

REGIONE LAZIO  
Provincia di LATINA

PROGETTO:

REALIZZAZIONE DELL' IMPIANTO AGROVOLTAICO "CACCIANOVA" DA  
21.010,86 kWp E DELLE RELATIVE OPERE ED INFRASTRUTTURE  
CONNESSE NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI CISTERNA DI LATINA (LT)

*Potenza Nominale Impianto: 21.010,86 kWp*

*Potenza Immissione: 19.000 kW*

*PROGETTO DEFINITIVO*

TITOLO:

**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA,  
IDROGEOLOGICA, IDRAULICA E SISMICA**

COMMITTENTE



**sonnedix**

**SONNEDIX SAN GABRIELE S.R.L.**

Corso Buenos Aires, n. 54

20124 - Milano (MI)

P. IVA 12044350960

P.e.c. sxsangabriele.pec@maildoc.it

Formato A4	SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI		
	Commessa L2120	Documento Rel 05 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGICA, IDRAULICA E SISMICA	N. Doc. <b>Rel 05</b>

# Comune di CISTERNA di LATINA



## REALIZZAZIONE DELL' IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE OPERE E INFRASTRUTTURE CONNESSE, DENOMINATO "CACCIANOVA"

**Località di riferimento:** "Casa Caccianova", "canale delle Acque Alte"  
**Rif. catastali:** Foglio n.° 32, p.lle nn.: 22, 83, 86  
**Committente:** SONNEDIX SAN GABRIELE S.R.L.

## RELAZIONE GEOLOGICA

***Geol. Nicola Pellecchia***

---

## **1 - PREMESSA**

Io sottoscritto Dott. Geol. Nicola PELLECCCHIA, regolarmente iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi della Puglia col n. 360, ho eseguito lo studio geologico del sito interessato dal seguente **Progetto**: REALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE OPERE E INFRASTRUTTURE CONNESSE denominato "**CACCIANOVA**", in territorio di **Cisterna di Latina (LT)**, al fine di accertare e verificare le caratteristiche geologiche dei terreni ivi presenti;

**committente: SONNEDIX SAN GABRIELE S.R.L..**

**La normativa di riferimento è rappresentata da:**

- *D.M. del 11/03/1988;*
- *"Norme Tecniche per le Costruzioni" (NCT) di cui al D.M. 17/01/2018 che hanno come obiettivi: la descrizione della litostratigrafia, dell'idrologia superficiale, dell'idrogeologia sotterranea, della natura e origine delle formazioni geologiche affioranti nell'area di studio, della geomorfologia, dell'andamento strutturale delle rocce in sito e delle caratteristiche geologiche del terreno di fondazione.*

La caratterizzazione geologica del terreno di fondazione del sito in studio, è il risultato dell'utilizzazione di dati ricavati dalla consultazione della bibliografia esistente e dall'estrapolazione di dati e informazioni attraverso siti in Internet.

**Le APPENDICI 1 e 2 fanno parte integrante ed imprescindibile della presente relazione.**

## **2 - UBICAZIONE SITO**

L'area interessata è ubicata in territorio di Cisterna di Latina (LT) a Sud, Sud-Est dell'abitato; le località di riferimento sono: "*Casa Caccianova*" e "*canale delle Acque Alte*". Rif. catastali: **Foglio n.° 32, p.lle nn.: 22, 83, 86**. Essa ricade nel Fg. n.° 158 "LATINA" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 e si trova ad una quota media di m 35 s.l.m.m.; *cfr. Figg. 1, 2.*

## **3 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO**

L'area in studio ricade in territorio di Cisterna di Latina (LT) a sua volta ricadente nel suddetto Foglio della Carta Geologica d'Italia.

L'area in studio fa parte della vasta Pianura Pontina che, con andamento NW - SE, collega il mare Tirreno con i rilievi vulcanici dei Monti dell'Artemisio a NE e con le catene calcaree mesozoiche dei Lepini e degli Ausoni ad Est e a Sud. La Pianura Pontina costituisce un settore del margine tirreniano della Catena Appenninica, caratterizzato da un regime di tettonica iniziata a partire dal miocene superiore, in corrispondenza con l'inizio della fase compressiva responsabile della costruzione dell'orogene appenninico. La struttura carbonatica caratterizzante il territorio in studio è suddivisa in varie scaglie sovrascorse verso NE, in parte su sedimenti terrigeni flyschiodi affioranti sia nella Valle Latina che nel bordo sud del Promontorio del Circeo. Secondo le interpretazioni più recenti (Mostardini e Merlini 1986) anche le scaglie tettoniche costituenti l'alto strutturale sepolto di Fogliano, sarebbero sovrascorse sui depositi terrigeni ipotizzati al di sotto della Pianura Pontina. Successivamente si instaurò una fase tettonica distensiva, attiva durante il Pliocene e parte del Quaternario, intimamente collegata con l'apertura del mare Tirreniano. Essa determinò la struttura attuale ad Horst e Graben cioè a blocchi rialzati e ribassati a seguito dell'azione di faglie normali con pendenze NW - SE. Questa impalcatura strutturale fu ricoperta da potenti depositi plioquaternari costituiti da sequenze di sedimenti alternativamente continentali e marini, trasgressivi sul substrato calcareo Meso-Cenozoico. Si inizia con una serie di marne ed argille di ambiente epibatiale, riferibili al Pliocene più basso seguite da argille litorali o sub litorali

collocabili temporalmente al medio e all'alto Pliocene. Poi seguono nel Pleistocene sedimenti sabbiosi e argillo-sabbiosi di ambiente litorale, lagunare o fluvio-lacustre, alternati o eteropici con sabbie di origine eolica. Spesso, a profondità variabili si rinvengono interdigitati con i precedenti, sedimenti piroclastici più o meno alterati, derivanti dall'attività del vicino apparato vulcanico dei Colli Albani. Mano a mano che ci si sposta verso Cisterna la porzione vulcanica tende a divenire prevalente sul resto dei sedimenti arrivando a spessori intorno ai 30 m. L'aspetto geomorfologico dell'area in esame risulta sostanzialmente pianeggiante con quote, in prevalenza, variabili tra 0 e 40 m s.l.m. Un'analisi dettagliata delle quote sul livello del mare del piano campagna ha permesso di evidenziare l'aspetto generale depresso dell'area ubicata a NE e SE del fiume Sisto, con quote non superiori ai 10 m s.l.m. Ad W del fiume Sisto affiora a guisa di spina centrale della pianura il complesso indicato in passato come Duna Antica (complesso Latina) che, con andamento sub parallelo alla linea di costa, raggiunge culminazioni intorno a 25 m s.l.m. Verso la costa, nell'area compresa tra gli attuali tumuleti e i sedimenti litorali successivi, è presente la zona più depressa di tutta la pianura con quote anche al di sotto dell'attuale livello del mare. Nell'area NW di Latina questa situazione non è più presente in quanto la morfologia risente della presenza e delle propaggini meridionali dell'apparato vulcanico dei Colli Albani. Al di là del fiume Astura lungo il confine N-NW del comune, nei pressi della strada provinciale Velletri-Anzio, è ubicata l'area più rilevata di tutto il comune con altezze che superano i 50 m fino a raggiungere la massima quota di 73,2 m s.l.m. Considerato che i terreni affioranti in questa area sono per lo più sabbiosi e che pozzi trivellati per ricerche d'acqua hanno mostrato a circa 20 m di profondità rispetto al piano campagna, una potente serie argillosa riferibile al Pliocene, è da supporre un'azione tettonica che sollevò l'area con linee di faglia probabilmente lungo il corso del fiume Astura.

#### **4 - IDROGEOLOGIA / IDROLOGIA: cenni sulla compatibilità dell'intervento in progetto**

Ci si trova in presenza di *seminativi in aree non irrigue*; cfr. Fig. 4 in APPENDICE 1. Si segnala il rispetto di una fascia di terreno interposta tra il canale ivi presente e l'area in studio. Tale fascia è funzionale a garantire assenza di alluvionamenti nell'area in studio. Quanto indicato fa riferimento alla normativa regionale ed ai regolamenti tecnico attuativi in vigore i cui *enti* preposti al rispetto degli stessi sono l'ufficio tecnico del Comune di Cisterna di Latina nonché il locale Ente Bonifica. Dall'estrapolazione di dati in bibliografia, inoltre, si attesta assenza di aree a pericolosità geomorfologica.

Il livello statico della falda acquifera sotterranea in zona si attesta a ca m 30 s.l.m.m.; cfr. Fig. 3 in APPENDICE 1.

#### **5 - MODELLO GEOLOGICO**

Sulla base dei dati estrapolati dalla bibliografia esistente e da dati ed informazioni estrapolati tramite siti in Internet, a partire dal piano campagna (p.c), sono presenti le seguenti formazioni:

- Suoli lacustri e alluvionali: si tratta di suoli che mostrano componenti granulometriche miste (argilla, limo e sabbia) con prevalenza di una o dell'altra frazione; per lo più si tratta di limi argillosi con scarsa sabbia, contenenti sottili livelli di travertino, spesso molto poroso, o sottili concrezioni calcaree, a granulometria ghiaioso-sabbiosa; lo spessore di questo orizzonte superficiale è di m 4 – 6;
- Tufi terrosi: a granulometria prevalentemente limoso-sabbiosa, fino a m 10 – 11 (o poco più);
- Tufi più o meno cementati: semilitoidi e a volte litoidi e pozzolane a granulometria limoso-sabbiosa o sabbioso-limosa, da m 11 fino ad almeno m 20.

## **6 - GEOTECNICA: illustrazione dei parametri geotecnico-geomeccanici dei terreni**

Di seguito sono indicati, a puro titolo esemplificativo, i parametri geotecnico-geomeccanici delle litologie caratterizzanti l'area in studio, potenzialmente intercettabili in fase di scavo. Si fa presente che per la determinazione dei carichi ammissibili risulta indispensabile applicare coefficienti riduttivi ai dati geotecnici ottenuti da prove in laboratorio che tengano conto della presenza di materiale compressibile, della presenza della falda acquifera e, più in generale, di tutti i difetti strutturali e tessiturali delle litologie interessate:

### **facies superficiale:**

- peso di volume  $\gamma = 1750 \text{ kg/cm}^3$
- angolo d'attrito  $\phi = 14-15^\circ$
- coesione drenata  $c' = 0,05 \text{ kg/cm}^2$
- coesione non drenata  $c_u = 0,4 \div 0,5 \text{ kg/cm}^2$

Il modulo di compressibilità edometrica, nell'intervallo di pressione compreso tra 1 e 2  $\text{kg/cm}^2$  è dell'ordine di 30  $\div$  40  $\text{kg/cm}^2$ ; mentre il coefficiente di sottofondo  $K_w$  (coeff. di Winkler) è dell'ordine di 1  $\text{kg/cm}^3$ ; in presenza d'acqua è molto compressibile;

### **facies limoso-sabbiosa:**

- peso di volume  $\gamma = 1900 \div 2050 \text{ kg/cm}^3$
- angolo d'attrito  $\phi = 22^\circ \div 25^\circ$
- coesione drenata  $c' = 0,1 \div 0,2 \text{ kg/cm}^2$
- coesione non drenata  $c_u = 2,0 \div 4,5 \text{ kg/cm}^2$

Il modulo di compressibilità edometrica, nell'intervallo di pressione compreso tra 1 e 2  $\text{kg/cm}^2$  è compreso tra 60  $\div$  120  $\text{kg/cm}^2$ ; mentre il coefficiente di sottofondo  $K_w$  (coeff. di Winkler) è dell'ordine di 4  $\div$  5  $\text{kg/cm}^3$ ; sono terreni dalle buone caratteristiche fisico-meccaniche;

### **facies sabbioso-argillosa:**

- peso di volume  $\gamma = 1700 \div 2000 \text{ kg/cm}^3$
- angolo d'attrito  $\phi = 20^\circ \div 24^\circ$
- coesione drenata  $c' = 0,15 \div 0,20 \text{ kg/cm}^2$
- coesione non drenata  $c_u = 0,35 \div 0,8 \text{ kg/cm}^2$
- velocità onde longitudinali  $V_l = 0,4 \div 0,9 \text{ km/sec.}$

Il modulo di compressibilità edometrica, nell'intervallo di pressione compreso tra 1 e 2  $\text{kg/cm}^2$  è compreso tra 80  $\div$  100  $\text{kg/cm}^2$ ; mentre il coefficiente di sottofondo  $K_w$  (coeff. di Winkler) è dell'ordine di 2,5  $\div$  3,5  $\text{kg/cm}^3$ . Al fine della determinazione della pressione ammissibile, si prenda a riferimento la formula generale di "Terzaghi e Meyerhof":  $\sigma_r = c N_c S_c + \gamma H N_q + 0,5 \gamma B N_\gamma S_\gamma$ ; in cui:  $c$  = coesione;  $\phi$  = ang. di attrito interno;  $S_c$  e  $S_\gamma$  = fattori di forma;  $\gamma$  = peso di volume del terreno;  $H$  = profondità di posa delle fondazioni;  $B$  = larghezza della fondazioni. Si lascia al calcolatore, comunque, la verifica dimensionale delle fondazioni in funzione dei carichi trasmessi. L'entità dei cedimenti assoluti, associata ai valori assoluti della pressione di contatto trasmessa dalle opere in progetto, è da ritenersi trascurabile per cui si può omettere il calcolo analitico. Si fa presente che possibili infiltrazioni di acqua potrebbero determinare fenomeni di

liquefazione/plasticizzazione locale oltre un decadimento della resistenza a taglio dei terreni interessati.

Il suolo di fondazione è ascrivibile alla **categoria C** ovvero: **Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a m 30, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.**”; di cui alle N.T.C. del D.M. 17/01/2018.

## **7 - CARATTERI SISMICI DEL TERRITORIO**

Il territorio comunale di **Cisterna di Latina (LT)** ricade in **zona sismica 3A**; cfr. Fig. in APPENDICE.

L’accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico ( $a_g$ ) prevista nelle *norme tecniche per la zona 3* è di **0,15 g**.

Le norme tecniche hanno introdotto, tra l’altro, la necessità di considerare, per le costruzioni sui pendii o in loro prossimità, un coefficiente di amplificazione topografica  $S_t$ . Tale coefficiente è direttamente proporzionale alla pendenza del versante,  $S_t = 1$  (assenza di amplificazione) per acclività minori di  $15^\circ$  (pendenze inferiori al 26.8%),  $S_t = 1,2$  per acclività comprese tra  $15^\circ$  e  $30^\circ$  (pendenze superiori al 26.8% ed inferiori al 57%),  $S_t = 1,4$  per acclività maggiori di  $30^\circ$ . Nel nostro caso specifico, essendo la pendenza inferiore a  $15^\circ$  il coefficiente di amplificazione sismica topografica è da ritenersi pari a 1.

Col DM 17/01/2018, è stata introdotta la classificazione dei suoli per la definizione dell’azione sismica di progetto in 5 categorie principali (dalla A alla E) a cui ne sono aggiunte altre 2 (S1 ed S2 per le quali sono richiesti studi speciali per definire l’azione sismica da considerare), sulla base del parametro  $V_{s,eq}$ . Quest’ultimo rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S equivalente ed è calcolato mediante la seguente espressione:

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

dove:

$h_i$ : spessore dell’i-esimo strato;

$V_{s,i}$ : velocità delle onde di taglio nell’i-esimo strato;

N: numero di strati;

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

Viene, in sostanza, enfatizzata l’importanza del parametro  $V_s$  che com’è noto è il parametro geofisico che meglio rappresenta la variabilità geotecnica dei materiali geologici presenti nel sottosuolo.

### **7.1 - Valori Caratteristici dei Parametri Geotecnici e Resistenza di Progetto**

Secondo il detto DM, nella verifica nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq R_d$$

dove  $E_d$  è il valore di progetto dell’azione o dell’effetto dell’azione e dove  $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico. Nella formulazione della resistenza  $R_d$ ,

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R$$

dove il coefficiente  $\gamma_R$  opera direttamente sulla resistenza del sistema e varia a seconda del tipo di opera. La verifica deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1,

R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo approccio progettuale (Approccio 1) sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti: la prima combinazione è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

Il valore di progetto della resistenza  $R_d$  può essere determinato:

a) in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, diviso per il valore del coefficiente parziale  $\gamma_M$  specificato nella successiva tabella e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali  $\gamma_R$  relativi a ciascun tipo di opera;

b) in modo analitico, con riferimento a correlazioni con i risultati di prove in sito, tenendo conto dei coefficienti parziali  $\gamma_R$  relativi a ciascun tipo di opera;

c) sulla base di misure dirette su prototipi, tenendo conto dei coefficienti parziali  $\gamma_R$  relativi a ciascun tipo di opera.

Tabella 2 \_ DM 17/01/2018 - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	RANDEZZA ALLA QUALE PLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
<i>tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4

Le verifiche di sicurezza per le fondazioni superficiali devono essere effettuate almeno nei confronti dei seguenti stati limite:

SLU di tipo geotecnico (GEO)

- collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno
- collasso per scorrimento sul piano di posa
- stabilità globale

SLU di tipo strutturale (STR)

raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali, **accertando che la condizione  $E_d \leq R_d$  sia soddisfatta per ogni stato limite considerato.**

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata secondo l'Approccio 1:

Combinazione 2: (A2+M2+R2) tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabella relativa alle azioni e i parametri geotecnici e nella Tabella relativa alle resistenze globali (DM 17/01/2018). Le rimanenti verifiche devono essere effettuate, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali, seguendo almeno uno dei due approcci.

Approccio 1:

Combinazione 1: (A1+M1+R1)

Combinazione 2: (A2+M2+R2)

Approccio 2:

(A1+M1+R3).

Nelle verifiche effettuate con l'approccio 2 finalizzate al dimensionamento strutturale, il coefficiente  $\gamma_R$  non deve essere portato in conto.

Tabella 4\_ DM 17/01/2018 - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di **fondazioni superficiali**.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

Per la determinazione della Resistenza ultima del terreno (Rd) si dovrà eseguire il calcolo sia secondo i coefficienti parziali della colonna M1, sia secondo quelli della colonna M2 di cui alla Tab. 3.

A tali valori dovranno quindi applicarsi i coefficienti parziali  $\gamma_m$  di cui alla Tab. 3..

Per il calcolo della resistenza ultima del terreno si può utilizzare la relazione proposta da TERZAGHI per fondazioni superficiali:  $R = cN_c + \gamma D N_q + 0.5\gamma \cdot BN_\gamma$

in cui  $c$  è la coesione,  $\gamma$  è il peso di volume del terreno,  $B$  la larghezza della fondazione,  $D$  il piano di posa reale,  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  fattori di capacità portante dipendenti dall'angolo di attrito interno, di cui di seguito

**Tab. 3**

Formula trinomia di Terzaghi:				Tabella dei coefficienti in funzione dell'angolo di attrito e del terreno [vesic 1975]:																																																																																																																																																																																																																			
$q_{lim} = N_q \cdot \gamma_1 \cdot D + N_c \cdot c + N_\gamma \cdot \gamma_2 \cdot \frac{B}{2}$ <p><math>\gamma_1</math> e <math>\gamma_2</math> sono le masse volumiche rispettivamente del terreno al di sopra ed al di sotto del piano di imposta della fondazione; D è la profondità del piano di imposta della fondazione dal p.c.; c è la coesione del terreno al di sotto del piano di posa della fondazione; B è il lato minore della fondazione. I valori dei coefficienti di carico limite o fattori di capacità portante <math>N_q</math>, <math>N_c</math> e <math>N_\gamma</math> sono:</p> $N_q = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) \cdot e^{\pi \cdot \tan \phi}$ $N_c = (N_q - 1) \cdot \cot g \phi$ $N_\gamma = 2(N_q + 1) \cdot \tan \phi$				<table border="1"> <thead> <tr> <th><math>\phi</math> (°)</th> <th><math>N_q</math></th> <th><math>N_c</math></th> <th><math>N_\gamma</math></th> <th><math>\phi</math> (°)</th> <th><math>N_q</math></th> <th><math>N_c</math></th> <th><math>N_\gamma</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>1,00</td><td>5,14</td><td>0,00</td><td>25</td><td>10,66</td><td>20,72</td><td>10,88</td></tr> <tr><td>1</td><td>1,09</td><td>5,38</td><td>0,07</td><td>26</td><td>11,85</td><td>22,25</td><td>12,54</td></tr> <tr><td>2</td><td>1,20</td><td>5,63</td><td>0,15</td><td>27</td><td>13,20</td><td>23,94</td><td>14,47</td></tr> <tr><td>3</td><td>1,31</td><td>5,90</td><td>0,24</td><td>28</td><td>14,72</td><td>25,80</td><td>16,72</td></tr> <tr><td>4</td><td>1,43</td><td>6,19</td><td>0,34</td><td>29</td><td>16,44</td><td>27,86</td><td>19,34</td></tr> <tr><td>5</td><td>1,57</td><td>6,49</td><td>0,45</td><td>30</td><td>18,40</td><td>30,14</td><td>22,40</td></tr> <tr><td>6</td><td>1,72</td><td>6,81</td><td>0,57</td><td>31</td><td>20,63</td><td>32,67</td><td>25,99</td></tr> <tr><td>7</td><td>1,88</td><td>7,16</td><td>0,71</td><td>32</td><td>23,18</td><td>35,49</td><td>30,22</td></tr> <tr><td>8</td><td>2,06</td><td>7,53</td><td>0,86</td><td>33</td><td>26,09</td><td>38,64</td><td>35,19</td></tr> <tr><td>9</td><td>2,25</td><td>7,92</td><td>1,03</td><td>34</td><td>29,44</td><td>42,16</td><td>41,06</td></tr> <tr><td>10</td><td>2,47</td><td>8,35</td><td>1,22</td><td>35</td><td>33,30</td><td>46,12</td><td>48,03</td></tr> <tr><td>11</td><td>2,71</td><td>8,80</td><td>1,44</td><td>36</td><td>37,75</td><td>50,59</td><td>56,31</td></tr> <tr><td>12</td><td>2,97</td><td>9,28</td><td>1,69</td><td>37</td><td>42,92</td><td>55,63</td><td>66,19</td></tr> <tr><td>13</td><td>3,26</td><td>9,81</td><td>1,97</td><td>38</td><td>48,93</td><td>61,35</td><td>78,03</td></tr> <tr><td>14</td><td>3,59</td><td>10,37</td><td>2,29</td><td>39</td><td>55,96</td><td>67,87</td><td>92,25</td></tr> <tr><td>15</td><td>3,94</td><td>10,98</td><td>2,65</td><td>40</td><td>64,20</td><td>75,31</td><td>109,41</td></tr> <tr><td>16</td><td>4,34</td><td>11,63</td><td>3,06</td><td>41</td><td>73,90</td><td>83,86</td><td>130,22</td></tr> <tr><td>17</td><td>4,77</td><td>12,34</td><td>3,53</td><td>42</td><td>85,38</td><td>93,71</td><td>155,55</td></tr> <tr><td>18</td><td>5,26</td><td>13,10</td><td>4,07</td><td>43</td><td>99,02</td><td>105,11</td><td>186,54</td></tr> <tr><td>19</td><td>5,80</td><td>13,93</td><td>4,68</td><td>44</td><td>115,31</td><td>118,37</td><td>224,64</td></tr> <tr><td>20</td><td>6,40</td><td>14,83</td><td>5,39</td><td>45</td><td>134,88</td><td>133,88</td><td>271,76</td></tr> <tr><td>21</td><td>7,07</td><td>15,82</td><td>6,20</td><td>46</td><td>158,51</td><td>152,10</td><td>330,35</td></tr> <tr><td>22</td><td>7,82</td><td>16,88</td><td>7,13</td><td>47</td><td>187,21</td><td>173,64</td><td>403,67</td></tr> <tr><td>23</td><td>8,66</td><td>18,05</td><td>8,20</td><td>48</td><td>222,31</td><td>199,26</td><td>496,01</td></tr> <tr><td>24</td><td>9,60</td><td>19,32</td><td>9,44</td><td>49</td><td>265,51</td><td>229,93</td><td>613,16</td></tr> </tbody> </table>				$\phi$ (°)	$N_q$	$N_c$	$N_\gamma$	$\phi$ (°)	$N_q$	$N_c$	$N_\gamma$	0	1,00	5,14	0,00	25	10,66	20,72	10,88	1	1,09	5,38	0,07	26	11,85	22,25	12,54	2	1,20	5,63	0,15	27	13,20	23,94	14,47	3	1,31	5,90	0,24	28	14,72	25,80	16,72	4	1,43	6,19	0,34	29	16,44	27,86	19,34	5	1,57	6,49	0,45	30	18,40	30,14	22,40	6	1,72	6,81	0,57	31	20,63	32,67	25,99	7	1,88	7,16	0,71	32	23,18	35,49	30,22	8	2,06	7,53	0,86	33	26,09	38,64	35,19	9	2,25	7,92	1,03	34	29,44	42,16	41,06	10	2,47	8,35	1,22	35	33,30	46,12	48,03	11	2,71	8,80	1,44	36	37,75	50,59	56,31	12	2,97	9,28	1,69	37	42,92	55,63	66,19	13	3,26	9,81	1,97	38	48,93	61,35	78,03	14	3,59	10,37	2,29	39	55,96	67,87	92,25	15	3,94	10,98	2,65	40	64,20	75,31	109,41	16	4,34	11,63	3,06	41	73,90	83,86	130,22	17	4,77	12,34	3,53	42	85,38	93,71	155,55	18	5,26	13,10	4,07	43	99,02	105,11	186,54	19	5,80	13,93	4,68	44	115,31	118,37	224,64	20	6,40	14,83	5,39	45	134,88	133,88	271,76	21	7,07	15,82	6,20	46	158,51	152,10	330,35	22	7,82	16,88	7,13	47	187,21	173,64	403,67	23	8,66	18,05	8,20	48	222,31	199,26	496,01	24	9,60	19,32	9,44	49	265,51	229,93	613,16
$\phi$ (°)	$N_q$	$N_c$	$N_\gamma$	$\phi$ (°)	$N_q$	$N_c$	$N_\gamma$																																																																																																																																																																																																																
0	1,00	5,14	0,00	25	10,66	20,72	10,88																																																																																																																																																																																																																
1	1,09	5,38	0,07	26	11,85	22,25	12,54																																																																																																																																																																																																																
2	1,20	5,63	0,15	27	13,20	23,94	14,47																																																																																																																																																																																																																
3	1,31	5,90	0,24	28	14,72	25,80	16,72																																																																																																																																																																																																																
4	1,43	6,19	0,34	29	16,44	27,86	19,34																																																																																																																																																																																																																
5	1,57	6,49	0,45	30	18,40	30,14	22,40																																																																																																																																																																																																																
6	1,72	6,81	0,57	31	20,63	32,67	25,99																																																																																																																																																																																																																
7	1,88	7,16	0,71	32	23,18	35,49	30,22																																																																																																																																																																																																																
8	2,06	7,53	0,86	33	26,09	38,64	35,19																																																																																																																																																																																																																
9	2,25	7,92	1,03	34	29,44	42,16	41,06																																																																																																																																																																																																																
10	2,47	8,35	1,22	35	33,30	46,12	48,03																																																																																																																																																																																																																
11	2,71	8,80	1,44	36	37,75	50,59	56,31																																																																																																																																																																																																																
12	2,97	9,28	1,69	37	42,92	55,63	66,19																																																																																																																																																																																																																
13	3,26	9,81	1,97	38	48,93	61,35	78,03																																																																																																																																																																																																																
14	3,59	10,37	2,29	39	55,96	67,87	92,25																																																																																																																																																																																																																
15	3,94	10,98	2,65	40	64,20	75,31	109,41																																																																																																																																																																																																																
16	4,34	11,63	3,06	41	73,90	83,86	130,22																																																																																																																																																																																																																
17	4,77	12,34	3,53	42	85,38	93,71	155,55																																																																																																																																																																																																																
18	5,26	13,10	4,07	43	99,02	105,11	186,54																																																																																																																																																																																																																
19	5,80	13,93	4,68	44	115,31	118,37	224,64																																																																																																																																																																																																																
20	6,40	14,83	5,39	45	134,88	133,88	271,76																																																																																																																																																																																																																
21	7,07	15,82	6,20	46	158,51	152,10	330,35																																																																																																																																																																																																																
22	7,82	16,88	7,13	47	187,21	173,64	403,67																																																																																																																																																																																																																
23	8,66	18,05	8,20	48	222,31	199,26	496,01																																																																																																																																																																																																																
24	9,60	19,32	9,44	49	265,51	229,93	613,16																																																																																																																																																																																																																

Il suolo di fondazione pertanto, sulla base delle indicazioni di cui ai paragrafi precedenti, è ascrivibile alla **categoria C** ovvero: **Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a m 30, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.**; di cui alle N.T.C. del D.M. 17/01/2018.

## 7.2 - Parametri caratteristici di pericolosità sismica

### Sito in esame

latitudine: 41,544721  
longitudine: 12,866566  
Classe: 2  
Vita nominale: 50

### Siti di riferimento

Sito 1	ID: 30071	Lat: 41,5329	Lon: 12,8224	Distanza: 3903,170
Sito 2	ID: 30072	Lat: 41,5333	Lon: 12,8892	Distanza: 2272,672
Sito 3	ID: 29850	Lat: 41,5833	Lon: 12,8887	Distanza: 4670,384
Sito 4	ID: 29849	Lat: 41,5829	Lon: 12,8219	Distanza: 5646,995

### Parametri sismici

**Categoria sottosuolo: C**  
Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1  
Operatività (SLO):  
Probabilità di superamento: 81 %  
Tr: 30 [anni]  
ag: 0,040 g  
Fo: 2,517  
Tc\*: 0,256 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %  
Tr: 50 [anni]  
ag: 0,050 g  
Fo: 2,509  
Tc\*: 0,274 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %  
Tr: 475 [anni]  
ag: 0,102 g  
Fo: 2,686  
Tc\*: 0,326 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %  
Tr: 975 [anni]  
ag: 0,124 g  
Fo: 2,717  
Tc\*: 0,342 [s]

#### Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,500  
Cc: 1,650  
St: 1,000  
Kh: 0,012  
Kv: 0,006  
Amax: 0,595  
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500  
Cc: 1,610  
St: 1,000  
Kh: 0,015  
Kv: 0,007  
Amax: 0,734  
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,500  
Cc: 1,520  
St: 1,000

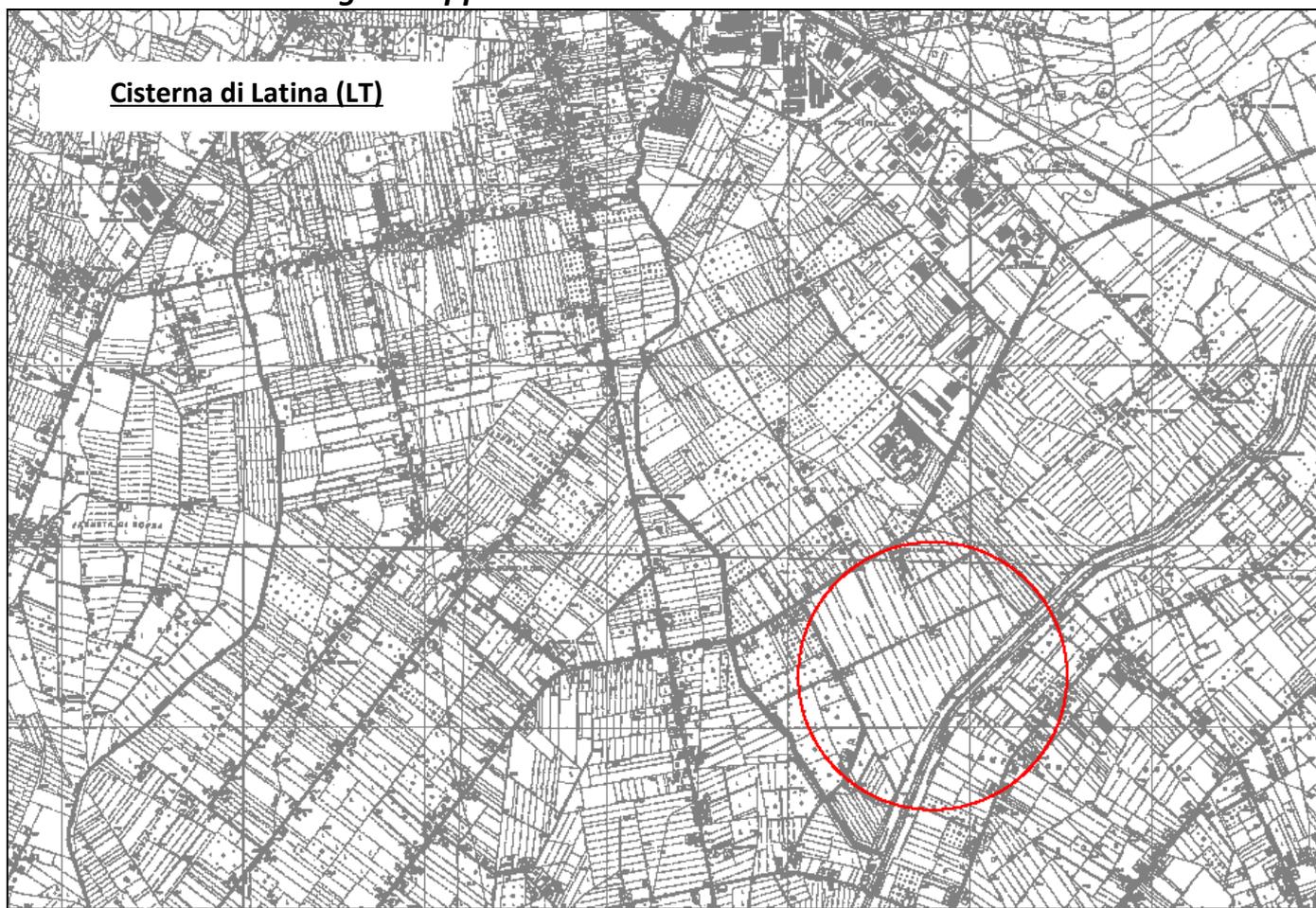
Kh: 0,037  
Kv: 0,018  
Amax: 1,499  
Beta: 0,240  
SLC:  
Ss: 1,500  
Cc: 1,500  
St: 1,000  
Kh: 0,045  
Kv: 0,022  
Amax: 1,822  
Beta: 0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru; Coordinate WGS84  
latitudine: 41.543726  
longitudine: 12.865653

## **APPENDICE 1**

### ***Figure rappresentative dell'area in studio***



**Fig. 1a, b – rispett. stralci di CTR e di ortofoto, con indicazione dell'area interessata.**

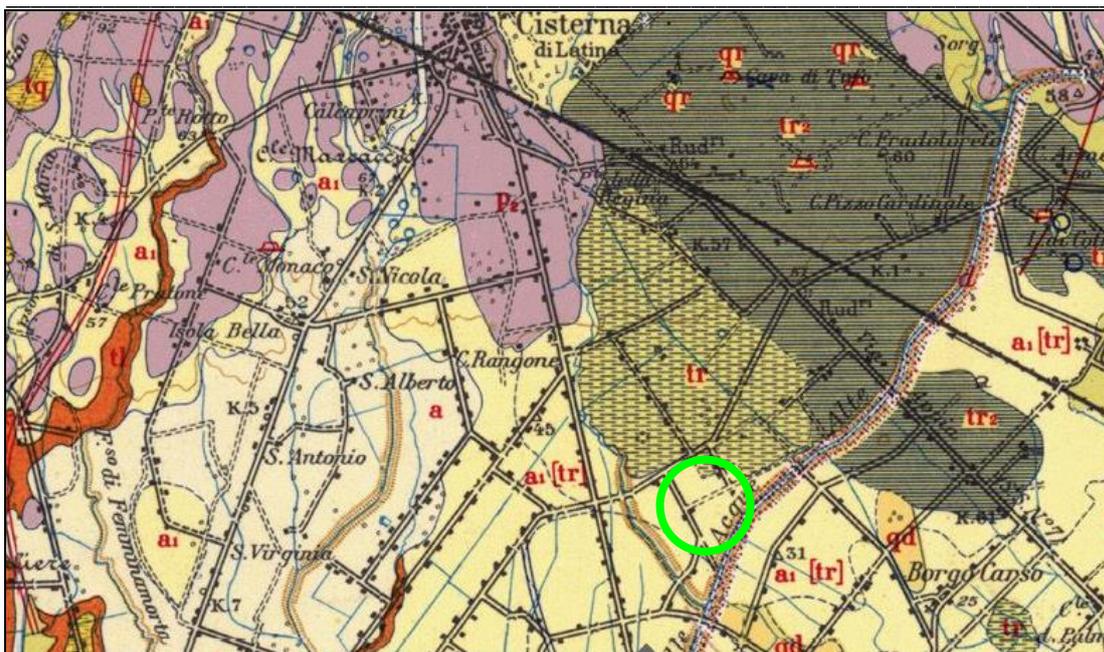
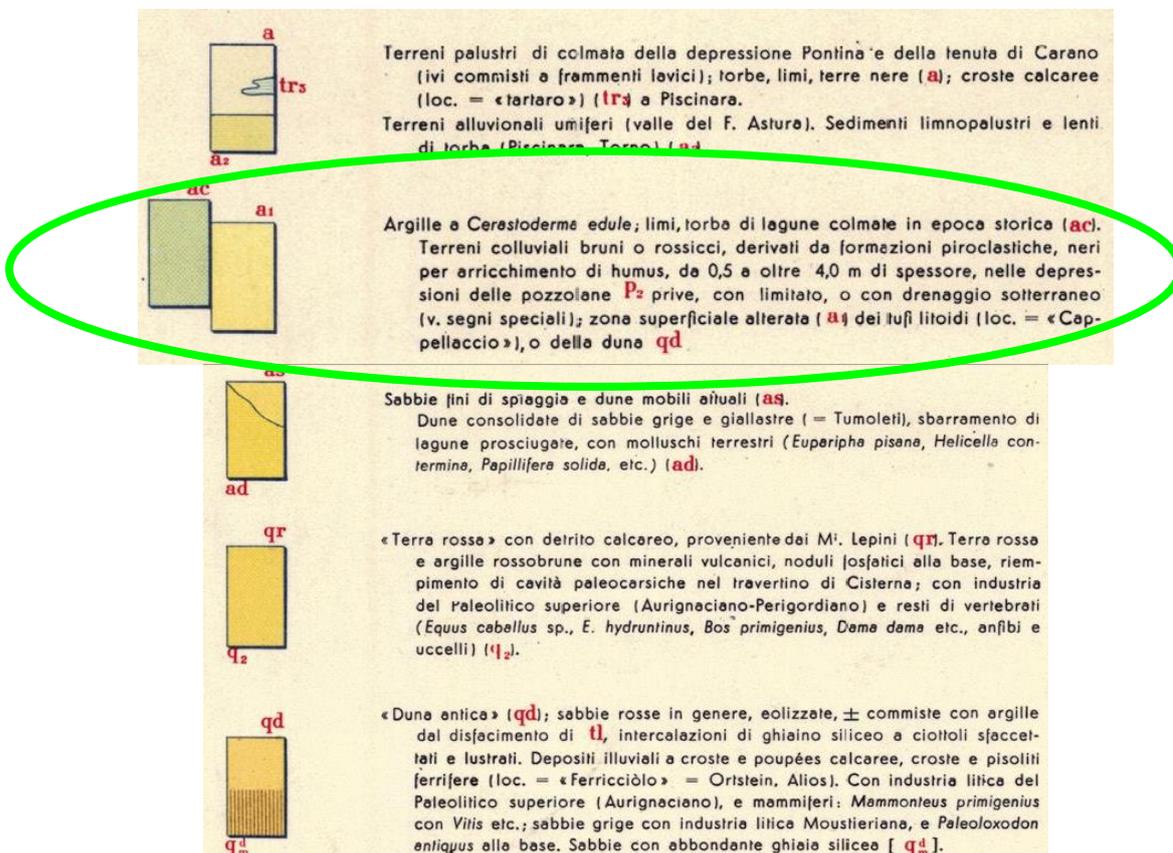


Fig. 2 – stralcio del Fig. n.° 158 “LATINA” della Carta Geologica d’Italia con indicazione dell’area interessata

LEGENDA di Fig. 2 (stralcio d’interesse)



area interessata



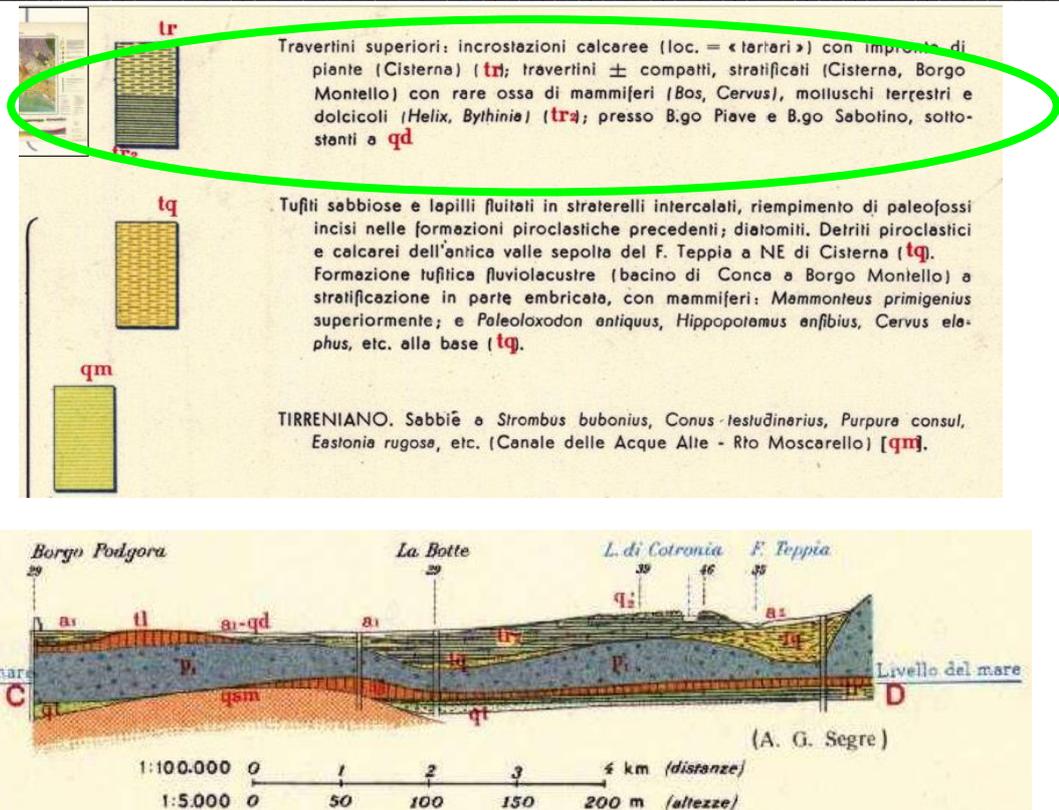


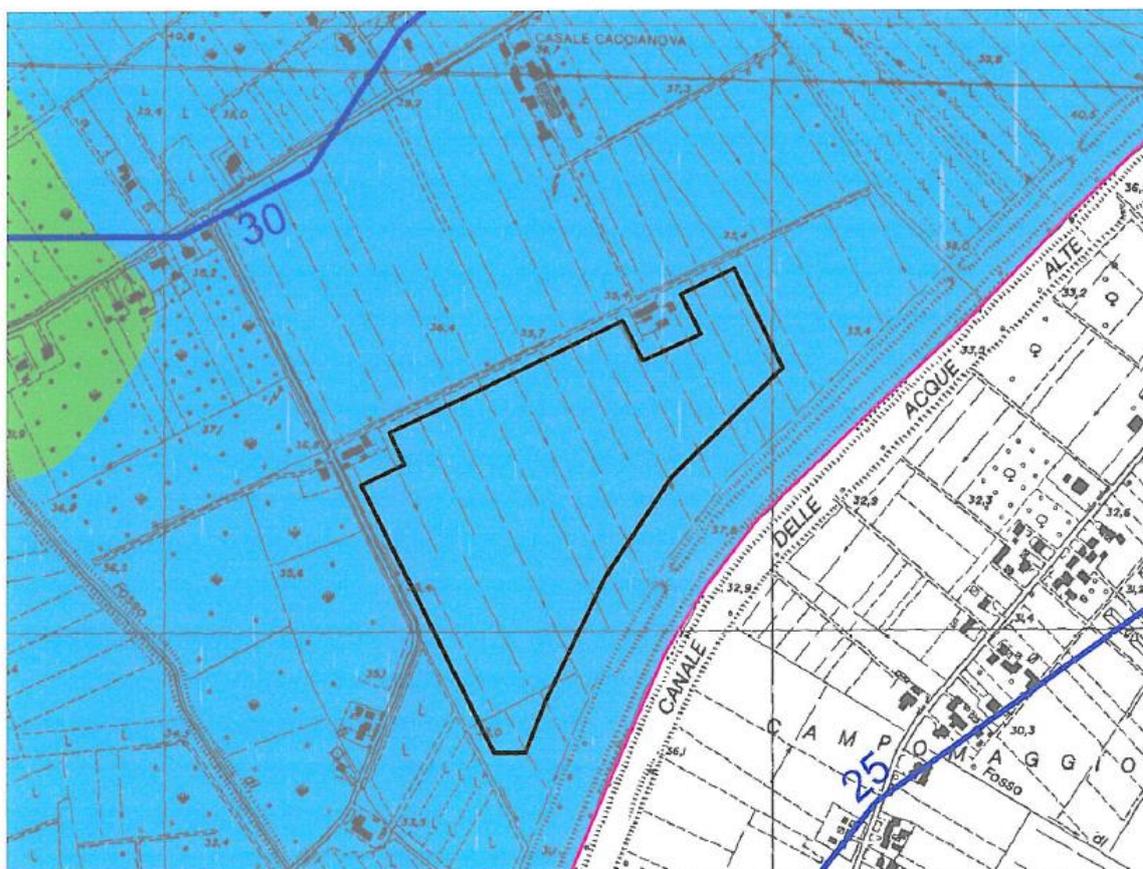
Fig. 2a - sez. geol. d'interesse per l'area in studio

**Oggetto : Realizzazione impianto fotovoltaico e opere annesse**

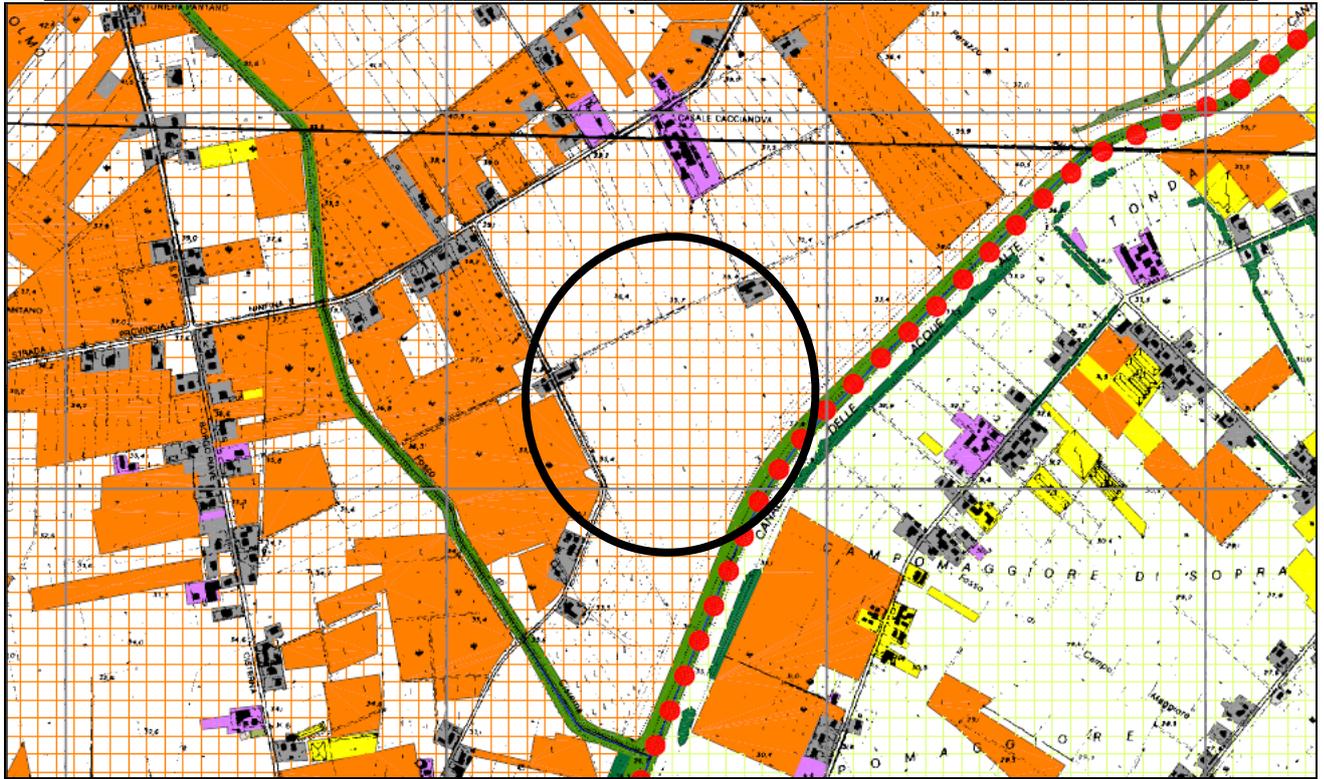
**Località : Casale Caccianova**

**LEGENDA**

- 
Area di interesse
- 
Limi argillosi, leggermente sabbiosi, di facies prevalentemente fluvio-lacustre, contenenti clasti e/o sottili livelli di travertino e incrostazioni calcaree; sedimentati in bacini idrici in cui sono affluiti fluidi mineralizzati e materiali terrigeni delle piene fluviali. PERMEABILITA' MEDIO BASSA
- 
Limi argillosi, leggermente sabbiosi, di colore bruno-rossastro o grigio scuro, di facies alluvionale, limno-palustre e fluvio-lacustre, contenenti ciottoli lavici o calcarei dovuti allo smantellamento di depositi di fontana di lava o di travertino ovvero concrezioni carbonatiche; presentano spessori variabili, prevalentemente tra 3 e 10 metri, con massimi anche superiori a 20 metri (paleovalvi). PERMEABILITA' MEDIO BASSA
- 
Limiti comunali
- 
Curva isopieza (m s.l.m.)



**Fig. 3 – stralcio di carta Geologica estrapolata da uno studio effettuato nell'area interessata.**



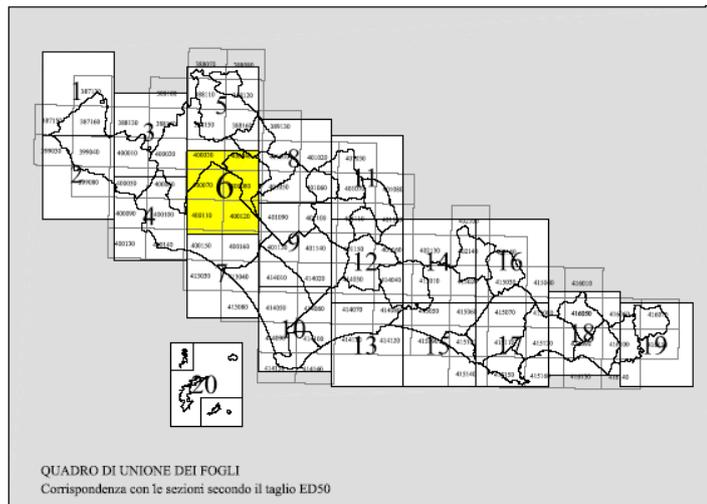
**Fig. 4 – stralcio della Carta della Copertura/Usi del Suolo, redatta dalla Provincia di LATINA;**  
*segue relativa LEGENDA*



**AREA INTERESSATA**



**Provincia di Latina**  
**COPERTURA DEL SUOLO**



### Legenda della Fig. 3

	1.1.1 Insedimento Continuo - Centri abitati		1.2.2.6 Reti ed aree per la produzione idrica compresi gli impianti di captazione, serbatoi e stazioni di pompaggio		1.4.3 Aree cimiteriali
	1.1.2 Insedimento Discontinuo		1.2.3 Aree portuali		2.1.1 Seminativi in aree non irrigue
	1.1.2.1 Case sparse		1.2.3.1 Cantieri navali		2.1.1.1 Seminativi con esemplari di sughere sparse
	1.2.1.1 Area industriale e commerciale, depositi		1.2.4 Aeroporti		2.1.2 Seminativi in aree irrigue
	1.2.1.2 Insedimento commerciale		1.3.1 Aree estrattive		2.2.2 Frutteti: actinidia, vigneto, agrumeti, pescheti, susineti, ecc.
	1.2.1.3 Insedimento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati		1.3.1.1 Aree estrattive rinaturalizzate		2.2.3 Oliveto
	1.2.1.4 Insedimenti ospedalieri		1.3.2.1 Discariche rifiuti solidi urbani		2.2.4.1 Arboricoltura da legno
	1.2.1.5 Insedimenti degli impianti tecnologici		1.3.2.2 Depositi di rottami a cielo aperto cimiteri di autoveicoli		2.2.4.2 Eucalipteti ( <i>Eucalyptus spp</i> )
	1.2.1.5.1 Depuratori		1.3.3.1 Cantieri, scavi e spazi in costruzione		2.2.4.3 Eucalipteti da barriere frangivento
	1.2.1.6 Itticoltura		1.3.3.2 Suoli rimaneggiati e artefatti		2.2.5 Colture protette e vivai
	1.2.2 Rete viaria e ferroviaria con spazi associati		1.4.1 Spazi verdi urbani		2.3.1 Foraggiere permanenti
	1.2.2.1 Reti stradali e spazi accessori (svincoli, stazioni di servizio, aree di parcheggio, ecc)		1.4.2.1 Attrezzature sportive e per il tempo libero		2.4.1 Colture annuali associate a colture permanenti
	1.2.2.2 Reti ferroviarie e superfici annesse		1.4.2.2 Campeggi, strutture turistiche ricettive a bungalows o simili		2.4.3 Colture agrarie prevalenti con presenza di spazi naturali
	1.2.2.5 Reti ed aree per la distribuzione e il trasporto dell'energia		1.4.2.4 Aree archeologiche		2.4.4 Aree agroforestali: specie forestali <10%

COORDINAMENTO E DIREZIONE: Prof. Luigi Piemontese  
Dott. Carlo Perotto

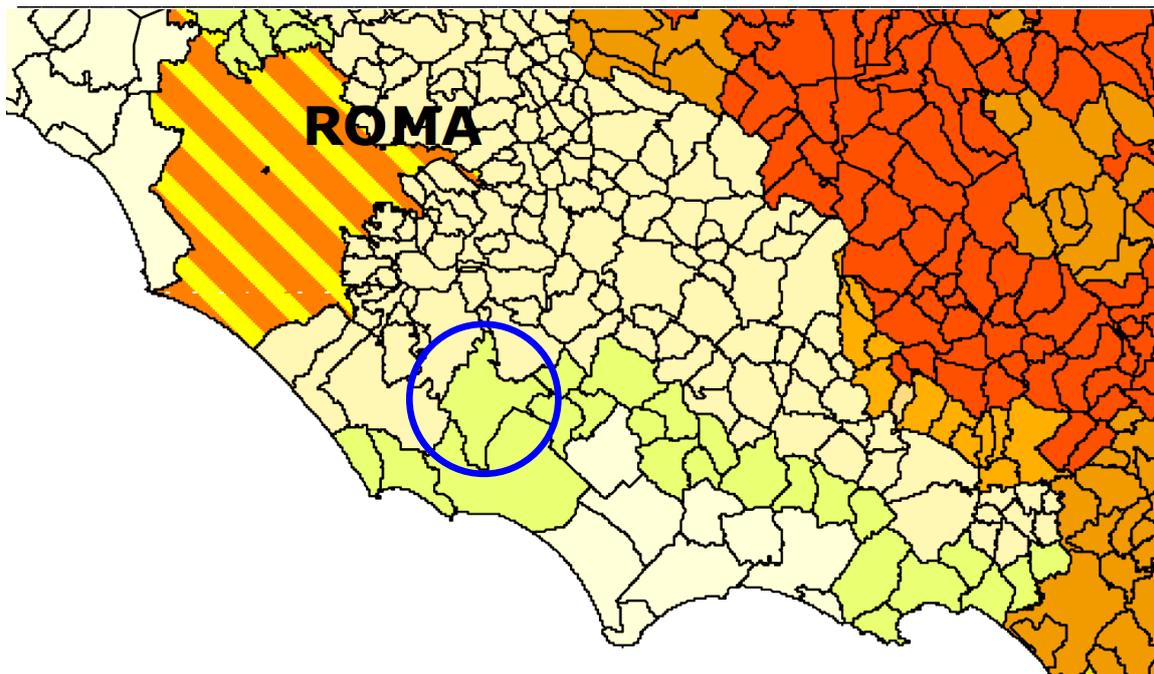
GRUPPO DI LAVORO: Arch. Giovanni Casciaro  
Arch. Marina Chiota

TUTORAGGIO: Arch. Mario Capunzo  
Ing. Angelica Vagnozzi

	3.1.1.1 Bosco di latifoglie a dominanza di faggio ( <i>Fagus Sylvatica</i> )		3.2.4.3 Aree a ricolonizzazione naturale
	3.1.1.2 Bosco di latifoglie a dominanza di leccio ( <i>Quercus Ilex</i> )		3.3.1.1 Spiagge
	3.1.1.3 Bosco di sughera ( <i>Quercus Sagraera</i> )		3.3.2 Rocce nude, falesie e affioramenti
	3.1.1.4 Castagneti da frutto ( <i>Castanea Sativa</i> )		3.3.3 Aree a vegetazione rada
	3.1.1.5 Vegetazione ripariale arborea		3.3.4.1 Aree non boschive percorse da incendi
	3.1.1.6 Bosco di latifoglie: querce e carpini ( <i>Quercus spp, Ostrya Carpinifolia, Carpinus Betulus</i> )		3.3.4.2 Boschi percorsi da incendi
	3.1.2 Bosco di conifera		4.1.1 Paludi interne
	3.1.3 Bosco misto		4.1.2.1 Canneto a fragmite
	3.2.1 Aree a pascolo naturale e praterie di alta quota		5.1.1.1 Fiumi, torrenti e fossi
	3.2.2 Cespuglieti e arbusteti		5.1.1.2 Altri corsi d'acqua, canali ed idrovie
	3.2.2.1 Vegetazione ripariale arbustiva		5.1.2.1 Laghi e Bacini d'acqua naturali
	3.2.3 Macchia mediterranea e garighe		5.1.2.2 Bacini d'acqua artificiali
	3.2.3.1 Macchia mediterranea rada alternata a vegetazione psammofila		LIMITI AMMINISTRATIVI
	3.2.4.1 Aree a vegetazione arborea e arbustiva in evoluzione		

Base cartografica CTR 1:10.000 della Regione Lazio - Levata 1989  
Fotointerpretazione da Ortofoto "it2000" - Levata dicembre 1999

SISTEMI DI RIFERIMENTO: UTM Fuso 33  
Plottaggio scala 1:20.000 WGS 84



**Fig. 5 - Stralcio della mappa della classificazione sismica d'Italia, in particolare della Regione Lazio in cui ricade il territorio comunale di Cisterna di Latina (LT), dunque, in cui ricade l'area interessata dal presente studio.**

*Si è in Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti. La sottozona 3A indica un valore di  $a_g \geq 0,10g$ .*

**Circolettato il territorio del Comune di Cisterna di Latina (LT)**



## APPENDICE 2

### A2.1 - Suolo di fondazione e Pericolosità Sismica (note relative alle NTC 2018)

#### Sicurezza e prestazioni attese

Nel paragrafo 2.4 delle NTC 2018 si definiscono alcuni importanti aspetti delle costruzioni quali la Vita Nominale, le Classi d'uso e il periodo di riferimento. La vita nominale di progetto  $V_N$  di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali. I valori minimi di  $V_N$  da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I e tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

**Tab. 2.4.I – 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

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in 4 classi d'uso definite come di seguito riportato.

*Classe I:* Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

*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.

*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.

*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.

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ :

$$V_R = V_N * C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso  $C_U$  è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II.

**Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$**

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

Nel caso in esame e da quanto fin ora riportano si ottengono i seguenti dati:

- Vita nominale  $V_N = 50$  anni
- Classe d'uso = III
- Coefficiente d'uso  $C_U = 1,5$
- Periodo di riferimento  $V_R = 50$  anni

#### Pericolosità sismica di base

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su

sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A come definita al § 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento  $V_R$ , come definito nel § 2.4. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione. Per la vigente normativa le forme spettrali sono definite, per ogni probabilità di superamento  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$  = accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_o$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c^*$  valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella Tab. 3.2.I.

**Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento  $P_{VR}$  in funzione dello stato limite considerato**

Stati Limite	$P_{VR}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Per ciascuno stato limite e relativa probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$  si ricava il periodo di ritorno  $T_R$  del sisma utilizzando la relazione:

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

#### Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_S$ . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_S$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{Seq}$  (in m/s), cioè:

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

dove:

$h_i$ : spessore dell' $i$ -esimo strato;

$V_{S,i}$ : velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;

$N$ : numero di strati;

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

(\*) Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio è definita dal parametro  $V_{Seq}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per le NTC 2018 il terreno di fondazione rientra nella Categoria di suolo “B” (calcolata in maniera cautelativa e favorevole per la sicurezza, in corrispondenza del p.c.); quindi rientra tra: “Rocce tenere e depositi a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.”

#### Categorie topografiche e amplificazione topografica

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale mentre per configurazioni superficiali semplici si può adottare la Tab. 3.2.III.

Tab. 3.2.III – *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 $i > 30^\circ$

Nel caso specifico in esame il sito di intervento ricade nella Categoria T1 trattandosi di “Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i < 15^\circ$ ”. Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati nella Tab. 3.2.V, in funzione delle categorie topografiche definite nel § 3.2.2 e dell’ubicazione dell’opera o dell’intervento. La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l’altezza del pendio o del rilievo, dalla sommità o dalla cresta, dove  $S_T$  assume il valore massimo riportato sempre nella Tab. 3.2.V, fino alla base, dove  $S_T$  assume valore unitario.

Tab. 3.2.V – *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 di un rilievo con pendenza media minore o uguale a $30^\circ$	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di $30^\circ$	1,4

Nel caso specifico in esame ricadendo il sito di intervento nella Categoria T1 avrà un coefficienti di amplificazione topografica  $S_T$  pari a 1,0.

#### Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  possono essere calcolati, in funzione dei valori di  $F_o$  e  $T_c^*$  relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.IV, nelle quali  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  è l’accelerazione di gravità e  $T_c^*$  è espresso in secondi.

Tab. 3.2.IV – Espressioni di  $S_S$  e di  $C_C$

Categoria sottosuolo	$S_S$	$C_C$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

#### Fattori di amplificazione - Risposta Sismica Locale

In condizioni stratigrafiche e morfologiche schematizzabili con un modello mono-dimensionale e per profili stratigrafici riconducibili alle categorie di cui alla Tab. 3.2.II, il moto sismico alla superficie di un sito è definibile mediante l'accelerazione massima ( $a_{max}$ ) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa.

Il valore di  $a_{max}$  può essere ricavato dalla relazione:

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

dove  $a_g$  è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido ed  $S_S$  è il coefficiente di amplificazione stratigrafica.

Per condizioni topografiche riconducibili alle categorie di cui alla Tab. 3.2.III, la valutazione dell'amplificazione topografica può essere effettuata utilizzando il coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$ . Il parametro  $S_T$  deve essere applicato nel caso di configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, di altezza superiore a 30 m. Gli effetti topografici possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15°, altrimenti si applicano i criteri indicati nel § 3.2.2.

#### Sintesi dei valori dei vari fattori per il sito di interesse

- Vita nominale  $V_N = 50$  anni
- Classe d'uso = II
- Coefficiente d'uso  $C_U = 1,0$
- Periodo di riferimento  $V_R = 50$  anni
- Categoria di suolo = C
- Categoria topografica = T1
- Coefficienti di amplificazione topografica  $S_T = 1,0$
- Coefficienti di amplificazione stratigrafica  $S_S = 1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot a_g/g \leq 1,50$
- Coefficiente  $C_C = 1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$

(\* Per la valutazione dell'Azione sismica e degli spettri di risposta elastico in accelerazione si rimanda a quanto riportato nel paragrafo 3.2.3 - Valutazione dell'azione sismica delle NTC 2018.

Tab. 3.2.IV – Espressioni di  $S_S$  e di  $C_C$

Categoria sottosuolo	$S_S$	$C_C$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Considerando il profilo stratigrafico dall'attuale piano campagna, è possibile calcolare il parametro  $V_{seq}$ , applicando l'espressione riportata nel detto DM:

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

Sulla base di quanto scritto, si può inserire il suolo di fondazione per il sito interessato, nella **categoria C** ovvero: ***Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a m 30, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.***; di cui alle N.T.C. del D.M. 17/01/2018.

## **8 - PRESCRIZIONI**

Nell'eventualità che in fase esecutiva, ovvero in fase di scavo per la realizzazione delle fondazioni in progetto, dovessero riscontrarsi condizioni geologiche scarsamente definibili oppure in presenza di vera e propria anomalia geologica si prescrivono sin d'ora, ulteriori indagini geognostiche finalizzate ad una migliore caratterizzazione, di dettaglio, dei terreni interessati dall'opera, al fine di contribuire ad una maggior precisione degli interventi edilizi in progetto.

Dette indagini potranno essere articolate in indagini dirette tipo:

esecuzione di *saggio di scavo / trincea* avente opportuna profondità; *“sondaggi a distruzione di nucleo con video-ispezione in foro”*, *“sondaggi a carotaggio continuo”* e/o indagini indirette tipo: *“prospezioni geofisiche”* e *“prospezioni georadar”*, oltre esecuzione di prove geotecniche in situ o in laboratorio, su campioni rappresentativi dell'ammasso roccioso in esame.

## **9 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

Lo studio, sulla base dei dati disponibili in bibliografia, ha consentito di ben caratterizzare i terreni interessati dalle opere edilizie in progetto.

La caratterizzazione geologico-geotecnica ha permesso d'inserire la formazione geologica interessata, nella **categoria C di suolo di fondazione** cui è assegnato il parametro *Vseq con valori velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s*; di cui alle NTC 2018.

Si prescrive la progettazione antisismica.

In conclusione, fermo restando il rispetto di quanto indicato al paragrafo n.° 8 non ci sono controindicazioni tecniche, pertanto **si esprime parere geologico favorevole.**

*Tanto in assolvimento all'incarico professionale conferitomi.*

***Geol. Nicola Pellecchia***