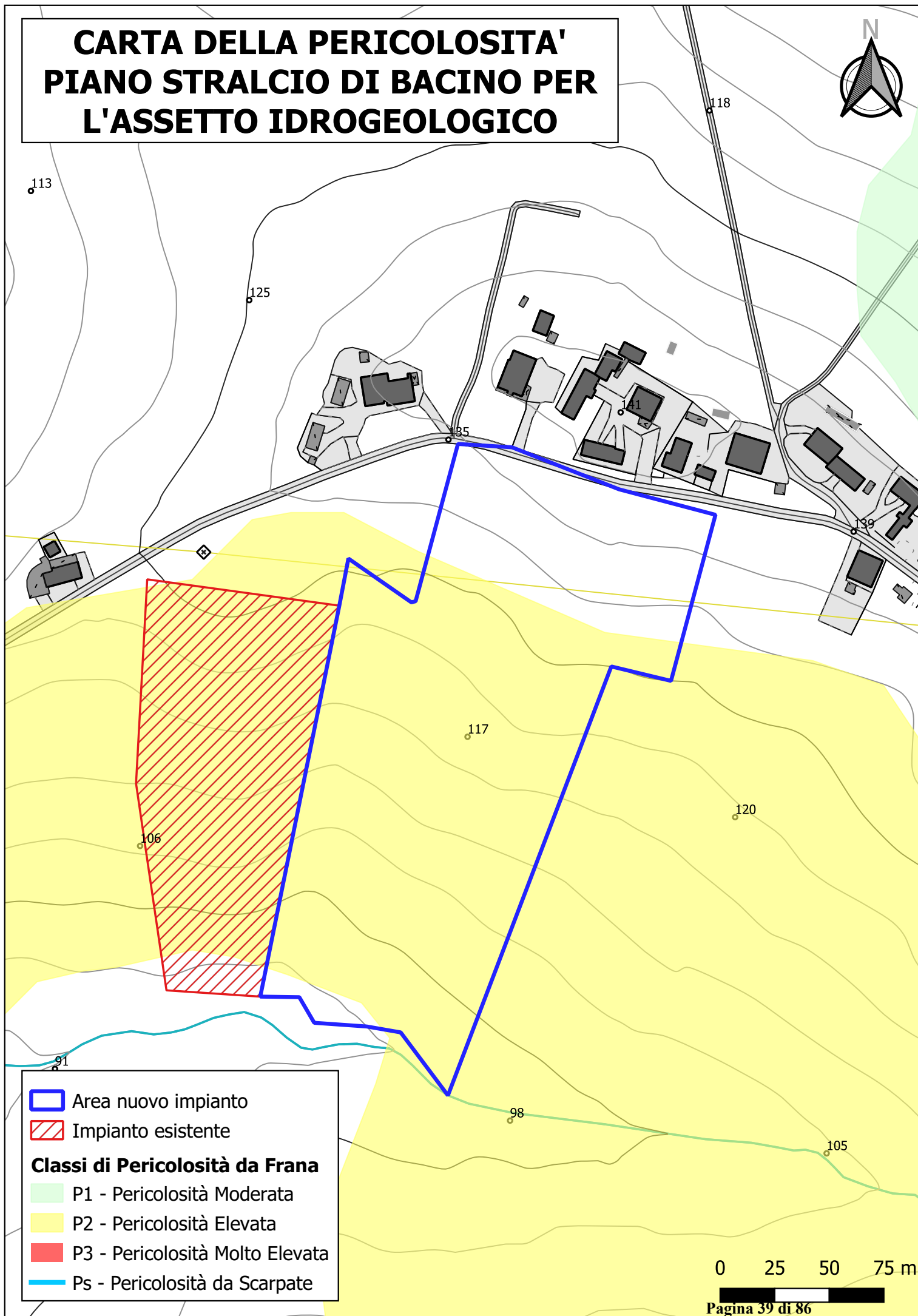
 Impianto esistente

Movimenti franosi

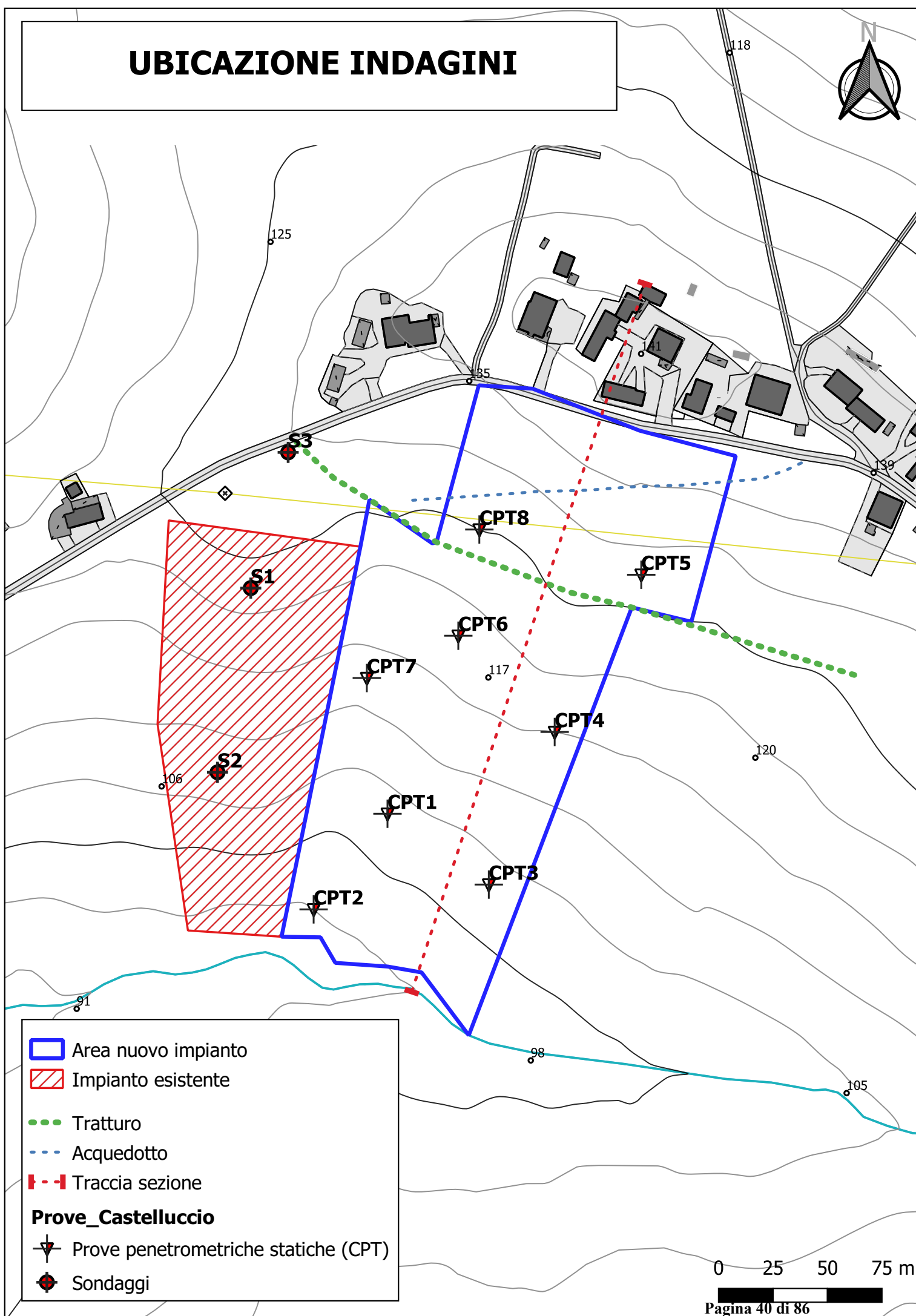
 Versante interessato da deformazioni superficiali lente, Quiescente

0 25 50 75 m

CARTA DELLA PERICOLOSITA' PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO



UBICAZIONE INDAGINI



STRATIGRAFIE SONDAGGI

SONDAGGIO: S1
DA METRI 0 A METRI 9
Responsabile: Dott. Geol. Gianluca Taddei
COMMITTENTE: Solari-iniziative s.r.l.
CANTIERE: Atessa
LOCALITA': Castelluccio
DATA INIZIO 28/05/2009
QUOTA BOCCA FORO (m. S.l.m.)

PIEZOMETRO:
Sonda tipo
Operatore: EdilGeosonda

LEGENDA:
PROVE S.P.T.: PA Punta Aperta - PC Punta Chiusa
CAMPIONI: S Pareti sottili - O Osterberg - M Mazier
R Rimaneggiato - Rs Rimaneggiato da S.P.T.
PIEZOMETRI: TA Aperto - C Casagrande - E Elettrico
PERFORAZIONE: CS Carotiere Semplice - CD Carotiere Doppio - EC Elica Continua
STABILIZZAZIONE: RM Rivestimento Metallico - FB Fanghi Bentonitici

DATA FINE 28/05/2009

Prof. (m)	CAMPIONI		STRATIGRAFIA E DESCRIZIONE	Prof. (m)	Carotaggio (%)	Pocket Vane Test		FALDA		Piezo- metri	Diam. (mm)	Metodo	
	Den.	Prof.				Test	Test	Rinv	Stab			Perf.	Stab.
			Terreno di copertura color bruno, presenza di frustoli vegetali.	0.5								CS	RM
1			Limo sabbioso color avana chiaro, moderatamente coeso, presenza di ciottoli eterometrici con diametro variabile dai 0,3-0,8 cm. Continuità di ripetizione di livelli sabbiosi di color giallo ocra intervallati a livelli più competenti di natura marnosa dello spessore 0,2-0,4 cm. A 3,5 metri si riscontra la presenza di un pacco marnoso isolato di color grigio dello spessore di 35 cm. Questo pacco mostra una spiccata permeabilità per fratturazione. Presenza di ciottoli di natura carbonatica e solfatica con accumuli di prodotti di alterazione come ossidi di ferro dovuti alla percolazione delle acque.										
2													
3													
4													
5													
6				6.0									
7			Corpo marnoso intervallato ad argille marnose prettamente compatte di color blue-azzurro. Verso l'alto si ha un aumento di ciottoli calcarei , mentre verso il basso aumenta la componente marnosa dovuta a disgregazione della sottostante formazione.										
8													
9				9.0									
10			CHIUSURA SONDAGGIO										

Dott. Geol. Gianluca TADDEI
 via Pitagora, 69 - 66054 Vasto (CH)
 Tel. 0873-60570 Cell. 3478523830 E-mail geosolution@excite.it

SONDAGGIO: S2		PIEZOMETRO:	LEGENDA: PROVE S.P.T.: PA Punta Aperta - PC Punta Chiusa CAMPIONI: S Pareti sottili - O Osterberg - M Mazier R Rimaneggiato - Rs Rimaneggiato da S.P.T. PIEZOMETRI: TA Aperto - C Casagrande - E Elettrico PERFORAZIONE: CS Carotiere Semplice - CD Carotiere Doppio - EC Elica Continua STABILIZZAZIONE: RM Rivestimento Metallico - FB Fanghi Bentonitici
DA METRI 0	A METRI 10	Sonda tipo	
Responsabile: Dott. Geol. Gianluca Taddei		Operatore: EdilGeosonda	
COMMITTENTE: Solari-iniziative s.r.l.			
CANTIERE: Atesa			
LOCALITA': Castelluccio			
DATA INIZIO 28/05/2009		DATA FINE 28/05/2009	
QUOTA BOCCAFORO (m. S.l.m.)			

Prof. (m)	CAMPIONI		STRATIGRAFIA E DESCRIZIONE	Prof. (m)	Carotaggio (%)	Pocket Vane Test		FALDA		Piezo- metri	Diam. (mm)	Metodo	
	Den.	Prof				Test	Test	Rinv	Stab			Perf.	Stab.
			Terreno di copertura color bruno, presenza di frustoli vegetali.	0.8								CS	RM
1			Limo sabbioso color avana chiaro, moderatamente coeso, presenza di ciottoli eterometrici con diametro variabile dai 0,3-0,8 cm. Alternanza di livelli sabbiosi di color giallo ocra intervallati a livelli più competenti di natura marnosa dello spessore 0,2-0,4 cm. Accumuli di prodotti di alterazione come ossidi di ferro dovuti alla percolazione delle acque.	3.8									
2													
3													
4			Corpo marnoso intervallato ad argille marnose prettamente compatte di color grigio-azzurro. Verso l'alto si ha un aumento di ciottoli calcarei, mentre verso il basso aumenta la compattezza fino a divenire argillite color grigio scuro con bande più chiare. Alla profondità di 8 m. Si riscontra una porzione più farinosa dovuta a sedimento più fine.										
5													
6													
7													
8													
9													
10			CHIUSURA SONDAGGIO										

Dott. Geol. Gianluca TADDEI
via Pitagora, 69 - 66054 Vasto (CH)
Tel. 0873-60570 Cell. 3478523830 E-mail geosolution@excite.it

SONDAGGIO: S3		PIEZOMETRO:	LEGENDA: PROVE S.P.T.: PA Punta Aperta - PC Punta Chiusa CAMPIONI: S Pareti sottili - O Osterberg - M Mazier R Rimaneggiato - Rs Rimaneggiato da S.P.T. PIEZOMETRI: TA Aperto - C Casagrande - E Elettrico PERFORAZIONE: CS Carotiere Semplice - CD Carotiere Doppio - EC Elica Continua STABILIZZAZIONE: RM Rivestimento Metallico - FB Fanghi Bentonitici
DA METRI 0	A METRI 10	Sonda tipo	
Responsabile: Dott. Geol. Gianluca Taddei		Operatore: EdilGeosonda	
COMMITTENTE: Solari-iniziative s.r.l.			
CANTIERE: Atessa			
LOCALITA': Castelluccio		DATA FINE 28/05/2009	
QUOTA BOCCAFORO (m. S.l.m.)			

Prof. (m)	CAMPIONI		STRATIGRAFIA E DESCRIZIONE	Prof. (m)	Carotaggio (%)	Pocket Vane Test		FALDA		Piezo- metri	Diam. (mm)	Metodo	
	Den.	Prof				Test	Test	Rinv	Stab			Perf.	Stab.
			Terreno di copertura color bruno, presenza di frustoli vegetali e ciottoli eterometrici di natura calcarea	0.7								CS	RM
1			Limo sabbioso color avana chiaro, moderatamente coeso, presenza di ciottoli eterometrici con diametro variabile dai 0,3-0,8 cm. Alternanza di livelli sabbiosi di color giallo ocra intervallati a livelli più competenti di natura marnosa dello spessore 0,2-0,4 cm. Accumuli di prodotti di alterazione come ossidi di ferro dovuti alla percolazione delle acque.	4.4									
2													
3													
4													
5			Corpo marnoso intervallato ad argille marnose prettamente compatte di color grigio-azzurro. Verso l'alto si ha un aumento di ciottoli calcarei, mentre verso il basso aumenta la compattezza fino a divenire argillite color grigio scuro con bande più chiare. Alla profondità di 8 m. Si riscontra una porzione più farinosa dovuta a sedimento più fine.										
6													
7													
8													
9													
10			CHIUSURA SONDAGGIO										

Dott. Geol. Gianluca TADDEI
via Pitagora, 69 - 66054 Vasto (CH)
Tel. 0873-60570 Cell. 3478523830 E-mail geosolution@excite.it

REPORT PROVE

PENETROMETRICHE STATICHE

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE (CONE PENETRATION TEST)

Committente: **Società Agricola Carpineto Sinello Srl. - Via Isonzo, Reggio Emilia (RE)**
Cantiere: **Campo fotovoltaico**
Località: **Castelluccio - Atessa (CH)**

Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 63 (200 kN)

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica	35,7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10

CORRELAZIONI GEOTECNICHE

TERRENI COESIVI

Coesione Non Drenata

Coesione non drenata (Terzaghi - valore minimo)

Modulo Edometrico-Confinato

Metodo generale del modulo edometrico

Modulo di deformazione non drenato

Modulo di deformazione non drenato Eu (Cancelli ed altri 1980)

Peso di Volume

Peso di Volume terreni coesivi (t/mq) (Meyerhof)

Peso di Volume saturo terreni coesivi (t/mq) (Meyerhof)

PROVA CPT 1



Committente: Società Agricola Carpineto Sinello Srl. –
 Via Isonzo, Reggio Emilia (RE)
 Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
 Prova eseguita in data: 21/02/2019
 Profondità prova: 8,00 mt
 Località: Atesa (CH)

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,0	0,0		
0,40	0,00	0,0	0,0	0,8	0,0	
0,60	9,00	21,0	9,0	0,933	9,646	10,4
0,80	12,00	26,0	12,0	0,8	15,0	6,7
1,00	13,00	25,0	13,0	0,867	14,994	6,7
1,20	14,00	27,0	14,0	1,333	10,503	9,5
1,40	16,00	36,0	16,0	1,2	13,333	7,5
1,60	26,00	44,0	26,0	2,2	11,818	8,5
1,80	30,00	63,0	30,0	1,8	16,667	6,0
2,00	17,00	44,0	17,0	1,733	9,81	10,2
2,20	25,00	51,0	25,0	1,467	17,042	5,9
2,40	23,00	45,0	23,0	1,467	15,678	6,4
2,60	22,00	44,0	22,0	1,667	13,197	7,6
2,80	15,00	40,0	15,0	1,067	14,058	7,1
3,00	9,00	25,0	9,0	0,8	11,25	8,9
3,20	8,00	20,0	8,0	0,8	10,0	10,0
3,40	10,00	22,0	10,0	0,6	16,667	6,0
3,60	19,00	28,0	19,0	0,867	21,915	4,6

3,80	25,00	38,0	25,0	1,533	16,308	6,1
4,00	18,00	41,0	18,0	1,867	9,641	10,4
4,20	22,00	50,0	22,0	1,267	17,364	5,8
4,40	19,00	38,0	19,0	1,533	12,394	8,1
4,60	30,00	53,0	30,0	1,933	15,52	6,4
4,80	27,00	56,0	27,0	2,4	11,25	8,9
5,00	21,00	57,0	21,0	2,4	8,75	11,4
5,20	22,00	58,0	22,0	2,4	9,167	10,9
5,40	27,00	63,0	27,0	3,067	8,803	11,4
5,60	38,00	84,0	38,0	3,867	9,827	10,2
5,80	32,00	90,0	32,0	3,467	9,23	10,8
6,00	48,00	100,0	48,0	3,933	12,204	8,2
6,20	42,00	101,0	42,0	4,0	10,5	9,5
6,40	50,00	110,0	50,0	4,6	10,87	9,2
6,60	42,00	111,0	42,0	4,2	10,0	10,0
6,80	35,00	98,0	35,0	3,8	9,211	10,9
7,00	43,00	100,0	43,0	4,467	9,626	10,4
7,20	57,00	124,0	57,0	6,0	9,5	10,5
7,40	50,00	140,0	50,0	5,0	10,0	10,0
7,60	58,00	133,0	58,0	5,267	11,012	9,1
7,80	56,00	135,0	56,0	2,467	22,7	4,4
8,00	175,00	212,0	175,0	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0,00 - 0,80	5,25	0,633	1,9	Coesivo	Terreno vegetale
0,80 - 2,60	20,667	1,526	2,0	Coesivo	Limi sabbiosi
2,60 - 3,60	12,2	0,827	1,9	Coesivo	Limi argillosi
3,6 - 4,80	23,5	1,756	2,0	Coesivo	Limi sabbiosi
4,8 - 8,00	49,75	3,683	2,1	Coesivo	Argille marnose

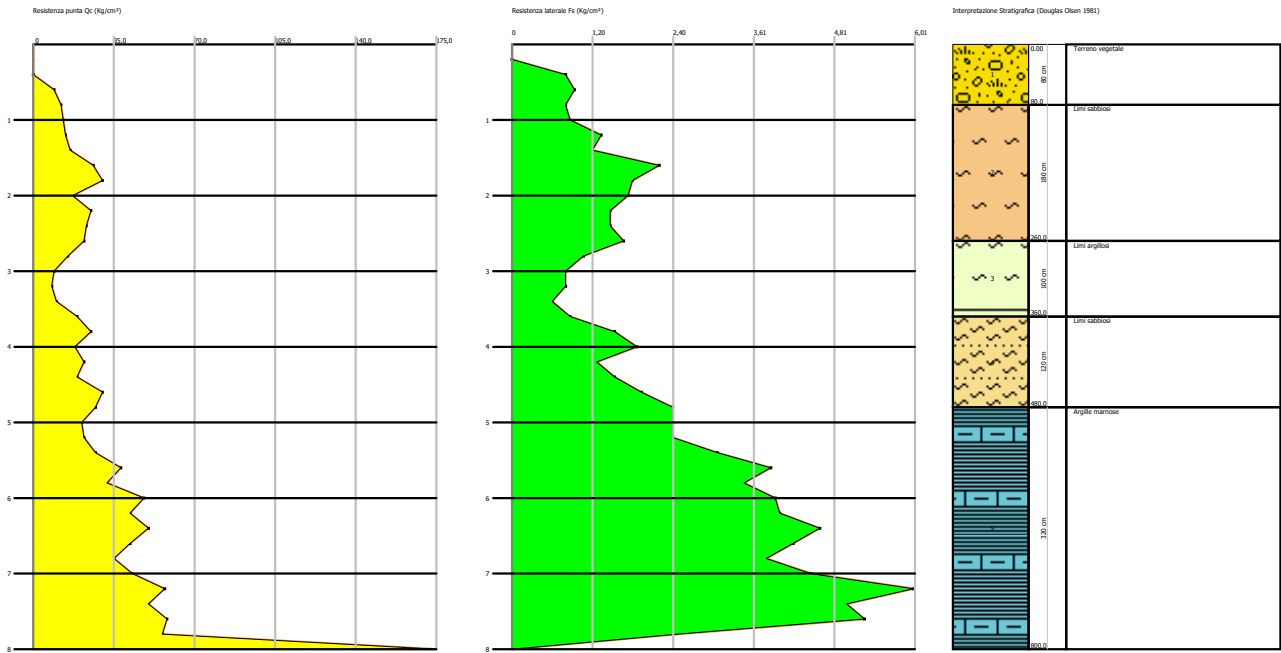
STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

	Prof. Strato (m)	Tensione litostatica tot. (Kg/cm ²)	Tensione litostatica eff. (Kg/cm ²)	Cu (Kg/cm ²)	Eed (Kg/cm ²)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume sat. (t/m ³)
Strato 1	0,80	0,1	0,1	0,3	28,5	1,7	1,8
Strato 2	2,60	0,3	0,3	1,0	41,3	2,0	2,1
Strato 3	3,60	0,6	0,6	0,6	47,1	1,9	2,0
Strato 4	4,80	0,8	0,8	1,2	47,0	2,0	2,1
Strato 5	8,00	1,3	1,3	2,5	99,5	2,1	2,2

Probe CPT - Cone Penetration CPT 1
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: Società Agricola Carpineto Sinello Srl. - Via Isonzo, Reggio Emilia (RE)
Cantiere: Campo fotovoltaico
Località: Atezza (CH)

Data: 21/02/2019



PROVA CPT 2



Committente: Società Agricola Carpineto Sinello Srl. -
Via Isonzo, Reggio Emilia (RE)
Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
Prova eseguita in data: 21/02/2019
Profondità prova: 6,00 mt
Località: Atessa (CH)

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,0	0,0		
0,40	0,00	0,0	0,0	1,467	0,0	
0,60	21,00	43,0	21,0	0,533	39,4	2,5
0,80	9,00	17,0	9,0	0,6	15,0	6,7
1,00	7,00	16,0	7,0	0,667	10,495	9,5
1,20	9,00	19,0	9,0	0,733	12,278	8,1
1,40	12,00	23,0	12,0	1,067	11,246	8,9
1,60	34,00	50,0	34,0	0,667	50,975	2,0
1,80	7,00	17,0	7,0	0,533	13,133	7,6
2,00	8,00	16,0	8,0	0,333	24,024	4,2
2,20	10,00	15,0	10,0	1,067	9,372	10,7
2,40	12,00	28,0	12,0	1,467	8,18	12,2
2,60	18,00	40,0	18,0	1,267	14,207	7,0
2,80	16,00	35,0	16,0	1,067	14,995	6,7
3,00	17,00	33,0	17,0	0,867	19,608	5,1
3,20	19,00	32,0	19,0	1,2	15,833	6,3
3,40	20,00	38,0	20,0	1,467	13,633	7,3
3,60	25,00	47,0	25,0	1,133	22,065	4,5

3,80	20,00	37,0	20,0	1,2	16,667	6,0
4,00	22,00	40,0	22,0	1,667	13,197	7,6
4,20	24,00	49,0	24,0	2,0	12,0	8,3
4,40	26,00	56,0	26,0	8,933	2,911	34,4
4,60	192,00	326,0	192,0	4,067	47,209	2,1
4,80	45,00	106,0	45,0	4,2	10,714	9,3
5,00	37,00	100,0	37,0	2,067	17,9	5,6
5,20	55,00	86,0	55,0	4,0	13,75	7,3
5,40	45,00	105,0	45,0	3,8	11,842	8,4
5,60	38,00	95,0	38,0	4,067	9,343	10,7
5,80	40,00	101,0	40,0	3,933	10,17	9,8
6,00	49,00	108,0	49,0	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0,60	7,0	0,667	2,0	Coesivo	Terreno vegetale
4,40	16,579	1,47	1,9	Coesivo	Limi sabbiosi
4,80	118,5	4,134	2,2	Coesivo	Marne fratturare
6,00	44,0	2,978	2,1	Coesivo	Argille marnose

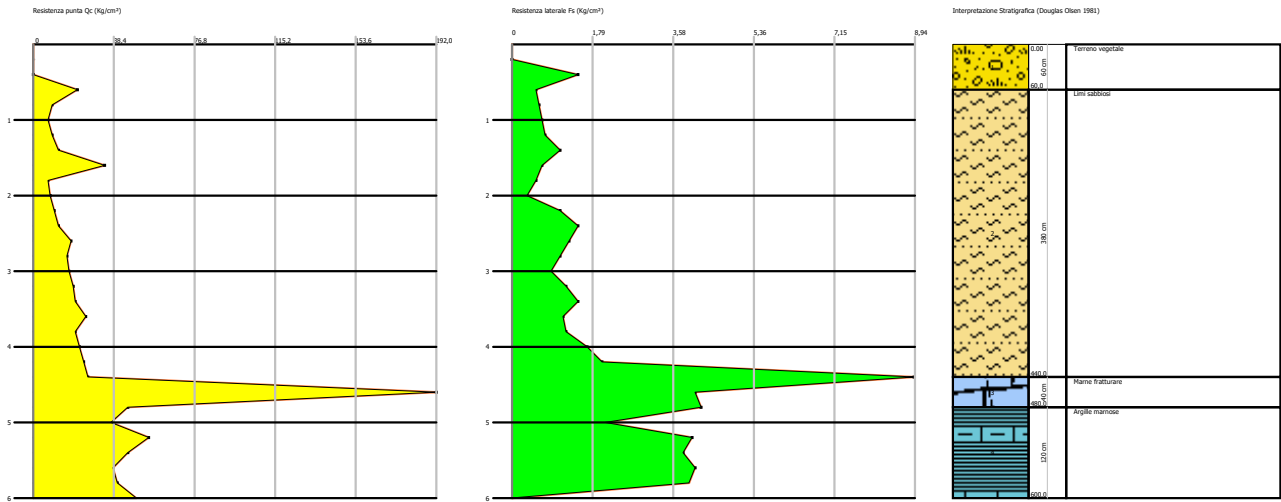
STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

	Prof. Strato (m)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Cu (Kg/cm ²)	Eed (Kg/cm ²)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0,60	0,1	0,1	0,4	35,2	1,8	1,9
Strato 2	4,40	0,5	0,5	0,8	47,6	1,9	2,1
Strato 3	4,80	0,9	0,9	5,9	237,0	2,3	2,5
Strato 4	6,00	1,1	1,1	2,2	88,0	2,1	2,2

Probe CPT - Cone Penetration CPT 2
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: Società Agricola Carpineto Sinello Srl. - Via Isonzo, Reggio Emilia (RE)
Cantiere: Campo fotovoltaico
Località: Atessa (CH)

Data: 21/02/2019



PROVA CPT 3



Committente: Società Agricola Carpineto Sinello Srl. - Via

Isonzo, Reggio Emilia (RE)

Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)

Prova eseguita in data: 21/02/2019

Profondità prova: 8,00 mt

Località: Atesa (CH)

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,0	0,0		
0,40	0,00	0,0	0,0	0,533	0,0	
0,60	8,00	16,0	8,0	0,6	13,333	7,5
0,80	9,00	18,0	9,0	0,8	11,25	8,9
1,00	10,00	22,0	10,0	0,8	12,5	8,0
1,20	11,00	23,0	11,0	0,867	12,687	7,9
1,40	13,00	26,0	13,0	1,0	13,0	7,7
1,60	14,00	29,0	14,0	1,067	13,121	7,6
1,80	14,00	30,0	14,0	0,867	16,148	6,2
2,00	15,00	28,0	15,0	0,867	17,301	5,8
2,20	16,00	29,0	16,0	1,0	16,0	6,3
2,40	17,00	32,0	17,0	1,267	13,418	7,5
2,60	17,00	36,0	17,0	1,267	13,418	7,5
2,80	19,00	38,0	19,0	1,267	14,996	6,7
3,00	20,00	39,0	20,0	1,2	16,667	6,0
3,20	22,00	40,0	22,0	1,0	22,0	4,5
3,40	27,00	42,0	27,0	1,133	23,831	4,2

3,60	21,00	38,0	21,0	1,467	14,315	7,0
3,80	18,00	40,0	18,0	1,6	11,25	8,9
4,00	20,00	44,0	20,0	1,733	11,541	8,7
4,20	22,00	48,0	22,0	1,8	12,222	8,2
4,40	22,00	49,0	22,0	1,8	12,222	8,2
4,60	23,00	50,0	23,0	1,733	13,272	7,5
4,80	22,00	48,0	22,0	1,8	12,222	8,2
5,00	26,00	53,0	26,0	2,133	12,189	8,2
5,20	28,00	60,0	28,0	2,133	13,127	7,6
5,40	32,00	64,0	32,0	6,2	5,161	19,4
5,60	101,00	194,0	101,0	5,467	18,474	5,4
5,80	66,00	148,0	66,0	4,133	15,969	6,3
6,00	26,00	88,0	26,0	2,133	12,189	8,2
6,20	34,00	66,0	34,0	3,267	10,407	9,6
6,40	44,00	93,0	44,0	4,067	10,819	9,2
6,60	35,00	96,0	35,0	4,333	8,078	12,4
6,80	43,00	108,0	43,0	3,733	11,519	8,7
7,00	41,00	97,0	41,0	3,733	10,983	9,1
7,20	45,00	101,0	45,0	3,8	11,842	8,4
7,40	43,00	100,0	43,0	4,467	9,626	10,4
7,60	40,00	107,0	40,0	4,067	9,835	10,2
7,80	38,00	99,0	38,0	4,333	8,77	11,4
8,00	45,00	110,0	45,0	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	Fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0,60	2,667	0,378	1,9	Coesivo	Terreno vegetale
5,40	19,083	1,533	2,0	Coesivo	Limo sabbioso
5,80	83,5	4,8	2,2	Coesivo	Marne fratturate
8,00	39,455	3,448	2,1	Coesivo	Argilla marnosa

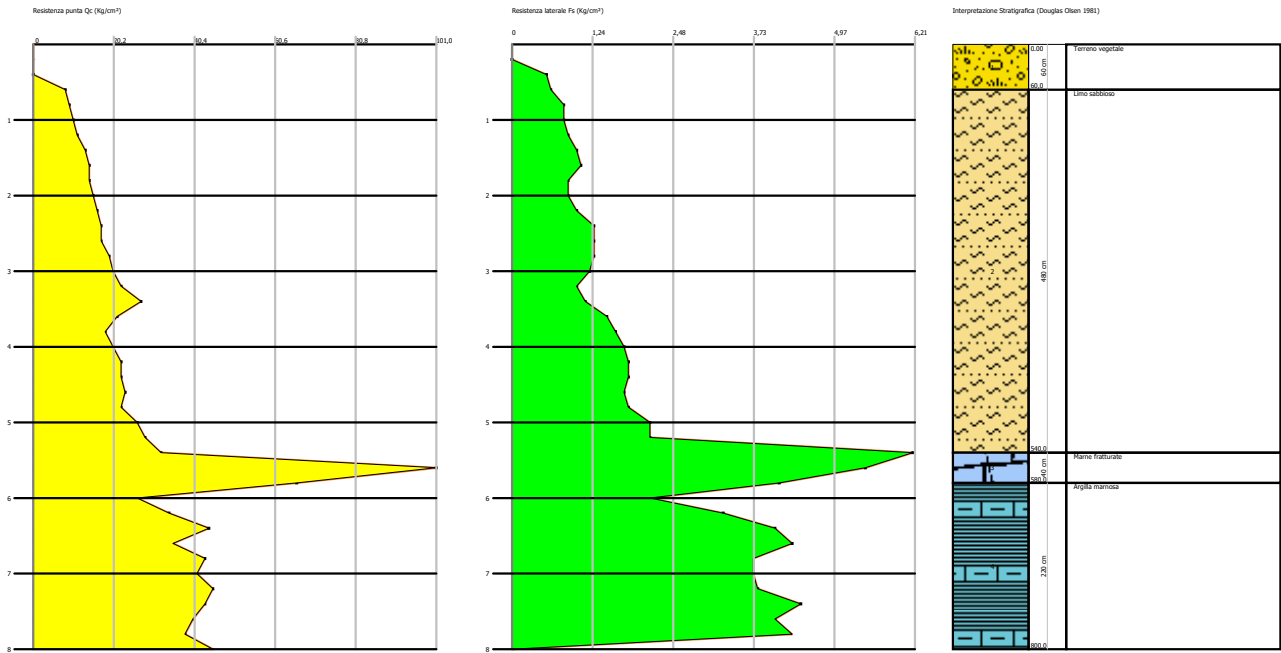
STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

	Prof. Strato (m)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Cu (Kg/cm ²)	Eed (Kg/cm ²)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0,60	0,1	0,1	0,1	16,0	1,6	1,7
Strato 2	5,40	0,6	0,6	1,0	44,0	2,0	2,0
Strato 3	5,80	1,1	1,1	4,2	167,0	2,2	2,3
Strato 4	8,00	1,4	1,4	2,0	78,9	2,1	2,2

Probe CPT - Cone Penetration CPT 3
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: Società Agricola Carpineto Sinello Srl. - Via Isonzo, Reggio Emilia (RE)
Cantiere: Campo fotovoltaico
Località: Atezza (CH)

Data: 21/02/2019



PROVA CPT 4



Committente: Società Agricola Carpineto Sinello Srl. - Via
Isonzo, Reggio Emilia (RE)
Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
Prova eseguita in data: 21/02/2019
Profondità prova: 7,00 mt
Località: Atesa (CH)

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,0	0,0		
0,40	0,00	0,0	0,0	0,533	0,0	
0,60	9,00	17,0	9,0	0,6	15,0	6,7
0,80	12,00	21,0	12,0	0,933	12,862	7,8
1,00	12,00	26,0	12,0	1,0	12,0	8,3
1,20	13,00	28,0	13,0	1,133	11,474	8,7
1,40	12,00	29,0	12,0	1,333	9,002	11,1
1,60	13,00	33,0	13,0	1,4	9,286	10,8
1,80	13,00	34,0	13,0	1,467	8,862	11,3
2,00	14,00	36,0	14,0	1,867	7,499	13,3
2,20	15,00	43,0	15,0	1,533	9,785	10,2
2,40	15,00	38,0	15,0	1,333	11,253	8,9
2,60	16,00	36,0	16,0	1,333	12,003	8,3
2,80	17,00	37,0	17,0	1,6	10,625	9,4
3,00	16,00	40,0	16,0	1,8	8,889	11,3
3,20	16,00	43,0	16,0	1,533	10,437	9,6

3,40	18,00	41,0	18,0	1,867	9,641	10,4
3,60	22,00	50,0	22,0	2,067	10,643	9,4
3,80	19,00	50,0	19,0	2,2	8,636	11,6
4,00	21,00	54,0	21,0	2,133	9,845	10,2
4,20	28,00	60,0	28,0	2,667	10,499	9,5
4,40	27,00	67,0	27,0	3,333	8,101	12,3
4,60	27,00	77,0	27,0	2,933	9,206	10,9
4,80	36,00	80,0	36,0	3,533	10,19	9,8
5,00	31,00	84,0	31,0	3,467	8,941	11,2
5,20	48,00	100,0	48,0	3,933	12,204	8,2
5,40	40,00	99,0	40,0	4,133	9,678	10,3
5,60	34,00	96,0	34,0	3,6	9,444	10,6
5,80	35,00	89,0	35,0	4,067	8,606	11,6
6,00	41,00	102,0	41,0	4,667	8,785	11,4
6,20	51,00	121,0	51,0	4,867	10,479	9,5
6,40	53,00	126,0	53,0	5,4	9,815	10,2
6,60	55,00	136,0	55,0	5,8	9,483	10,5
6,80	53,00	140,0	53,0	5,733	9,245	10,8
7,00	52,00	138,0	52,0	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0,60	3,0	0,378	1,8	Coesivo	Terreno vegetale
4,20	16,222	1,622	1,9	Coesivo	Limi sabbiosi
7,00	41,643	3,962	2,1	Coesivo	Argille marnose

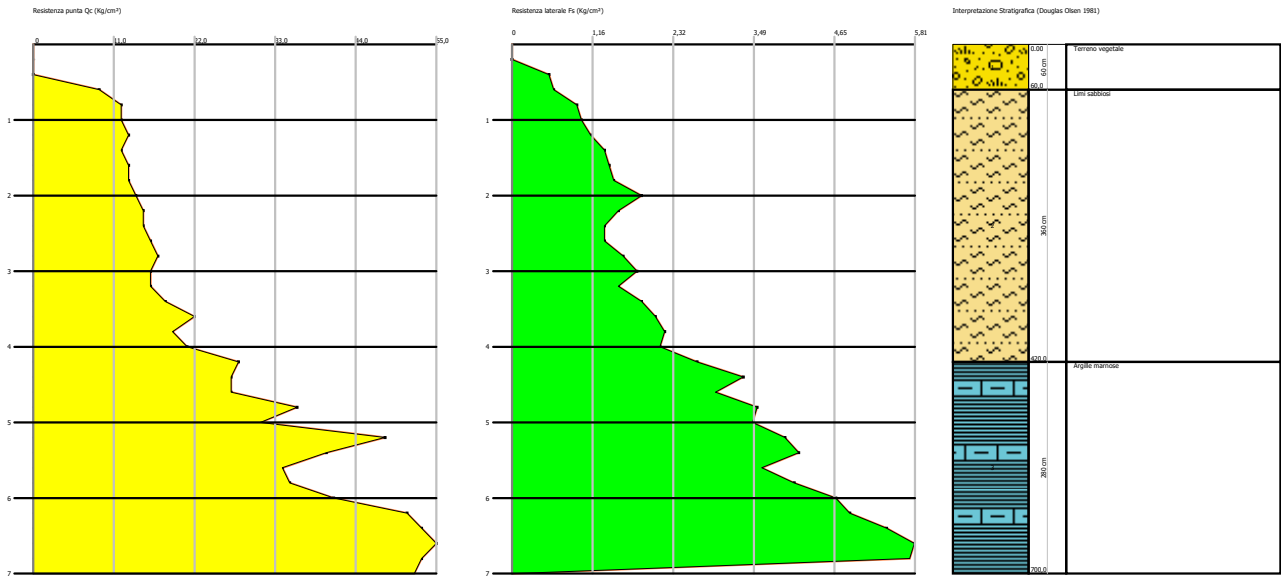
STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

	Prof. Strato (m)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Cu (Kg/cm ²)	Eed (Kg/cm ²)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0,60	0,1	0,1	0,2	17,8	1,7	1,7
Strato 2	4,20	0,5	0,5	0,8	47,9	2,0	1,9
Strato 3	7,00	1,1	1,1	2,1	83,3	2,2	2,1

Probe CPT - Cone Penetration CPT 4
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: Società Agricola Carpineto Sinello Srl. - Via Isonzo, Reggio Emilia (RE)
Cantiere: Campo fotovoltaico
Località: Atezza (CH)

Data: 21/02/2019



PROVA CPT 5



Committente: Società Agricola Carpineto Sinello Srl. - Via
Isonzo, Reggio Emilia (RE)
Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
Prova eseguita in data: 21/02/2019
Profondità prova: 7,00 mt
Località: Atesa (CH)

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,0	0,0		
0,40	0,00	0,0	0,0	0,4	0,0	
0,60	11,00	17,0	11,0	0,533	20,638	4,8
0,80	12,00	20,0	12,0	0,733	16,371	6,1
1,00	18,00	29,0	18,0	0,733	24,557	4,1
1,20	22,00	33,0	22,0	0,933	23,58	4,2
1,40	22,00	36,0	22,0	1,133	19,417	5,2
1,60	23,00	40,0	23,0	1,533	15,003	6,7
1,80	19,00	42,0	19,0	1,6	11,875	8,4
2,00	22,00	46,0	22,0	1,6	13,75	7,3
2,20	21,00	45,0	21,0	1,2	17,5	5,7
2,40	26,00	44,0	26,0	1,467	17,723	5,6
2,60	25,00	47,0	25,0	1,133	22,065	4,5
2,80	26,00	43,0	26,0	1,133	22,948	4,4
3,00	27,00	44,0	27,0	1,933	13,968	7,2
3,20	30,00	59,0	30,0	1,933	15,52	6,4
3,40	31,00	60,0	31,0	2,2	14,091	7,1

3,60	33,00	66,0	33,0	2,267	14,557	6,9
3,80	23,00	57,0	23,0	2,2	10,455	9,6
4,00	27,00	60,0	27,0	2,133	12,658	7,9
4,20	33,00	65,0	33,0	2,133	15,471	6,5
4,40	49,00	81,0	49,0	2,8	17,5	5,7
4,60	59,00	101,0	59,0	3,533	16,7	6,0
4,80	37,00	90,0	37,0	3,6	10,278	9,7
5,00	39,00	93,0	39,0	3,667	10,635	9,4
5,20	40,00	95,0	40,0	2,933	13,638	7,3
5,40	33,00	77,0	33,0	3,2	10,313	9,7
5,60	43,00	91,0	43,0	3,267	13,162	7,6
5,80	44,00	93,0	44,0	3,4	12,941	7,7
6,00	39,00	90,0	39,0	3,4	11,471	8,7
6,20	37,00	88,0	37,0	3,267	11,325	8,8
6,40	40,00	89,0	40,0	3,267	12,244	8,2
6,60	43,00	92,0	43,0	3,667	11,726	8,5
6,80	45,00	100,0	45,0	3,667	12,272	8,1
7,00	43,00	98,0	43,0	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0,60	3,667	0,311	1,9	Coesivo	Terreno vegetale
4,20	24,444	1,555	2,0	Coesivo	Limi sabbiosi
7,00	42,214	3,119	2,1	Coesivo	Argille marnose

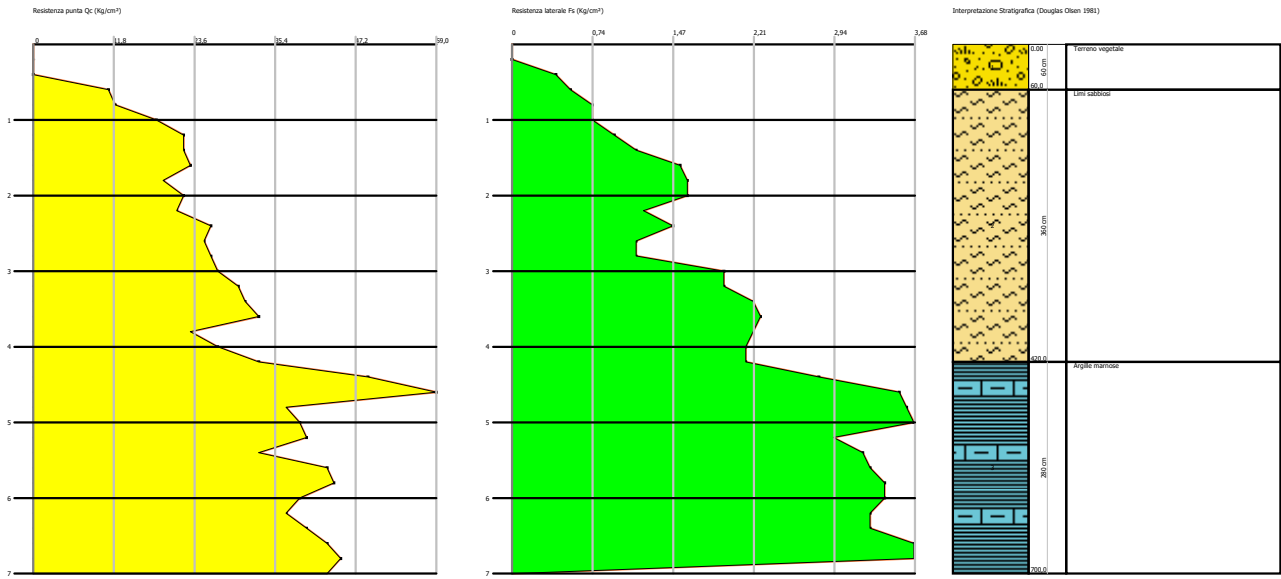
STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

	Prof. Strato (m)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Cu (Kg/cm ²)	Eed (Kg/cm ²)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0,60	0,1	0,1	0,2	21,2	1,7	1,8
Strato 2	4,20	0,5	0,5	1,2	48,9	2,0	2,1
Strato 3	7,00	1,1	1,1	2,1	84,4	2,1	2,2

Probe CPT - Cone Penetration CPT 5
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: Società Agricola Carpineto Sinello Srl. - Via Isonzo, Reggio Emilia (RE)
Cantiere: Campo fotovoltaico
Località: Atezza (CH)

Data: 21/02/2019



PROVA CPT 6



Committente: Società Agricola Carpineto Sinello Srl. - Via
Isonzo, Reggio Emilia (RE)

Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)

Prova eseguita in data: 21/02/2019

Profondità prova: 9,00 mt

Località: Atesa (CH)

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,0	0,0		
0,40	0,00	0,0	0,0	0,533	0,0	
0,60	9,00	17,0	9,0	0,733	12,278	8,1
0,80	8,00	19,0	8,0	0,6	13,333	7,5
1,00	9,00	18,0	9,0	0,6	15,0	6,7
1,20	10,00	19,0	10,0	0,667	14,993	6,7
1,40	10,00	20,0	10,0	0,667	14,993	6,7
1,60	11,00	21,0	11,0	0,733	15,007	6,7
1,80	13,00	24,0	13,0	0,667	19,49	5,1
2,00	15,00	25,0	15,0	0,733	20,464	4,9
2,20	15,00	26,0	15,0	0,8	18,75	5,3
2,40	15,00	27,0	15,0	0,733	20,464	4,9
2,60	15,00	26,0	15,0	0,8	18,75	5,3
2,80	14,00	26,0	14,0	1,067	13,121	7,6
3,00	28,00	44,0	28,0	1,333	21,005	4,8
3,20	20,00	40,0	20,0	1,2	16,667	6,0
3,40	17,00	35,0	17,0	1,133	15,004	6,7
3,60	17,00	34,0	17,0	1,133	15,004	6,7
3,80	16,00	33,0	16,0	1,2	13,333	7,5

4,00	17,00	35,0	17,0	1,067	15,933	6,3
4,20	16,00	32,0	16,0	1,067	14,995	6,7
4,40	16,00	32,0	16,0	1,133	14,122	7,1
4,60	17,00	34,0	17,0	1,133	15,004	6,7
4,80	19,00	36,0	19,0	1,267	14,996	6,7
5,00	18,00	37,0	18,0	1,267	14,207	7,0
5,20	19,00	38,0	19,0	1,2	15,833	6,3
5,40	19,00	37,0	19,0	1,133	16,77	6,0
5,60	19,00	36,0	19,0	1,267	14,996	6,7
5,80	22,00	41,0	22,0	1,867	11,784	8,5
6,00	22,00	50,0	22,0	1,867	11,784	8,5
6,20	24,00	52,0	24,0	1,8	13,333	7,5
6,40	29,00	56,0	29,0	2,333	12,43	8,0
6,60	30,00	65,0	30,0	2,4	12,5	8,0
6,80	34,00	70,0	34,0	2,267	14,998	6,7
7,00	26,00	60,0	26,0	1,0	26,0	3,8
7,20	55,00	70,0	55,0	2,8	19,643	5,1
7,40	23,00	65,0	23,0	1,6	14,375	7,0
7,60	26,00	50,0	26,0	1,6	16,25	6,2
7,80	25,00	49,0	25,0	1,667	14,997	6,7
8,00	27,00	52,0	27,0	1,933	13,968	7,2
8,20	38,00	67,0	38,0	1,467	25,903	3,9
8,40	43,00	65,0	43,0	1,933	22,245	4,5
8,60	44,00	73,0	44,0	2,733	16,1	6,2
8,80	45,00	86,0	45,0	3,133	14,363	7,0
9,00	46,00	93,0	46,0	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0,60	3,0	0,422	1,8	Coesivo	Terreno vegetale
5,80	15,962	1,018	1,9	Coesivo	Limi sabbiosi
9,00	33,563	1,908	2,0	Coesivo	Argille marnose

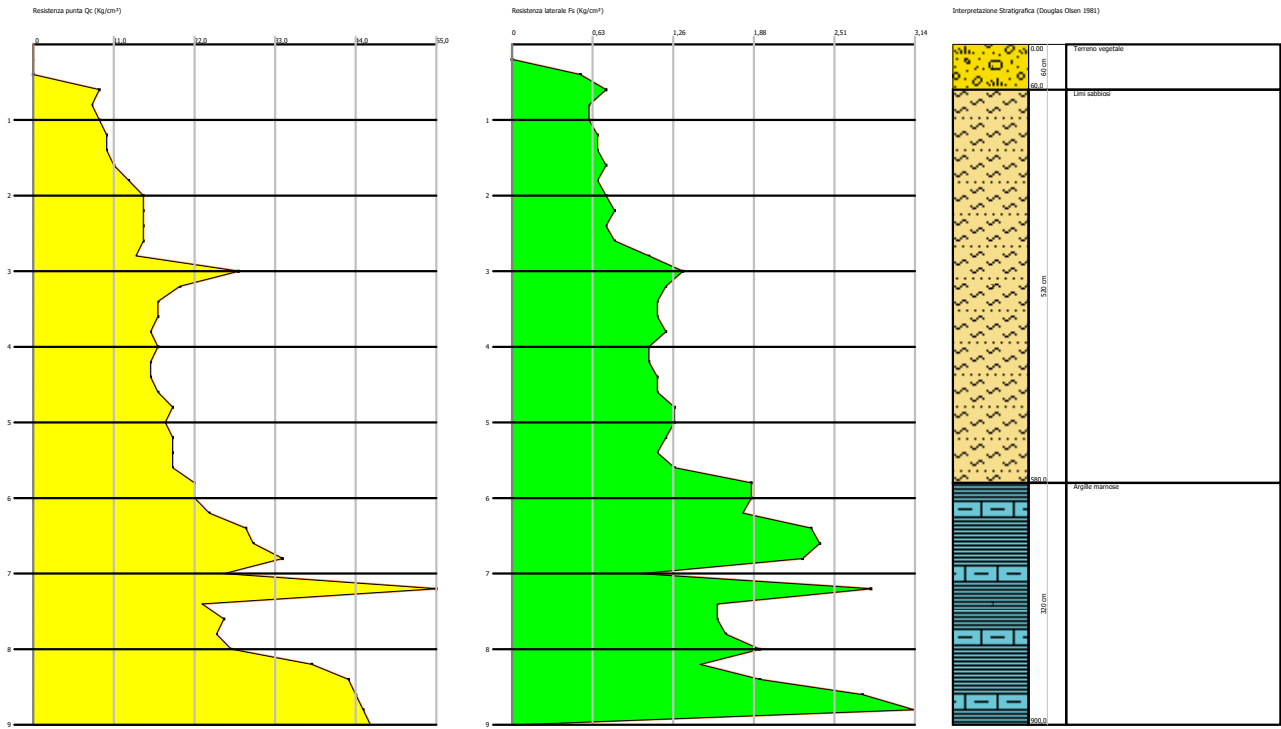
STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

	Prof. Strato (m)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Cu (Kg/cm ²)	Eed (Kg/cm ²)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0,60	0,1	0,1	0,2	17,8	1,7	1,7
Strato 2	5,80	0,6	0,6	0,8	48,0	1,9	2,0
Strato 3	9,00	1,4	1,4	1,7	67,1	2,1	2,1

Probe CPT - Cone Penetration CPT 6
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: Società Agricola Carpineto Sinello Srl. - Via Isonzo, Reggio Emilia (RE)
Cantiere: Campo fotovoltaico
Località: Atezza (CH)

Data: 21/02/2019



PROVA CPT 7



Committente: Società Agricola Carpineto Sinello Srl. - Via

Isonzo, Reggio Emilia (RE)

Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)

Prova eseguita in data: 21/02/2019

Profondità prova: 7,00 mt

Località: Atesa (CH)

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,0	0,0		
0,40	0,00	0,0	0,0	0,733	0,0	
0,60	5,00	16,0	5,0	0,533	9,381	10,7
0,80	7,00	15,0	7,0	0,667	10,495	9,5
1,00	10,00	20,0	10,0	0,867	11,534	8,7
1,20	12,00	25,0	12,0	1,067	11,246	8,9
1,40	18,00	34,0	18,0	1,2	15,0	6,7
1,60	19,00	37,0	19,0	1,267	14,996	6,7
1,80	17,00	36,0	17,0	1,6	10,625	9,4
2,00	20,00	44,0	20,0	4,0	5,0	20,0
2,20	20,00	80,0	20,0	1,6	12,5	8,0
2,40	18,00	42,0	18,0	0,8	22,5	4,4
2,60	13,00	25,0	13,0	1,4	9,286	10,8
2,80	15,00	36,0	15,0	1,133	13,239	7,6
3,00	15,00	32,0	15,0	1,0	15,0	6,7
3,20	15,00	30,0	15,0	0,867	17,301	5,8
3,40	15,00	28,0	15,0	0,733	20,464	4,9

3,60	16,00	27,0	16,0	0,867	18,454	5,4
3,80	18,00	31,0	18,0	0,933	19,293	5,2
4,00	20,00	34,0	20,0	1,067	18,744	5,3
4,20	20,00	36,0	20,0	1,267	15,785	6,3
4,40	25,00	44,0	25,0	1,2	20,833	4,8
4,60	32,00	50,0	32,0	1,8	17,778	5,6
4,80	115,00	142,0	115,0	2,267	50,728	2,0
5,00	126,00	160,0	126,0	4,0	31,5	3,2
5,20	30,00	90,0	30,0	1,667	17,996	5,6
5,40	25,00	50,0	25,0	1,4	17,857	5,6
5,60	26,00	47,0	26,0	0,733	35,471	2,8
5,80	46,00	57,0	46,0	2,0	23,0	4,3
6,00	26,00	56,0	26,0	1,067	24,367	4,1
6,20	27,00	43,0	27,0	1,2	22,5	4,4
6,40	34,00	52,0	34,0	2,467	13,782	7,3
6,60	35,00	72,0	35,0	2,467	14,187	7,0
6,80	37,00	74,0	37,0	2,6	14,231	7,0
7,00	40,00	79,0	40,0	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0,80	3,0	0,483	2,0	Coesivo	Terreno vegetale
4,60	17,789	1,298	1,9	Coesivo	Limi sabbiosi
5,20	90,333	2,645	2,2	Coesivo	Marne fratturate
7,00	32,889	1,548	2,0	Coesivo	Marne argillose

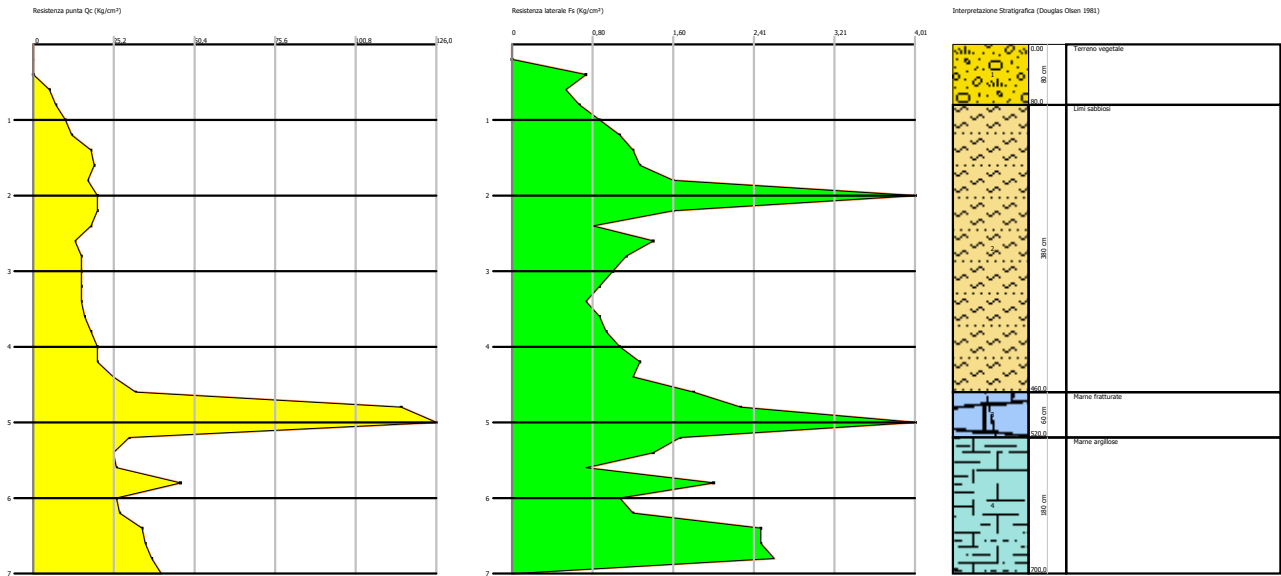
STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

	Prof. Strato (m)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Cu (Kg/cm ²)	Eed (Kg/cm ²)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0,80	0,1	0,1	0,2	17,8	1,6	1,7
Strato 2	4,60	0,5	0,5	0,9	46,2	1,9	2,0
Strato 3	5,20	0,9	0,9	4,5	180,7	2,2	2,3
Strato 4	7,00	1,2	1,2	1,6	65,8	2,1	2,1

Probe CPT - Cone Penetration CPT 7
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: Società Agricola Carpineto Sinello Srl. - Via Isonzo, Reggio Emilia (RE)
Cantiere: Campo fotovoltaico
Località: Atezza (CH)

Data: 21/02/2019



PROVA CPT 8



Committente: Società Agricola Carpineto Sinello Srl. - Via

Isonzo, Reggio Emilia (RE)

Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)

Prova eseguita in data: 21/02/2019

Profondità prova: 7,00 mt

Località: Atesa (CH)

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,0	0,0		
0,40	0,00	0,0	0,0	0,6	0,0	
0,60	7,00	16,0	7,0	0,533	13,133	7,6
0,80	6,00	14,0	6,0	0,333	18,018	5,6
1,00	6,00	11,0	6,0	0,2	30,0	3,3
1,20	7,00	10,0	7,0	0,467	14,989	6,7
1,40	8,00	15,0	8,0	0,6	13,333	7,5
1,60	9,00	18,0	9,0	0,533	16,886	5,9
1,80	8,00	16,0	8,0	0,533	15,009	6,7
2,00	9,00	17,0	9,0	0,6	15,0	6,7
2,20	8,00	17,0	8,0	0,6	13,333	7,5
2,40	10,00	19,0	10,0	0,533	18,762	5,3
2,60	12,00	20,0	12,0	0,933	12,862	7,8
2,80	12,00	26,0	12,0	1,133	10,591	9,4
3,00	13,00	30,0	13,0	0,933	13,934	7,2
3,20	13,00	27,0	13,0	1,267	10,26	9,7

3,40	15,00	34,0	15,0	1,467	10,225	9,8
3,60	19,00	41,0	19,0	1,4	13,571	7,4
3,80	17,00	38,0	17,0	1,4	12,143	8,2
4,00	18,00	39,0	18,0	1,4	12,857	7,8
4,20	20,00	41,0	20,0	1,533	13,046	7,7
4,40	37,00	60,0	37,0	2,133	17,346	5,8
4,60	20,00	52,0	20,0	2,333	8,573	11,7
4,80	23,00	58,0	23,0	1,933	11,899	8,4
5,00	21,00	50,0	21,0	1,933	10,864	9,2
5,20	19,00	48,0	19,0	2,6	7,308	13,7
5,40	35,00	74,0	35,0	3,133	11,171	9,0
5,60	60,00	107,0	60,0	4,2	14,286	7,0
5,80	60,00	123,0	60,0	2,4	25,0	4,0
6,00	42,00	78,0	42,0	1,933	21,728	4,6
6,20	32,00	61,0	32,0	2,8	11,429	8,8
6,40	42,00	84,0	42,0	2,333	18,003	5,6
6,60	40,00	75,0	40,0	2,333	17,145	5,8
6,80	36,00	71,0	36,0	2,867	12,557	8,0
7,00	42,00	85,0	42,0	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0,60	2,333	0,378	1,8	Coesivo	Terreno vegetale
4,20	11,667	0,881	1,9	Coesivo	Limo sabbioso
7,00	36,357	2,352	2,1	Coesivo	Argille marnose

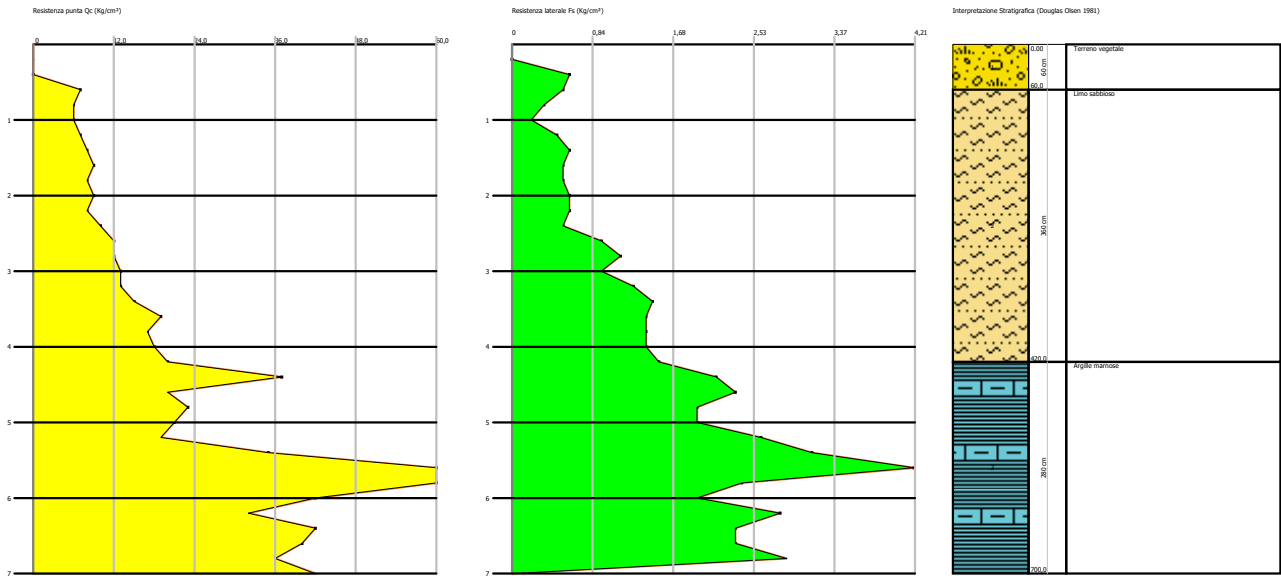
STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

	Prof. Strato (m)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Eed (Kg/cm ²)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturato (t/m ³)	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	0,60	0,1	0,1	14,2	1,6	1,7	0,1
Strato 2	4,20	0,5	0,5	46,4	1,9	2,0	0,6
Strato 3	7,00	1,1	1,1	72,7	2,1	2,1	1,8

Probe CPT - Cone Penetration CPT 8
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: Società Agricola Carpineto Sinello Srl. - Via Isonzo, Reggio Emilia (RE)
Cantiere: Campo fotovoltaico
Località: Atezza (CH)

Data: 21/02/2019



REPORT

ANALISI DI STABILITA'

ANALISI DI STABILITÀ DEL PENDIO

Condizioni pre-operam

Analisi di stabilità dei pendii: Metodo di SARMA

Lat./Long.	42,1316223144531/14,4544763565063
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	20,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	26,1 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	238,06 m
Ascissa vertice destro superiore xs	231,23 m
Ordinata vertice destro superiore ys	291,25 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,4	2,51	0,29
S.L.D.	50,0	0,5	2,51	0,32
S.L.V.	475,0	1,06	2,64	0,44
S.L.C.	975,0	1,32	2,68	0,47

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,6	0,2	0,0122	0,0061
S.L.D.	0,75	0,2	0,0153	0,0076
S.L.V.	1,59	0,24	0,0389	0,0195
S.L.C.	1,9583	0,24	0,0479	0,024

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,012
Coefficiente azione sismica verticale	0,006

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	95,61
2	8,42	96,86
3	16,85	97,62
4	25,27	98,52
5	33,69	100,15
6	42,11	100,96
7	50,53	101,85
8	58,96	103,45
9	67,38	104,42
10	75,8	105,53
11	84,22	107,64
12	92,65	109,02
13	101,07	110,39
14	109,49	112,33
15	117,91	113,62
16	126,34	114,86
17	134,76	116,63
18	143,18	117,88
19	151,6	119,01
20	160,03	120,6
21	168,45	121,53
22	176,87	122,44
23	185,29	123,36
24	193,72	125,11
25	202,14	125,98
26	210,56	126,96
27	218,98	129,24
28	227,41	130,36
29	235,83	131,65
30	244,25	133,99
31	252,67	135,38
32	261,1	136,77
33	269,52	138,73
34	277,94	139,68
35	286,36	140,1
36	294,79	140,71
37	303,21	140,88
38	311,63	140,83
39	320,05	140,44
40	328,48	139,92
41	336,9	139,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	95,6
2	8,42	96,85
3	16,85	97,61
4	25,27	98,51
5	33,69	100,14
6	42,11	100,95
7	50,53	101,84
8	58,96	103,44
9	67,38	104,41
10	75,8	105,52
11	84,22	107,63
12	92,65	109,01
13	101,07	110,38

14	109,49	112,32
15	117,91	113,61
16	126,34	114,85
17	134,76	116,62
18	143,18	117,87
19	151,6	119,0
20	160,03	120,59
21	168,45	121,52
22	176,87	122,43
23	185,29	123,35
24	193,72	125,1
25	202,14	125,97
26	210,56	126,95
27	218,98	129,23
28	227,41	130,35
29	235,83	131,64
30	244,25	133,98
31	252,67	135,37
32	261,1	136,76
33	269,52	138,72
34	277,94	139,67
35	286,36	140,09
36	294,79	140,7
37	303,21	140,87
38	311,63	140,82
39	320,05	140,43
40	328,48	139,91
41	336,9	138,99

Piezometrica Nr..1**Vertici strato1**

N	X (m)	y (m)
1	0,0	90,61
2	8,42	91,86
3	16,84	92,62
4	25,27	93,52
5	33,69	95,15
6	42,11	95,96
7	50,53	96,85
8	58,96	98,45
9	67,38	99,42
10	75,8	100,53
11	84,22	102,64
12	92,65	104,02
13	101,07	105,39
14	109,49	107,33
15	117,91	108,62
16	126,34	109,86
17	134,76	111,63
18	143,18	112,88
19	151,6	114,01
20	160,03	115,6
21	168,45	116,53
22	176,87	117,44
23	185,29	118,36
24	193,72	120,11
25	202,14	120,98
26	210,56	121,96
27	218,98	124,24
28	227,41	125,36

29	235,83	126,65
30	244,25	128,99
31	252,67	130,38
32	261,1	131,77
33	269,52	133,73
34	277,94	134,68
35	286,36	135,1
36	294,79	135,71
37	303,21	135,88
38	311,63	135,83
39	320,05	135,44
40	328,48	134,92
41	336,9	134,0

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0,08	0,8	24	1800	2000	Limi sabbiosi
2	0,22	2,2	27	2000	2200	Argille marnose

Risultati analisi pendio [NTC 2018]

Fs minimo individuato	1,8
Ascissa centro superficie	231,23 m
Ordinata centro superficie	243,38 m
Raggio superficie	114,84 m

xc = 231,23 yc = 243,381 Rc = 114,84 Fs=1,804
 Lambda = 0,167

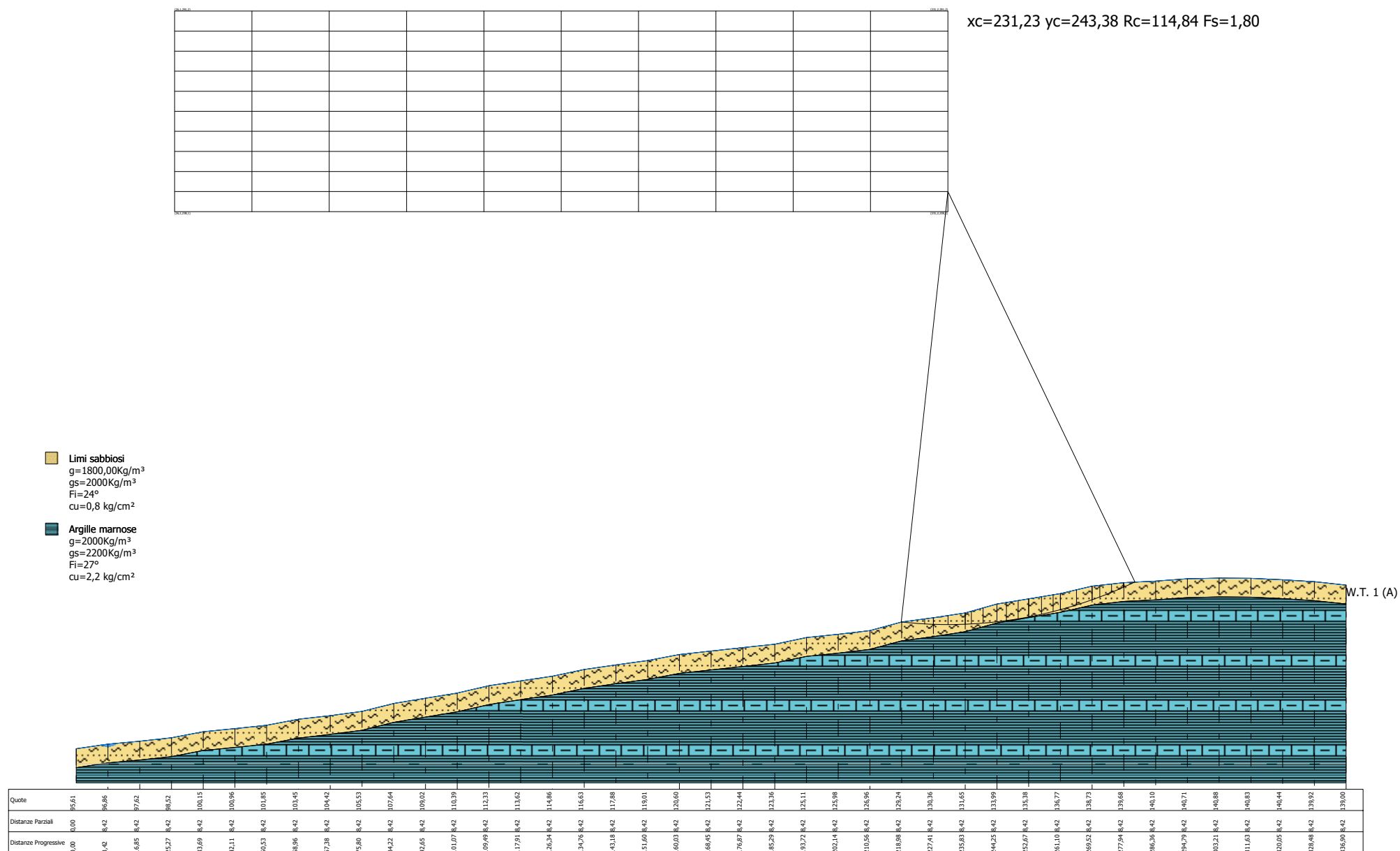
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	0,11	-6,14	0,11	4,02
2	6,09	-4,6	6,11	8917,31
3	2,33	-2,49	2,33	7245,13
4	3,87	-0,94	3,87	16250,94
5	4,55	1,16	4,55	24926,27
6	1,65	2,71	1,65	10567,12
7	3,1	3,89	3,11	23130,33
8	3,68	5,59	3,69	32285,15
9	2,52	7,15	2,54	24039,45
10	3,1	8,56	3,13	30015,55
11	2,8	10,05	2,84	27138,74
12	3,4	11,63	3,47	32389,47

13	3,1	13,29	3,19	28404,47
14	1,92	14,58	1,99	16820,99
15	4,28	16,19	4,45	35714,58
16	4,15	18,39	4,37	31881,86
17	2,05	20,02	2,19	13809,7
18	3,1	21,4	3,33	16606,41
19	3,1	23,07	3,37	10913,5
20	3,1	24,76	3,41	4026,7

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	253,72	1517,94	0,0	0,0	-411,24	-53,69	0,56
2	914,25	5469,61	253,72	1517,94	3560,55	3588,72	4400,76
3	1309,36	7833,42	914,25	5469,61	3188,5	1821,05	3596,2
4	1991,01	11911,46	1309,36	7833,42	7499,21	3566,48	8100,5
5	2797,48	16736,3	1991,01	11911,46	11926,12	4962,4	12427,3
6	2954,31	17674,54	2797,48	16736,3	5229,02	2021,13	5265,43
7	3360,85	20106,71	2954,31	17674,54	11406,68	4192,48	11522,76
8	3770,04	22554,77	3360,85	20106,71	15944,22	5572,63	16096,78
9	3825,86	22888,73	3770,04	22554,77	11846,35	4050,75	12005,83
10	3851,15	23040,03	3825,86	22888,73	14643,76	5003,61	14990,36
11	3714,31	22221,35	3851,15	23040,03	13050,27	4481,33	13555,68
12	3485,49	20852,44	3714,31	22221,35	15291,1	5312,37	16155,38
13	3121,85	18676,86	3485,49	20852,44	13027,05	4626,98	14168,35
14	2724,11	16297,38	3121,85	18676,86	7437,91	2716,63	8395,02
15	2106,29	12601,18	2724,11	16297,38	15389,94	5772,16	17822,94
16	1360,5	8139,39	2106,29	12601,18	12858,01	5110,41	15902,04
17	883,42	5285,19	1360,5	8139,39	5130,17	2234,93	6893,77
18	374,55	2240,82	883,42	5285,19	5956,6	2946,11	8275,58
19	70,07	419,22	374,55	2240,82	3724,86	2413,09	5420,23
20	91,96	550,16	70,07	419,22	1508,27	1885,79	1984,06

Verifica di stabilità - Pre-operam



ANALISI DI STABILITÀ DEL PENDIO

Condizioni pre-operam

Analisi di stabilità dei pendii: Metodo di SARMA

Lat./Long.	42,1316223144531/14,4544763565063
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	20,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	12,61 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	176,56 m
Ascissa vertice destro superiore xs	153,85 m
Ordinata vertice destro superiore ys	255,25 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,4	2,51	0,29
S.L.D.	50,0	0,5	2,51	0,32
S.L.V.	475,0	1,06	2,64	0,44
S.L.C.	975,0	1,32	2,68	0,47

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,6	0,2	0,0122	0,0061
S.L.D.	0,75	0,2	0,0153	0,0076
S.L.V.	1,59	0,24	0,0389	0,0195
S.L.C.	1,9583	0,24	0,0479	0,024

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,012
Coefficiente azione sismica verticale	0,006

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	95,61
2	8,42	96,86
3	16,85	97,62
4	25,27	98,52
5	33,69	100,15
6	42,11	100,96
7	50,53	101,85
8	58,96	103,45
9	67,38	104,42
10	75,8	105,53
11	84,22	107,64
12	92,65	109,02
13	101,07	110,39
14	109,49	112,33
15	117,91	113,62
16	126,34	114,86
17	134,76	116,63
18	143,18	117,88
19	151,6	119,01
20	160,03	120,6
21	168,45	121,53
22	176,87	122,44
23	185,29	123,36
24	193,72	125,11
25	202,14	125,98
26	210,56	126,96
27	218,98	129,24
28	227,41	130,36
29	235,83	131,65
30	244,25	133,99
31	252,67	135,38
32	261,1	136,77
33	269,52	138,73
34	277,94	139,68
35	286,36	140,1
36	294,79	140,71
37	303,21	140,88
38	311,63	140,83
39	320,05	140,44
40	328,48	139,92
41	336,9	139,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	95,6
2	8,42	96,85
3	16,85	97,61
4	25,27	98,51
5	33,69	100,14
6	42,11	100,95
7	50,53	101,84
8	58,96	103,44
9	67,38	104,41
10	75,8	105,52
11	84,22	107,63
12	92,65	109,01
13	101,07	110,38

14	109,49	112,32
15	117,91	113,61
16	126,34	114,85
17	134,76	116,62
18	143,18	117,87
19	151,6	119,0
20	160,03	120,59
21	168,45	121,52
22	176,87	122,43
23	185,29	123,35
24	193,72	125,1
25	202,14	125,97
26	210,56	126,95
27	218,98	129,23
28	227,41	130,35
29	235,83	131,64
30	244,25	133,98
31	252,67	135,37
32	261,1	136,76
33	269,52	138,72
34	277,94	139,67
35	286,36	140,09
36	294,79	140,7
37	303,21	140,87
38	311,63	140,82
39	320,05	140,43
40	328,48	139,91
41	336,9	138,99

Piezometrica Nr..1**Vertici strato1**

N	X (m)	y (m)
1	0,0	90,61
2	8,42	91,86
3	16,84	92,62
4	25,27	93,52
5	33,69	95,15
6	42,11	95,96
7	50,53	96,85
8	58,96	98,45
9	67,38	99,42
10	75,8	100,53
11	84,22	102,64
12	92,65	104,02
13	101,07	105,39
14	109,49	107,33
15	117,91	108,62
16	126,34	109,86
17	134,76	111,63
18	143,18	112,88
19	151,6	114,01
20	160,03	115,6
21	168,45	116,53
22	176,87	117,44
23	185,29	118,36
24	193,72	120,11
25	202,14	120,98
26	210,56	121,96
27	218,98	124,24
28	227,41	125,36

29	235,83	126,65
30	244,25	128,99
31	252,67	130,38
32	261,1	131,77
33	269,52	133,73
34	277,94	134,68
35	286,36	135,1
36	294,79	135,71
37	303,21	135,88
38	311,63	135,83
39	320,05	135,44
40	328,48	134,92
41	336,9	134,0

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0,08	0,8	24	1800,00	2000	Limi sabbiosi
2	0,22	2,2	27	2000	2200	Argille marnose

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	25,27	98,52	235,27	138,9818	0,5

Risultati analisi pendio [NTC 2018]

Fs minimo individuato	2,17
Ascissa centro superficie	90,29 m
Ordinata centro superficie	251,32 m
Raggio superficie	144,78 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Ei, Ei-1: Forze agenti normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali.

xc = 90,29 yc = 251,316 Rc = 144,779 Fs=2,174

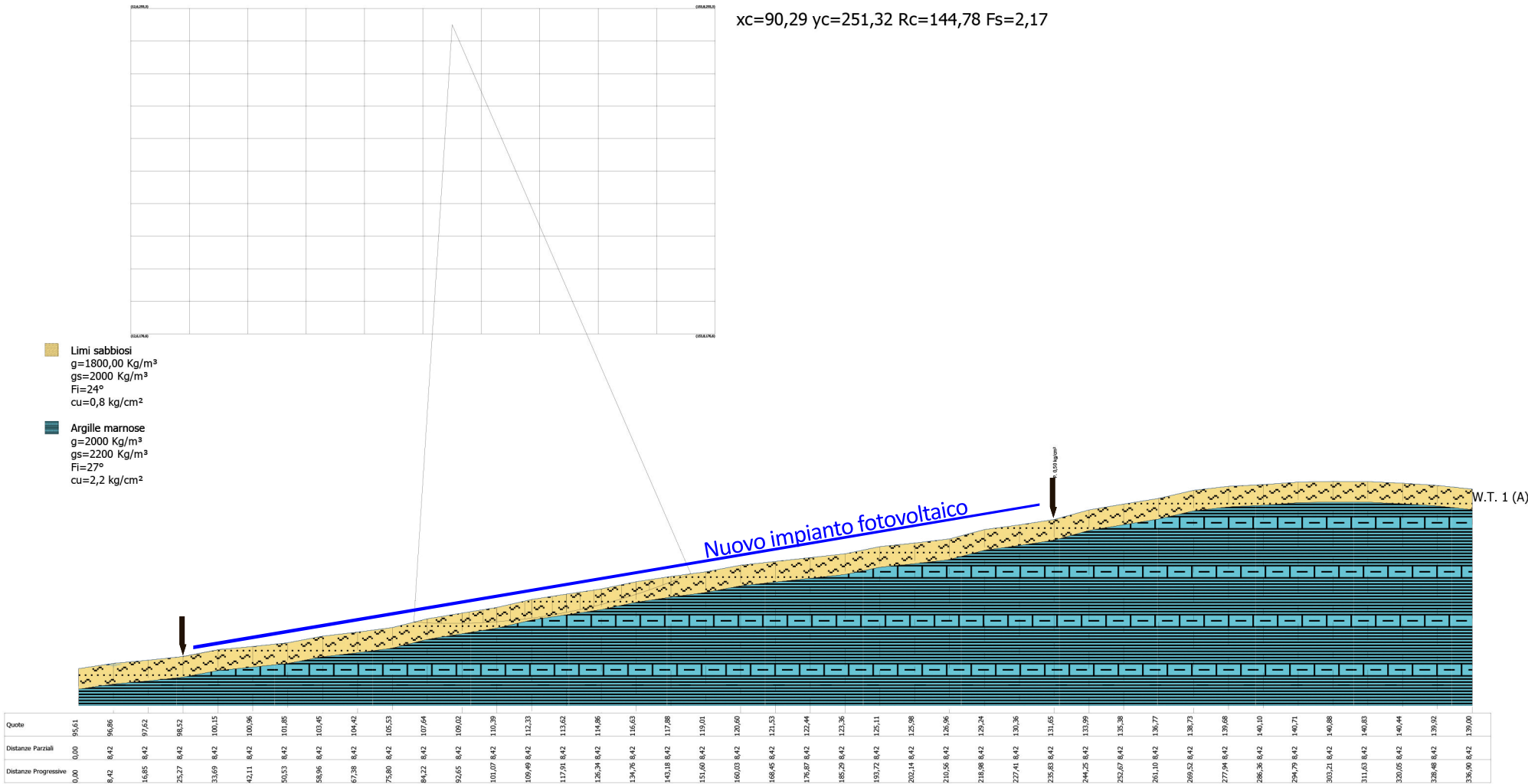
Lambda = 0,144

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	3,21	-3,04	3,21	18714,07
2	3,49	-1,71	3,49	26640,65
3	4,94	-0,04	4,94	45196,34
4	1,76	1,28	1,76	17932,54
5	3,35	2,29	3,35	36341,61
6	3,31	3,61	3,32	38407,57
7	3,38	4,94	3,39	41953,25
8	3,35	6,28	3,37	44505,95
9	1,69	7,28	1,71	23449,11
10	5,0	8,62	5,06	70439,77
11	3,42	10,31	3,48	47752,4
12	3,28	11,66	3,35	44822,76
13	3,35	13,0	3,44	44200,68
14	1,8	14,05	1,85	22866,63
15	4,9	15,42	5,08	60027,91
16	3,52	17,16	3,69	40737,42
17	3,17	18,55	3,35	33674,87
18	3,35	19,92	3,56	31171,87
19	1,9	21,02	2,04	15463,79
20	4,79	22,45	5,19	30116,6

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	897,21	6220,21	0,0	0,0	16018,45	4463,33	1565,65
2	1866,36	12939,15	897,21	6220,21	21060,04	5597,11	4566,73
3	3136,14	21742,35	1866,36	12939,15	33997,02	8779,19	10194,39
4	3475,31	24093,77	3136,14	21742,35	13191,19	3349,74	4551,98
5	4131,23	28641,16	3475,31	24093,77	26245,17	6608,33	9786,47
6	4645,35	32205,43	4131,23	28641,16	27326,84	6818,76	10895,16
7	5021,06	34810,18	4645,35	32205,43	29316,85	7253,65	12491,32
8	5217,02	36168,76	5021,06	34810,18	30463,17	7478,67	13852,91
9	5061,83	35092,81	5217,02	36168,76	15836,38	3871,33	7484,01
10	5083,2	35241,02	5061,83	35092,81	47016,49	11491,83	22660,16
11	4775,18	33105,52	5083,2	35241,02	31546,85	7739,91	15283,35
12	4328,3	30007,37	4775,18	33105,52	29359,27	7244,48	14204,91
13	3767,56	26119,85	4328,3	30007,37	28833,75	7169,94	13683,87
14	3293,58	22833,84	3767,56	26119,85	14778,2	3708,56	6919,37
15	2350,59	16296,29	3293,58	22833,84	38820,55	9820,89	17710,14
16	1499,73	10397,39	2350,59	16296,29	26038,21	6690,06	11512,06
17	709,92	4921,78	1499,73	10397,39	21633,23	5662,05	8875,43
18	-43,91	-304,43	709,92	4921,78	20630,65	5535,82	7195,9
19	-398,57	-2763,23	-43,91	-304,43	10742,74	2950,19	2950,17
20	-1101,52	-7636,63	-398,57	-2763,23	23086,87	6637,26	3293,43

Verifica di stabilità - Post-operam



DOCUMENTAZIONE

FOTOGRAFICA

Foto 1



Foto 2



Foto 3

