

**STUDIO GEOLOGICO**

**Dott. Geol. DANIELE CALVI**

Indagini geognostiche geofisiche e geotecniche - Studi geologici territoriali

VIA ANTONIO GRAMSCI, 22 - 27049 STRADELLA (PV) \_ tel.338-70.73.831 fax 0385-83.02.67  
geocalvi@gmail.com

## COMUNE DI CHIGNOLO PO

PROVINCIA DI PAVIA

### PIANO DI RECUPERO NUOVA FARMACIA

Via XXV Aprile, 93-93/a

#### RELAZIONE GEOLOGICA R1 - R3

#### DELIBERAZIONE DI GIUNTA REGIONALE 30 NOVEMBRE 2011 - N. IX/2616

*"Aggiornamento dei 'Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n°12', approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n°8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n°8/7374"*

#### MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI - Decreto 17 gennaio 2018

*"Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni»"*

#### Consulenza a cura di:

Studio geologico Dott. Geol. Daniele Calvi  
Via Antonio Gramsci, 22 - 27049 Stradella (PV)  
tel: ++39-338-70.73.831  
fax: ++39-0385-83.02.67  
mail: geocalvi@gmail.com  
PEC: danielecalvi@epap.sicurezzapostale.it

**Il Professionista incaricato**  
Dott. Geol. DANIELE CALVI



ISCRITTO ALL'ORDINE DEI GEOLOGI DELLA REGIONE LOMBARDIA CON NUMERO DELL'ALBO 821  
C.F. CLV DNL 67H13 B201J - P.IVA 01603580182

#### Committente:

Farmacia Capitelli s.n.c.  
Via Giuseppe Garibaldi, n°84  
27013 - Chignolo Po (PV)  
c.f. & P.IVA 02469700187

luglio 2019

COMUNE DI CHIGNOLO PO (PV)  
**PIANO DI RECUPERO NUOVA FARMACIA**  
RELAZIONE GEOLOGICA

## **1. PREMESSE**

### **1.1 OGGETTO DELL'INDAGINE**

La presente RELAZIONE GEOLOGICA R1 (punto 6.2.1 D.M. 17/01/18) e R3 (parte 1 - punto 4 D.G.R. IX/2616/2011), commissionata dal geometra ROBERTO REZZANI, per conto della committenza FARMACIA CAPITELLI s.n.c. con Sede Legale in Via Giuseppe Garibaldi, n°84 - 27013 - Chignolo Po (PV) - c.f. & P.IVA 02469700187, viene redatta a supporto del progetto di Piano di Recupero (PdR) di una nuova farmacia (rifer. elaborati progettuali).

L'intervento è da realizzarsi in Via XXV Aprile, 93-93a - 27013 – Chignolo Po (PV), in corrispondenza di un terreno identificato catastalmente al Foglio 9 Particelle 14-15-16-17-32 - Comune censuario di Chignolo Po.

Il progettista incaricato dell'intervento è lo stesso geometra ROBERTO REZZANI, con studio professionale in Chignolo Po (PV) - località Lambrinia -, Via Papa Giovanni XXIII, n°47 - c.f. RZZ RRT 78C22 C816S - P.IVA 01895250189.

Per la determinazione del MODELLO GEOLOGICO del sito e per la definizione dei principali parametri geotecnici utili a definire il MODELLO GEOTECNICO della stessa area d'indagine (rifer. RELAZIONE GEOTECNICA R2) si è proceduto all'esecuzione di specifiche indagini di campagna, consistite in n°1 prova penetrometrica statica (CPT-01), approfondita alla quota di -7,80 metri dall'attuale piano campagna. La prova è stata realizzata in data 24 luglio 2019.

Attraverso questa indagine, appositamente eseguita nel sito d'interesse, viene considerato un volume significativo di terreno compatibile con le caratteristiche dell'intervento e la natura e caratteristiche del sottosuolo.

I rilievi eseguiti e le risultanze delle indagini geotecniche effettuate sono da ritenersi sufficienti a definire e a caratterizzare dal punto di vista geologico e sismico l'area in esame, nonché per poter determinare il successivo modello geotecnico della stessa area d'indagine (rifer. RELAZIONE GEOTECNICA R2).

Le presente relazione geologica si articola nelle seguenti fasi:

- valutazione delle caratteristiche litologiche, stratigrafiche e idrogeologiche dell'area d'indagine (rifer. Cap.2);
- identificazione della categoria di sottosuolo e determinazione dei parametri di pericolosità sismica del sito (rifer. Cap.3);
- verifica alla liquefazione dei suoli incoerenti (rifer. Cap.4);
- indicazione dei criteri tecnico - esecutivi e delle cautele operative da adottare per la garanzia della sicurezza statica complessiva degli interventi di progetto (rifer. Cap.5).

L'attuale strumento urbanistico del Comune di Chignolo Po (PV) risulta essere dotato di apposita *Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica* estesa all'intero territorio comunale, redatta conformemente alle direttive tecniche di cui alla D.G.R. 22 dicembre 2005, n°8/1566 e s.m. e i.. Di essa se ne è tenuto conto sia per le analisi e le valutazioni degli effetti sismici di sito che per l'individuazione delle prescrizioni e/o degli accorgimenti tecnici da adottare preliminarmente alla realizzazione degli interventi.

COMUNE DI CHIGNOLO PO (PV)  
**PIANO DI RECUPERO NUOVA FARMACIA**  
RELAZIONE GEOLOGICA

## 1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Lo sviluppo della presente RELAZIONE GEOLOGICA R1 - R3 e l'interpretazione dei risultati fanno riferimento alla normativa vigente:

- MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI - DECRETO 17 GENNAIO 2018 (Gazzetta Ufficiale Serie Generale n°42 del 20-02-2018 - Supplemento Ordinario n°8) *“Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni»* e CIRCOLARE 21 GENNAIO 2019, n°7 C.S.LL.PP. (Gazzetta Ufficiale Serie Generale n°35 del 11-02-2019 - Supplemento Ordinario n°5) *“Istruzioni per l'applicazione di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”*
- D.G.R. 30 NOVEMBRE 2011 n°9/2616 *“Aggiornamento dei “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, alla L.R. 11 marzo 2005, n°12”*

Conseguentemente all'applicazione delle nuove norme tecniche, va precisato che:

- 1) **Il territorio di Chignolo Po (PV)** risulta essere stato riclassificato in **Zona Sismica 3**, con riferimento sia alla D.G.R. 11 luglio 2014, n°10/2129 che alle successive D.G.R. 10 ottobre 2014, n°10/2489 e D.G.R. 8 ottobre 2015, n°10/4144 (differimento di entrata in vigore della nuova classificazione sismica al 10 aprile 2016)
- 2) **Le opere in progetto** sono **costruzioni di tipo 2**, con riferimento alla seguente tabella (§ 2.4.1 delle NTC)

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

- 3) **Poiché non si tratta di una costruzione con funzioni pubbliche e sociali essenziali**, sulla scorta del D.M. 17.01.2018 **la Classe d'Uso è la Classe II** (NTC 2018 - § 2.4.2.) 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.”*

Questa relazione, pertanto, seguendo i dettami della norma vigente e dello stato dell'arte è finalizzata alla costruzione del modello geologico, che è imprescindibile per la redazione del successivo modello geotecnico, facente parte della relazione d'opera geotecnica.

## 2. VALUTAZIONE DELLE CARATTERISTICHE LITOLOGICHE, STRATIGRAFICHE E IDROGEOLOGICHE DELL'AREA D'INDAGINE

### 2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA D'INDAGINE

L'area in esame, situata ad una quota topografica di circa 69 metri s.l.m. (rifer. All.1), risulta collocata dal punto di vista geologico in corrispondenza di depositi continentali di età pleistocenica wurmiana ascrivibili a quello che viene comunemente indicato in letteratura come il *"livello fondamentale della pianura padana"* o Piano Generale Terrazzato (P.G.T.). Litologicamente questi depositi risultano costituiti da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi (questi ultimi più frequenti in superficie) di colore bruno o bruno scuro, passanti a bruno-giallastro e grigio in profondità.

### 2.2 CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICO - STRATIGRAFICA DEL TERRENO

L'esecuzione di n°1 prova penetrometrica statica (rifer. All.2), ha permesso di verificare la reale situazione litologico - stratigrafica del terreno in corrispondenza dell'area investigata, consentendo di definire in modo sufficientemente dettagliato il MODELLO GEOLOGICO del primo sottosuolo. Dall'elaborazione e dalla successiva discretizzazione dei dati strumentali relativi alla prova CPT-01, è stato possibile ricavare i parametri geotecnici esposti nelle tabelle dell'allegato 3 e a definire il successivo MODELLO GEOTECNICO della stessa area d'indagine (rifer. RELAZIONE GEOTECNICA R2).

Procedendo dalla superficie in profondità si possono schematicamente individuare i seguenti livelli di terreno, a caratteristiche litologiche e stratigrafiche omogenee:

- (R) Probabile materiale di riporto commisto a sabbia più o meno limosa.  
Spessore 0,80 metri circa dal p.c. attuale.
- (As-Is) Alternanze di argille sabbiose e limi sabbiosi compatti e ben addensati.  
Livello presente da -0,80 metri a -5,20 metri circa dal p.c.
- (S) Orizzonte sabbioso addensato, con intercalati livelli di argille più o meno limose e/o sabbiose.  
Livello presente da -5,20 metri a -7,80 metri (fine prova).

### 2.3 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DEI TERRENI INVESTIGATI

La prova penetrometrica non ha rilevato, in accordo con la documentazione consultata (studio geologico di PgT), la presenza della falda freatica fino alla profondità esplorata. In relazione a quanto rilevato, si può quindi escludere l'interferenza delle sottostrutture esistenti e di progetto con la falda idrica. Negli strati più superficiali di terreno può essere in ogni caso possibile una circolazione idraulica di carattere stagionale, legata ad eventi meteorici particolarmente intensi e/o periodi particolarmente piovosi, che, per quanto modesta, dovrà essere considerata in sede progettuale.

COMUNE DI CHIGNOLO PO (PV)  
**PIANO DI RECUPERO NUOVA FARMACIA**  
RELAZIONE GEOLOGICA

## 2.4 FATTIBILITÀ GEOLOGICA

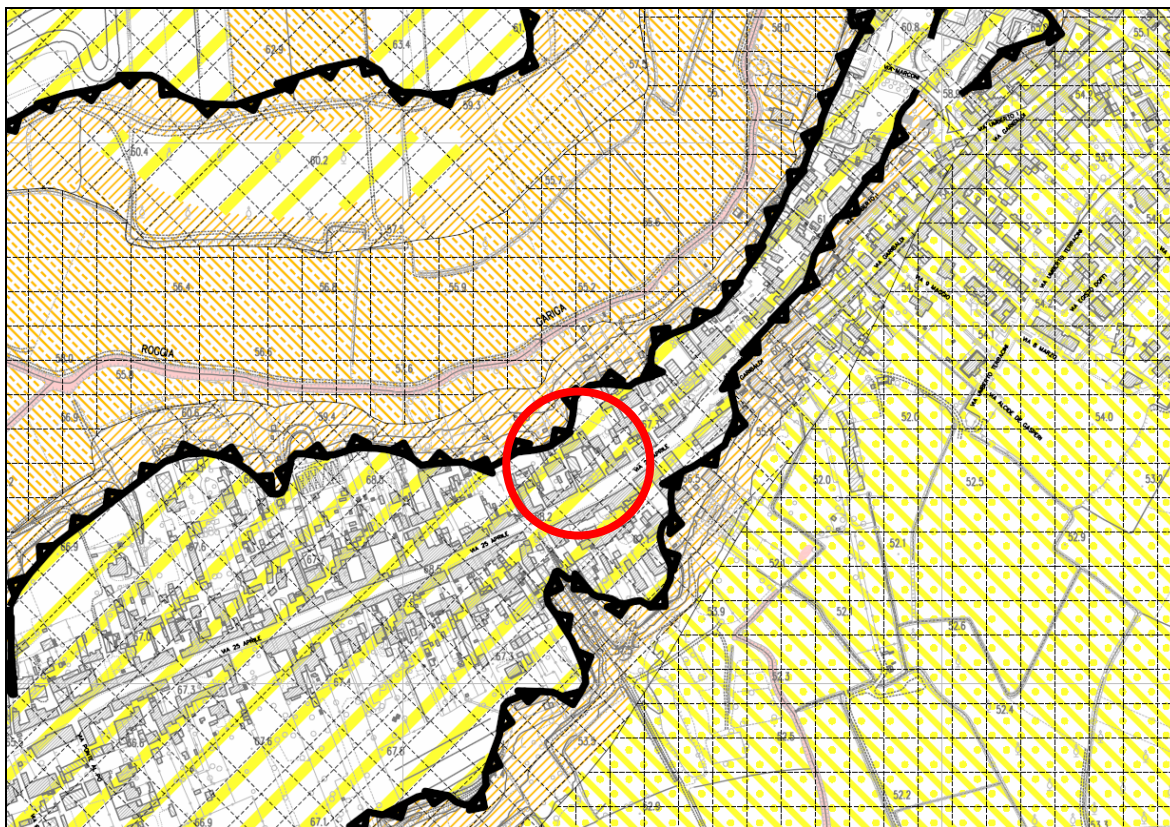
Per la definizione della Fattibilità geologica degli interventi si è consultato lo *Studio geologico - tecnico territoriale a supporto del P.g.T. del Comune di Chignolo Po* - dott. Geol. Daniele Calvi - maggio 2013. In particolare si è fatto riferimento alle NORME GEOLOGICHE DI PIANO e alle seguenti tavole scritto-grafiche:

TAV.4 CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL) CON UBICAZIONE DEI DATI LITOSTRATIGRAFICI, GEOGNOSTICI E GEOTECNICI

TAV.6 CARTA DEI VINCOLI ESISTENTI

TAV.8 CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO ESTESA ALL'INTERO TERRITORIO COMUNALE

L'area dell'intervento risulta ricadere all'interno della classe di fattibilità geologica 2 (fattibilità con modeste limitazioni -gialla-) sottoclasse 2A.



**CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA CON IDENTIFICATA L'AREA DI INDAGINE**  
tratto da *Studio geologico - tecnico territoriale a supporto del P.G.T. del Comune di Chignolo Po*  
dott. Geol. Daniele Calvi – maggio 2013

Di seguito le relative prescrizioni.

COMUNE DI CHIGNOLO PO (PV)  
**PIANO DI RECUPERO NUOVA FARMACIA**  
RELAZIONE GEOLOGICA

**Classe 2A di fattibilità (§ 3.1 della Norme geologiche di Piano)**

Morfologia

Aree pianeggianti o sub-pianeggianti ascrivibili al "livello fondamentale della Pianura Padana" o Piano Generale Terrazzato (Unità di Santa Cristina e Bissone) a substrato prevalentemente sabbioso o sabbioso - ghiaioso. Stabili, non inondabili.

Superfici prossime alla scarpata morfologica che delimita la piana a meandri del Po, su cui insistono gli abitati di Chignolo Po e Lambrinia.

Lembi relitti del P.G.T. (rilievo isolato situato poco ad Est di Chignolo Po).

Fasce colluviali di raccordo tra i terrazzi intermedi o "rissiani" (a Nord della linea ferroviaria Pavia - Codogno) e il P.G.T., caratterizzate da basse pendenze e da profilo lievemente concavo, a substrato limoso.

Elementi di influenza

Buone proprietà geotecniche dei terreni superficiali; assenza di coperture argilloso / limose suscettibili a fenomeni di ritiro-rigonfiamento per variazioni stagionali del contenuto in acqua e/o argilloso - torbose ad elevata plasticità e ridotta coesione.

Localmente potenziale interferenza della falda acquifera sulle opere di fondazione, in relazione alle escursioni stagionali.

Prescrizioni generali

Le indagini di dettaglio in sito per la caratterizzazione litostratigrafia, idrogeologica e geotecnica dei terreni di fondazione dell'area di progetto dovranno obbligatoriamente consistere in almeno una delle seguenti tipologie investigative:

- a) trincee geognostiche esplorative a sezione ristretta
- b) prove penetrometriche statiche (C.P.T.)

I dati relativi alle indagini di cui ai punti a) b) (es: stratigrafie delle trincee geognostiche, diagrammi penetrometrici) andranno allegati alla relazione geologico - geotecnica di progetto ed adeguatamente commentati. Ulteriori indagini in sito e/o analisi di laboratorio, sono lasciate alla discrezionalità del professionista geologo / geotecnico.

Prescrizioni aggiuntive

Valutazione della soggiacenza della falda in caso di strutture sotterranee che possano interessare la falda stessa.

In relazione all'importanza e alla tipologia delle opere, dovrà essere valutato il grado di protezione naturale della falda emunta ad uso idropotabile e la vulnerabilità idrogeologica dell'acquifero (verticale, orizzontale, complessiva), in relazione a possibili infiltrazioni di sostanze inquinanti dalla superficie. La disamina e le valutazioni dei dati forniti dovranno essere debitamente supportate dal punto di vista tecnico, con piena assunzione di responsabilità da parte del professionista incaricato.

Tenendo conto della reale morfologia dei luoghi nonché degli approfondimenti di indagine condotti, i dati raccolti ed analizzati sono da ritenersi sufficienti ed esaustivi con riferimento alle caratteristiche geologiche sito - specifiche dell'area e a quanto definito nelle NORME GEOLOGICHE DI PIANO (PARAGRAFO 3.1).

Le opere da realizzarsi sono perciò da ritenersi conformi alle prescrizioni e alle limitazioni d'uso del suolo di cui alla suddetta SOTTOCLASSE 2A di fattibilità.

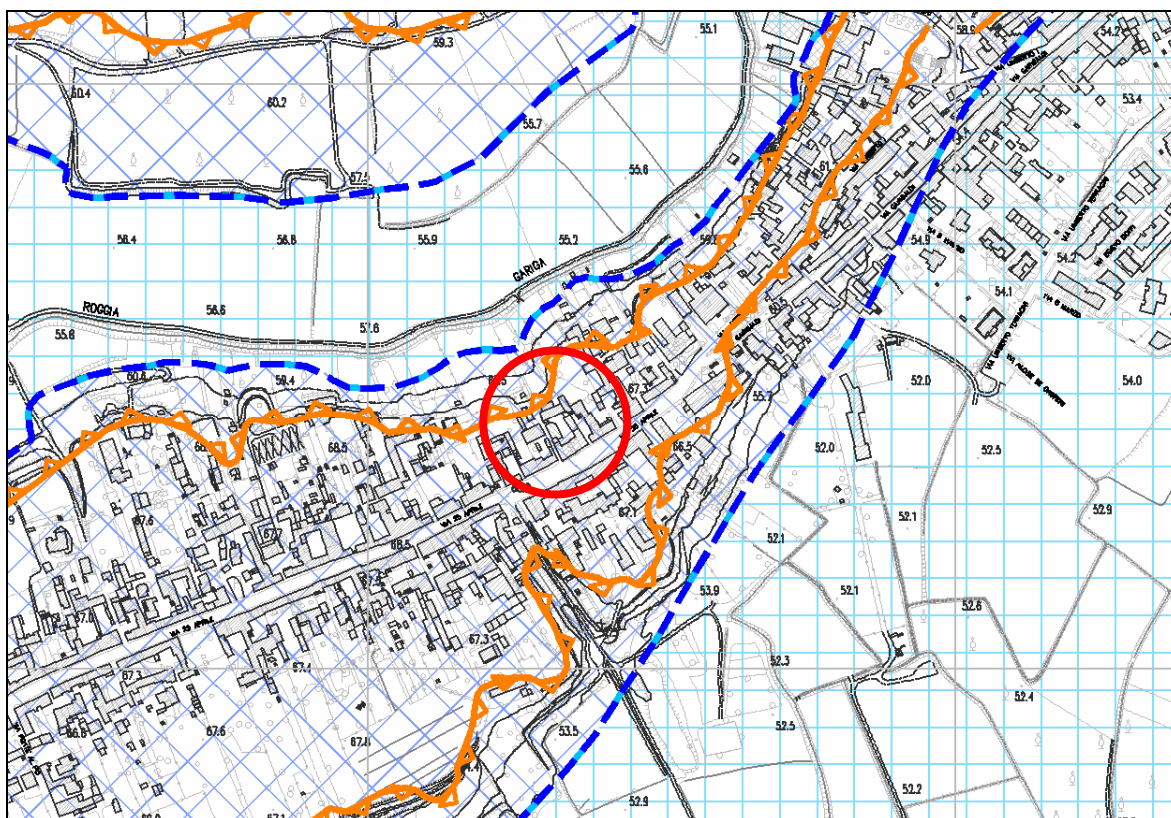


COMUNE DI CHIGNOLO PO (PV)  
PIANO DI RECUPERO NUOVA FARMACIA  
RELAZIONE GEOLOGICA

## 2.5 PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Dalla consultazione dello stesso *Studio geologico - tecnico territoriale a supporto del P.g.T. del Comune di Chignolo Po* - dott. Geol. Daniele Calvi - maggio 2013 si evince che l'area di studio ricade all'interno dello scenario di Pericolosità Sismica Locale Z4(A).

SIGLA	SCENARIO PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z4(A)	Zona con presenza di depositi alluvionali granulari (Piano Generale terrazzato a Nord del fiume Po)	Amplificazioni litologiche e geometriche



**CARTA DI PERICOLOSITA' SISMICA CON IDENTIFICATA L'AREA DI INDAGINE**

*tratto da Studio geologico - tecnico territoriale a supporto del P.G.T. del Comune di Chignolo Po  
dott. Geol. Daniele Calvi – maggio 2013*

Non risultano ad oggi essere stati condotti gli approfondimenti di secondo livello in fase di pianificazione così come previsti dalla normativa regionale (All.5 D.G.R. n°9/2616/2011) in base alla Zona Sismica di appartenenza (Comune di Chignolo Po ⇒ Zona Sismica 3): *“nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già dichiarate inedificabili”*.

### 3. IDENTIFICAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO

Il combinato disposto dell'O.P.C.M. 20 marzo 2003 n°3274 e s.m.e i., del D.M. 17 gennaio 2018 (Cap. 3.2) e della D.G.R. 11 luglio 2014, n°10/2129 e s.m.e i., hanno classificato il territorio comunale di Chignolo Po (PV) in Zona Sismica 3, con i seguenti parametri:

Accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria "A" ( $a_g$ )	<b>0,15g</b>
Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (norme tecniche) ( $a_g/g$ )	<b>0,15</b>
Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g/g$ )	<b>0,05-0,15g</b>
Accelerazione massima ( $a_{gMAX}$ ) presente all'interno del territorio comunale (O.P.C.M. 3519/06 e D.M. 17/01/18)	<b>0,087344g</b>

Le indagini geotecniche eseguite in sito portano a riferire l'area esaminata (§ 3.2.2 delle NTC) alla **categoria di sottosuolo di tipo C**.

**C** Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  **$V_{s30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s** (ovvero  $15 < N_{SPT30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < CU_{30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

In adempimento alla normativa vigente, Regione Lombardia con D.G.R. n°8/1566/2005 e s.m.e.i., ha definito una apposita metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale, fondata sull'analisi di indagini dirette e prove sperimentali effettuate su alcune aree campione regionali.

La stima della risposta sismica dei terreni viene fornita in termini di valore del *Fattore di Amplificazione* (Fa). Il valore di Fa si riferisce ai due intervalli di periodo tra 0.1÷0.5 sec e 0.5÷1.5 sec, scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale. In particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 sec si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 sec si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

<u>Comune di</u> <u>CHIGNOLO PO (PV)</u> Valori di soglia del <i>Fattore di Amplificazione (Fa)</i>	Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1-0.5 s	1,40	1,90	2,20	2,00
VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5-1.5 s	1,70	2,40	4,20	3,10



COMUNE DI CHIGNOLO PO (PV)  
PIANO DI RECUPERO NUOVA FARMACIA  
RELAZIONE GEOLOGICA

Per la determinazione dei parametri di pericolosità sismica del sito è necessario conoscere le coordinate geografiche decimali dell'opera da verificare.

Al link [http://www.geostru.com/geoapp/Parametri\\_Sismici.aspx](http://www.geostru.com/geoapp/Parametri_Sismici.aspx), si trova gratuitamente: *GeoStru PS Parametri sismici*.

Si determina quindi la maglia di riferimento in base alle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero e, sulla base della maglia interessata, si determinano i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto.

Otteniamo tre valori:  $a_g$  (g/10),  $F_0$  e  $T_c^*$  definiscono le forme spettrali. Il passo successivo consiste nella valutazione di  $a_{max}$  (accelerazione massima attesa al sito).

**Per il Comune di Chignolo Po  $a_{max} = 0,087344g = 0,855971 \text{ m/sec}^2$ .**

Determiniamo infine i coefficienti sismici orizzontale e verticale:  $K_h = \beta_s \cdot a_{max}/g$ ;  $K_v = 0,5 \cdot K_h$

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C  
Categoria topografica: T1  
Periodo di riferimento: 50 anni  
Coefficiente  $c_u$ : 1

	Probabilità di superamento (%)	Tr (anni)	$a_g$ (g)	$F_0$ (adim)	$T_c^*$ (sec)
Operatività (SLO)	81	30	0,028	2,526	0,195
Danno (SLD)	63	50	0,034	2,557	0,217
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,085	2,499	0,282
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,112	2,471	0,289

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	$K_h$ [-]	$K_v$ [-]	$a_{max}$ [m/s <sup>2</sup> ]	$\beta$ [-]
SLO	1,500	1,800	1,000	0,017	0,009	0,856	0,200
SLD	1,500	1,740	1,000	0,017	0,009	0,856	0,200
SLV	1,500	1,590	1,000	0,017	0,009	0,856	0,200
SLC	1,500	1,580	1,000	0,021	0,010	0,856	0,240

LEGENDA

$a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito  
 $F_0$  valore massimo di fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale  
 $T_c^*$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale  
SLO stato limite di operatività  
SLD stato limite di danno.  
SLV stato limite di salvaguardia della vita.  
SLC stato limite di prevenzione del collasso  
Ss coefficiente di amplificazione stratigrafica  
Cc: coefficiente categoria sottosuolo  
St: coefficiente amplificazione topografica  
 $K_h$ : coefficiente sismico orizzontale  
 $K_v$ : coefficiente sismico verticale  
 $a_{max}$ : accelerazione massima attesa  
 $\beta$ : coefficiente riduzione accelerazione massima attesa al sito

#### 4. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DEI SUOLI INCOERENTI METODO DI ROBERTSON E WRIDE MODIFICATO 1997 - C.N.R. – GNDT

Nell'ambito dello sviluppo dei calcoli geotecnici derivati dalla prova penetrometrica statica CPT-01 (refer.All.3), eseguita a supporto del presente studio, è stata compiuta una valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione, eseguita con metodo semplificato di Robertson & Wride (1997). Questo metodo, raccomandato dal National Center for Earthquake Research (NCEER), è basato sulla teoria che, partendo dai dati delle prove penetrometriche statiche ed introducendo un sisma di progetto (*che in questo caso corrisponde ad un'accelerazione sismica orizzontale  $a_g = 0.15$  corrispondente a quella prevista dalla normativa per le aree classificate in Zona Sismica 3*), permette di calcolare il coefficiente di sicurezza FS in rapporto alla suscettibilità alla liquefazione.

Allo stesso fattore di sicurezza viene assegnato un valore minimo in funzione del tipo di terreno. Si assume:

- per sabbie medio - dense  $\Rightarrow F_s \geq 1,3$
- per sabbie medio - sciolte  $\Rightarrow F_s \geq 1,5$

Secondo le normative europea (EC8) e italiana è suscettibile di liquefazione un terreno in cui lo sforzo di taglio generato dal terremoto supera l'80% dello sforzo critico ( $CSR > 0.80 CRR$ ) che ha provocato liquefazione durante terremoti passati e quindi deve risultare  $F_s < 1,25$  perché ciò avvenga.

*Pertanto, il valore minimo del Fattore di sicurezza alla liquefazione è  $F_s > 1.25$ .*

**Per quanto riguarda la prova analizzata, non sono stati riscontrati FS inferiori a 1,25.** I dati sono evidenziati nelle tabelle dell'allegato 3 (con riferimento ai diagrammi qc-fs e interpretazione stratigrafica AGI-1977).

Dalle risultanze complessive della prova penetrometrica statica CPT-01 è stato possibile escludere la presenza negli strati superficiali di depositi granulari fini e poco addensati. Le caratteristiche litologiche e stratigrafiche della zona - verificate in sede investigativa -, fanno perciò ritenere l'area d'indagine non soggetta a rischio di fenomeni di liquefazione (assenza dello scenario Z2b).

Dalla stessa prova penetrometrica è stato infine possibile riscontrare l'assenza, negli strati superficiali, di sedimenti recenti ed attuali a tessitura fine di natura argillosa ed argilloso organica poco consistenti tali da far ritenere l'area indagata potenzialmente soggetta a marcati cedimenti (assenza dello scenario Z2a).

## 5. SINTESI E PRESCRIZIONI

I rilievi condotti in sito e le indagini geotecniche eseguite hanno permesso di verificare le caratteristiche geologiche, idrogeologiche e sismiche dei terreni in corrispondenza dell'area in esame.

Risultano i seguenti elementi:

- In base alle risultanze delle indagini é possibile definire un MODELLO GEOLOGICO che in via semplificativa risulta contraddistinto da una successione di depositi alluvionali costituiti da un'alternanza di argille sabbiose e limi sabbiosi compatti e ben addensati (**As-Is**), poggianti su di un orizzonte sabbioso addensato (**S**) con intercalati livelli di argille più o meno limose e/o sabbiose. Complessivamente i depositi riferibili agli orizzonti indagati **As-Is** e **S** (rifer. paragrafo 2.2) presentano buone caratteristiche geotecniche, in termini di resistenza al taglio e ridotta compressibilità.
- Occorre rilevare come superficialmente sia presente uno strato di probabile materiale di riporto (**R**) commisto a sabbia più o meno limosa dallo spessore di circa 0,80 metri, dotato di caratteristiche fisico - meccaniche e geotecniche eterogenee e quindi non idoneo quale piano di posa delle fondazioni di progetto.
- L'indagine non ha rilevato la presenza della falda freatica. In relazione a quanto rilevato, si può quindi escludere l'interferenza delle sottostrutture di progetto con la falda idrica.
- Dal punto di vista sismico, le indagini geotecniche effettuate portano a riferire il sottosuolo nell'area esaminata alla **categoria di sottosuolo di tipo C**.
- Per quanto riguarda la **verifica alla liquefazione**, date le caratteristiche litologiche e stratigrafiche della zona, l'area d'indagine è da considerarsi non soggetta a rischio di fenomeni di liquefazione del terreno.

I riscontri ottenuti in fase investigativa confermano la fattibilità dell'intervento, fermo restando, per la sicurezza statica complessiva dei manufatti di progetto, l'adozione dei criteri generali e tecnico-esecutivi di seguito indicati:

1. Per quanto riguarda la tipologia fondazionale per le nuove strutture si potrà optare per una fondazione del tipo "a trave rovescia", in relazione alle caratteristiche del terreno nel punto investigato. Per il dimensionamento strutturale delle opere di fondazione si faccia riferimento a quanto indicato nella RELAZIONE GEOTECNICA R2.
2. Adozione di fondazioni in CA solidali con le strutture in elevazione impostate all'interno dello strato (**As-Is**) ad una profondità consigliata non inferiore a -1,00 metri rispetto al piano campagna attuale e comunque al di sotto dello strato superficiale di riporto (**R**).
3. Al fine di evitare condizioni d'appoggio non omogenee, occorrerà prevedere un'eventuale bonifica del piano di posa delle fondazioni, nel caso in cui durante gli scavi di sbancamento generale e/o a sezione ristretta si rinvenissero strati di terreno di riporto a profondità maggiori rispetto a quanto preventivato. Siffatto materiale, dotato di scadenti proprietà geotecniche, dovrà essere rimosso e sostituito da materiale

COMUNE DI CHIGNOLO PO (PV)  
**PIANO DI RECUPERO NUOVA FARMACIA**  
RELAZIONE GEOLOGICA

granulare compattato (classi A1a-A1b, A2-4, A2-5 classifica delle terre CNR-UNI10006), dotato d'elevate caratteristiche di resistenza meccanica e con permeabilità medio - bassa dopo compattazione.

4. Per quanto riguarda l'integrità delle strutture nel tempo, al fine dell'isolamento da parte di eventuali acque d'infiltrazione meteorica, *andrà garantita un'adeguata impermeabilizzazione del paramento esterno delle murature contro terra.*
5. Dovrà infine essere garantita la raccolta e il convogliamento delle acque pluviali relative a tutte le superfici coperte sino ai punti di recapito, mediante predisposizione di una rete di collettori in PVC o altro materiale flessibile e inalterabile, d'adeguata sezione e composizione, evitando qualsiasi dispersione nel terreno di fondazione (ai fini della sicurezza geotecnica e idrogeologica). Si sottolinea come tutti gli interventi che comportano una riduzione della permeabilità del suolo tra una condizione preesistente di naturalità rispetto ad una sua successiva urbanizzazione dovranno essere realizzati in ottemperanza al Regolamento Regionale n°8 del 19/04/2019 *"Disposizioni sull'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al regolamento regionale 23 novembre 2017, n°7 (Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n°12 "Legge per il governo del territorio")"* e allo stesso Regolamento Regionale n°7 del 23/11/2017.

All'apertura degli scavi, all'occorrenza, potranno essere verificate le condizioni geologiche e geotecniche puntuali del terreno, allo scopo di assicurare su tutto lo sviluppo della nuova struttura condizioni di imposta il più possibile omogenee, apportando se del caso gli opportuni adeguamenti al progetto.

Stradella, luglio 2019

Il Professionista Incaricato  
Dott. Geol. Daniele Calvi



A circular professional stamp of the 'Ordine dei Geologi della Lombardia' is visible. Inside the stamp, it reads 'CALVI DANIELE n° 821'. Overlaid on the stamp is a handwritten signature in black ink.

COMUNE DI CHIGNOLO PO (PV)  
**PIANO DI RECUPERO NUOVA FARMACIA**  
RELAZIONE GEOLOGICA

**ALLEGATI**

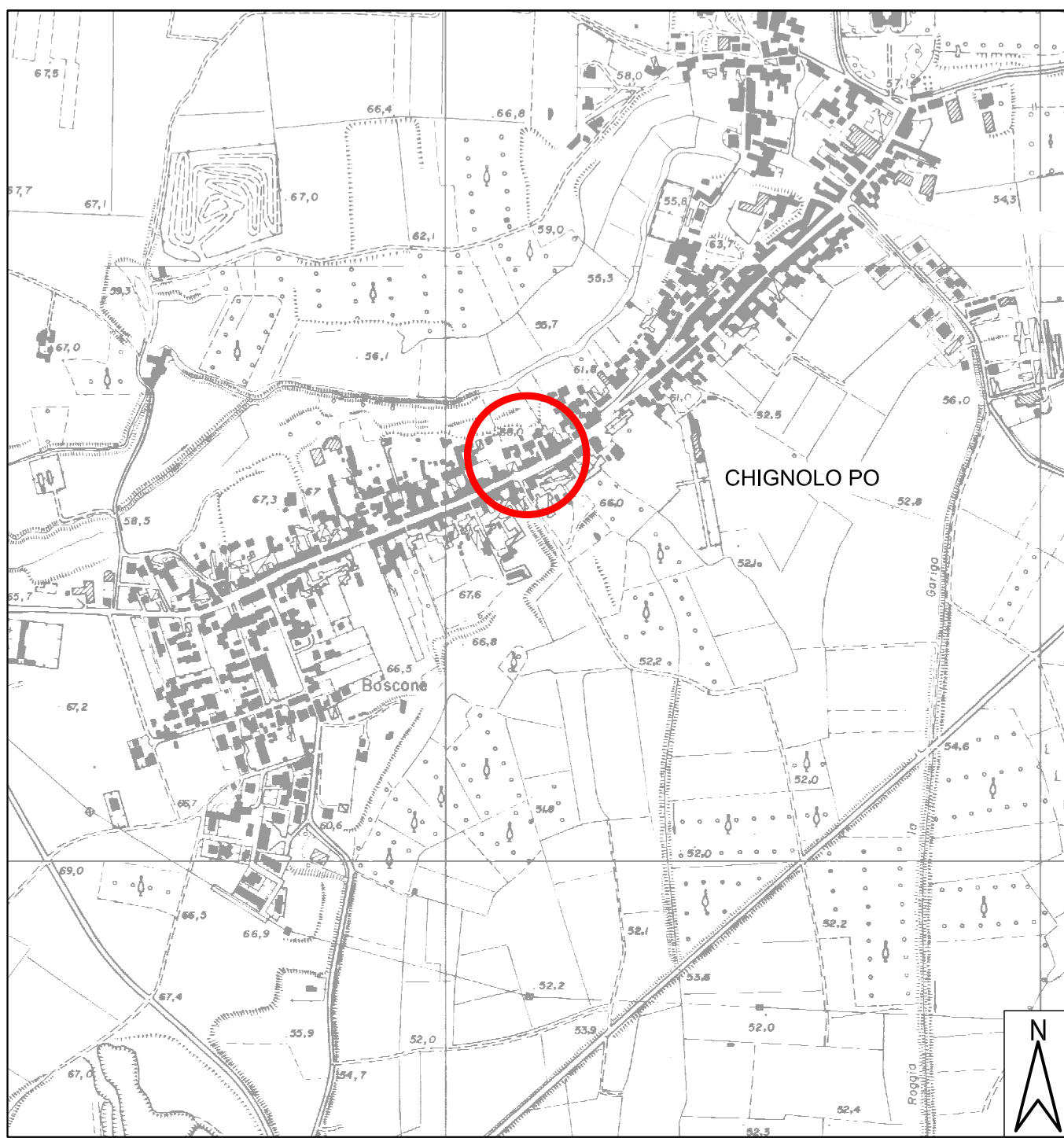


## ALLEGATO 1

### COROGRAFIA CON UBICAZIONE AREA DI INDAGINE

Base C.T.R. fogli B7e4 - B7e5

Scala 1:10.000



## ALLEGATO 2

## PLANIMETRIA DI DETTAGLIO CON UBICAZIONE INDAGINI GEOTECNICHE

### Scala 1: 250



## LEGENDA



PROVA PENETROMETRICA STATICA - CPT-01  
indagine eseguita in data 24 luglio 2019 (tra parentesi è indicato l'approfondimento in metri dal p.c.)



COMUNE DI CHIGNOLO PO (PV)  
**PIANO DI RECUPERO NUOVA FARMACIA**  
RELAZIONE GEOLOGICA

**ALLEGATO n°3**

**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
CPT 01**

**DATI STRUMENTALI - DIAGRAMMA PENETROMETRICO  
CARATTERISTICHE STRATIGRAFICO - GEOTECNICHE DEL TERRENO**

PIANO DI RECUPERO NUOVA FARMACIA  
VIA XXV APRILE, 93-93/a - CHIGNOLO PO (PV)  
CPT-01

**PROVA CPT 01**

Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)  
Prova eseguita in data 24/07/2019  
Profondità prova -7,80 metri dal piano campagna  
Falda acquifera assente

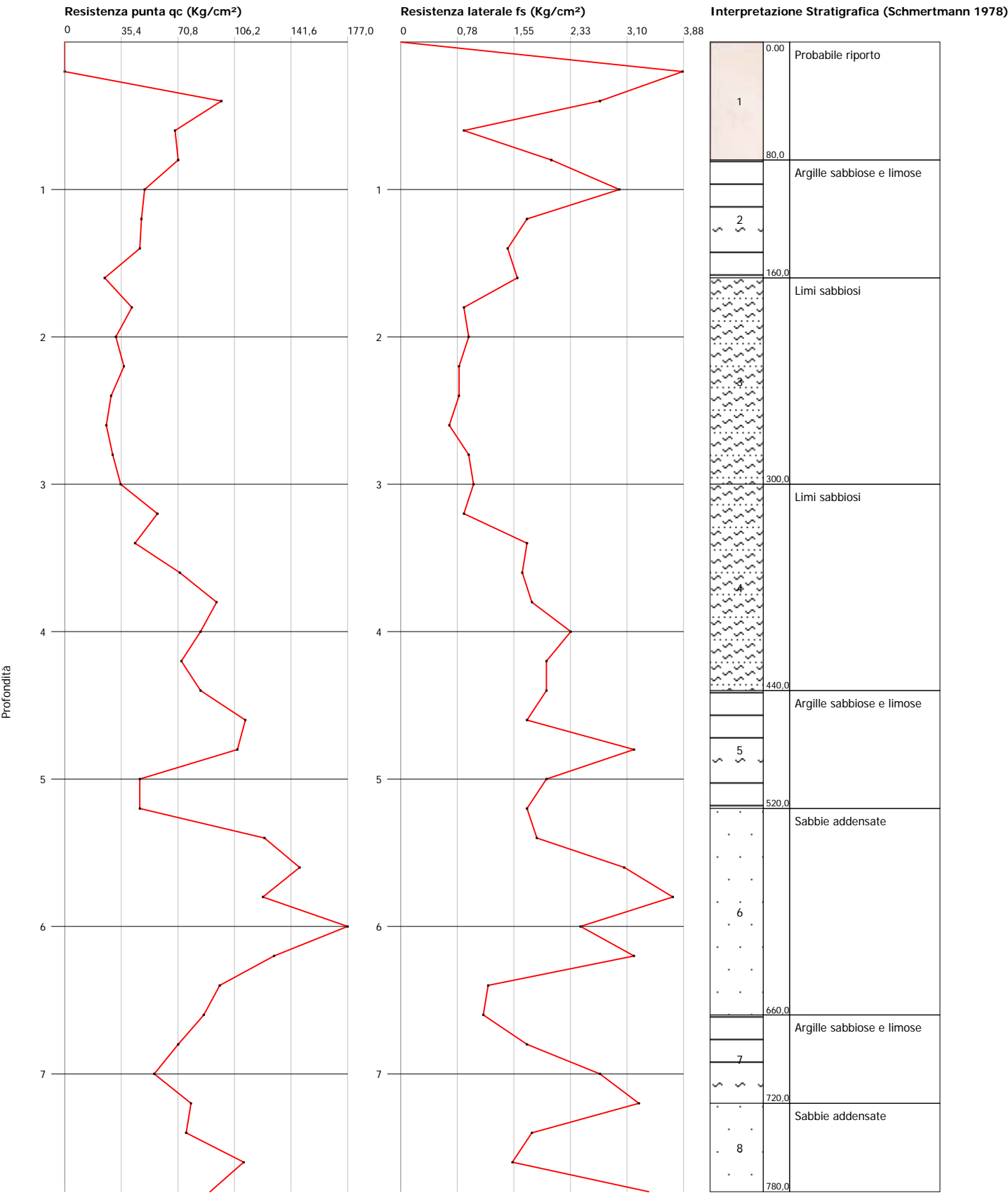
Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO
0,40	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO
0,60	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO
0,80	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO
1,00	50,0	81,0	50,0	3,00	16,67	6,00
1,20	48,0	93,0	48,0	1,73	27,70	3,61
1,40	47,0	73,0	47,0	1,47	32,04	3,12
1,60	25,0	47,0	25,0	1,60	15,63	6,40
1,80	42,0	66,0	42,0	0,87	48,44	2,06
2,00	32,0	45,0	32,0	0,93	34,30	2,92
2,20	37,0	51,0	37,0	0,80	46,25	2,16
2,40	29,0	41,0	29,0	0,80	36,25	2,76
2,60	26,0	38,0	26,0	0,67	38,98	2,57
2,80	30,0	40,0	30,0	0,93	32,15	3,11
3,00	35,0	49,0	35,0	1,00	35,00	2,86
3,20	58,0	73,0	58,0	0,87	66,90	1,49
3,40	44,0	57,0	44,0	1,73	25,39	3,94
3,60	72,0	98,0	72,0	1,67	43,19	2,32
3,80	95,0	120,0	95,0	1,80	52,78	1,89
4,00	85,0	112,0	85,0	2,33	36,43	2,74
4,20	73,0	108,0	73,0	2,00	36,50	2,74
4,40	85,0	115,0	85,0	2,00	42,50	2,35
4,60	113,0	143,0	113,0	1,73	65,20	1,53
4,80	108,0	134,0	108,0	3,20	33,75	2,96
5,00	47,0	95,0	47,0	2,00	23,50	4,26
5,20	47,0	77,0	47,0	1,73	27,12	3,69
5,40	125,0	151,0	125,0	1,87	66,95	1,49
5,60	147,0	175,0	147,0	3,07	47,93	2,09
5,80	124,0	170,0	124,0	3,73	33,22	3,01
6,00	177,0	233,0	177,0	2,47	71,75	1,39
6,20	131,0	168,0	131,0	3,20	40,94	2,44
6,40	97,0	145,0	97,0	1,20	80,83	1,24
6,60	87,0	105,0	87,0	1,13	76,79	1,30
6,80	71,0	88,0	71,0	1,73	40,97	2,44
7,00	56,0	82,0	56,0	2,73	20,49	4,88
7,20	79,0	120,0	79,0	3,27	24,18	4,14
7,40	76,0	125,0	76,0	1,80	42,22	2,37
7,60	112,0	139,0	112,0	1,53	73,06	1,37
7,80	91,0	114,0	91,0	3,40	26,76	3,74

Probe CPT - Cone Penetration Nr.1  
Strumento utilizzato... PAGANI TG 63 (200 kN)  
Diagramma Resistenze qc fs

Committente : Rezzani geom. Roberto  
Cantiere : Via XXV Aprile, 93  
Località : Chignolo Po (PV)

Data :24/07/2019

Scala 1:36





## **PROVA CPT 01**

### **STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI COESIVI**

**Cu** *Coesione non drenata (Correlazione Lunne, Robertson and Powell 1977)*  
**Eed** *Modulo Edometrico (Correlazione Robertson & Campanella da Schmertmann)*  
 **$\gamma_{sat}$**  *Peso unità di volume saturo (Correlazione Meyerhof)*

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	1,60	42,50	1,95	<b>2,23</b>	<b>85,00</b>	<b>2,18</b>
Strato 5	5,20	78,75	2,17	<b>4,09</b>	<b>157,50</b>	<b>2,28</b>
Strato 7	7,20	68,67	2,58	<b>3,54</b>	<b>137,34</b>	<b>2,26</b>

### **STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI INCOERENTI**

**Dr** *Densità relativa (Correlazione Baldi 1978 – Schmertmann 1976)*  
**(°)** *Angolo di resistenza al taglio (Correlazione Meyerhof)*  
**Eed** *Modulo Edometrico (Correlazione Robertson & Campanella da Schmertmann)*  
 **$\gamma_{sat}$**  *Peso unità di volume saturo (Correlazione Meyerhof)*  
**FS** *Fattore di sicurezza a liquefazione - Accelerazione sismica massima (g)=0,15 (Robertson e Wride 1997)*

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dr (%)	(°)	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> )	FS
Strato 1	0,80	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO
Strato 3	3,00	33,0	0,86	<b>46,21</b>	<b>31,82</b>	<b>47,60</b>	<b>2,10</b>	<b>9,146</b>
Strato 4	4,40	73,14	1,77	<b>61,6</b>	<b>45</b>	<b>64,39</b>	<b>2,10</b>	<b>21,268</b>
Strato 6	6,60	133,5	2,59	<b>71,68</b>	<b>45</b>	<b>78,50</b>	<b>2,10</b>	<b>46,302</b>
Strato 8	7,80	93,0	2,24	<b>57,81</b>	<b>45</b>	<b>65,46</b>	<b>2,10</b>	<b>30,682</b>

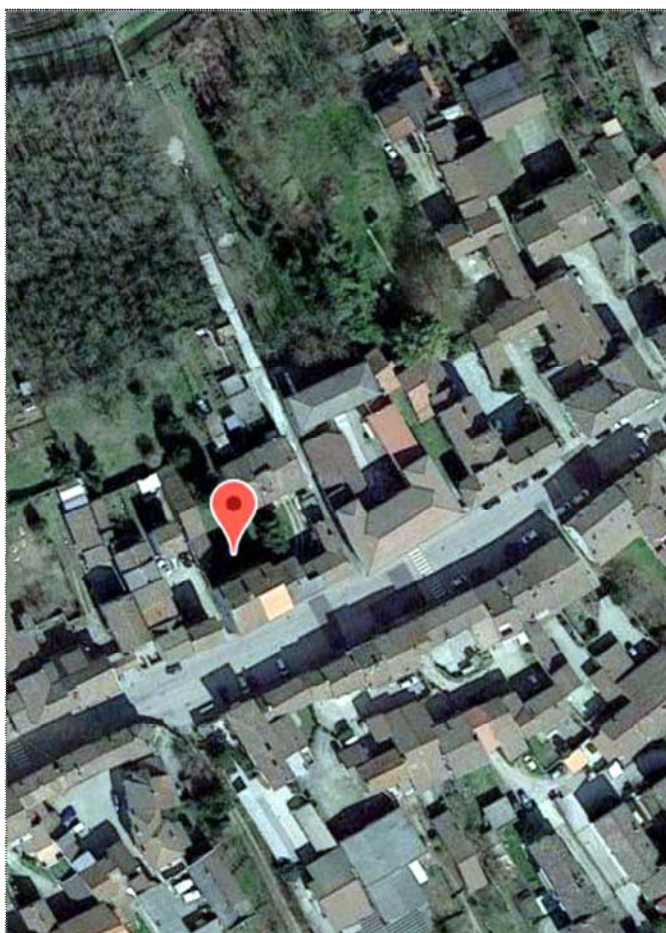
COMUNE DI CHIGNOLO PO (PV)  
**PIANO DI RECUPERO NUOVA FARMACIA**  
RELAZIONE GEOLOGICA

**ALLEGATO n°4**

**PARAMETRI SISMICI**

COMUNE DI CHIGNOLO PO (PV)  
PIANO DI RECUPERO NUOVA FARMACIA  
RELAZIONE GEOLOGICA

VIA XXV APRILE, 93-93/a  
-----  
COMUNE DI CHIGNOLO PO (PV)



### Stati limite



Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...



Vita Nominale

50



Interpolazione

Media ponderata

**CU = 1**

Stato Limite	Tr [anni]	$a_g$ [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.028	2.526	0.195
Danno (SLD)	50	0.034	2.557	0.217
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.085	2.499	0.282
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.112	2.471	0.289
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			



### Coefficienti sismici



Tipo

Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)

us (m)



1



0.1



Cat. Sottosuolo

C



Cat. Topografica

T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,80	1,74	1,59	1,58
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☒ Acc.ne massima attesa al sito [m/s<sup>2</sup>]



0,855971

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.017	0.017	0.017	0.021
kv	0.009	0.009	0.009	0.010
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.856	0.856	0.856	0.856
Beta	0.200	0.200	0.200	0.240