

# PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA

## Via Ugo Bassi, Via Fucini e Piazza A. da Brescia

U.O. 29  
 COMUNE DI RIMINI  
 Sportello Unico  
 PROT. N. 130088  
 DATA 16 LUG. 2007  
 ENTRATA

**RIMINI**

ALLEGATO A  
 ALLA DELIB. DI C.C.  
 N. 104 DEL 13 DIC. 2007

U.O.: \_\_\_\_\_ MATR.: \_\_\_\_\_ **PROGETTO PRELIMINARE**  
 CLASSIFICA: \_\_\_\_\_  
 PRATICA N.: \_\_\_\_\_

INTEGRAZIONE RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA  
 PARERE AI SENSI DELL' ART. 37 DELLA L.R. 10/03  
 (PROT. N° 30906 DEL 11/06/2004)

Enti

LINEE DEGLI ARCHIVI

**Progettisti e Collaboratori:**

Settore Architettura: Dott. Arch. G. Pirazzini  
 Dott. Arch. M. Fabbri  
 Dott. Arch. M. Paolini  
 Settore Imp. Elettrici: Dott. Ing. L. Mamprin  
 Per. Ind. N. Nadiani  
 Dott. Ing. G. Urbinati  
 Settore Imp. Meccanici: Dott. Ing. R. Ricci  
 Per. Ind. C. Fabbri  
 Dott. Ing. A. Versari  
 Settore Ambiente: Dott. Geol. D. Tonini  
 Settore Geologia: Dott. Geol. C. Falasca

**Committente**

Controllo Qualità Progetto  
 M. Galante

Coordinamento Informatico  
 Per. Ind. G. Giovanardi

Responsabile Progetto

Responsabile Progetto Geologia  
 Dott. Geol. Claudio Falasca

REGIONE GEOLOGICA

3			
2			
1	27/07/04	Integrazione	Pasculli
0	23/12/03	Emissione	Falasca
Rev.	Data	Descrizione/Motivazione	Elaborato



**STUDIO T.I.**

SOCIETA' DI ENGINEERING  
 STUDI E RICERCHE - PROGETTI  
 DIREZIONE LAVORI - CONSULENZE



Elaborato: **PP - G - RX.a**

N. Repertorio: **2003-0073**

STUDIO T.I. s.c.r.l. SEDE LEGALE: V.le G. Pascoli 174 - 47900 Rimini (ITALY) - Tel. 39 541384000 - Fax 39 541382292  
 Web Site: www.studioti.com - E-Mail: segreteria@studioti.com  
 Sede Secondaria: Via Tuscolana 336 - 00181 Roma - Tel e Fax 39 0678049535

Sul presente elaborato grava il DIRITTO di PROPRIETA', per cui ne e' vietata la riproduzione anche parziale, cessione a terzi, la diffusione, se non dietro nostra espressa autorizzazione scritta. Ogni violazione sara' perseguita ai sensi delle vigenti leggi civili e penali. Elaborati grafici sviluppati con AutoCAD 2000i by autodesk



**STUDIO T.I.**  
SOCIETA' D'INGEGNERIA

Studi - Ricerche - Progetti  
Direzione Lavori - Consulenze

SINCERT



Conforme alla Norma  
UNI EN ISO 9001:2000  
Certificato da CERMET  
# 18/12/1996

## INTEGRAZIONI RELAZIONE GEOLOGICA - GEOTECNICA



## INDICE

1.	PREMESSA.....	3
2.	RICHIESTE DI INTEGRAZIONE.....	4
3.	VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE.....	5
3.1	POSSIBILI INTERVEN TI SU TERRENI LIQUEFACIBILI.....	8
4.	VALUTAZIONE DEL CONFINE ETEROPICO .....	11



## 1. PREMESSA

Nelle seguenti note sono illustrate le integrazioni richieste ai sensi dell'oggetto espresso dal prot. N° 30906 del 11 Giugno 2004 da parte dell'U.O.A. Difesa del suolo e Assetto del Territorio della Provincia di Rimini con riferimento alla relazione geologica – geotecnica relativa al Programma Particolareggiato di Iniziativa Privata Via Ugo Bassi, Via Fucini e Piazza A. da Brescia, Rimini.

Per quanto riguarda i contenuti della relazione geologica – geotecnica, già presentata alla Vs. Amministrazione, si rimanda al documento stesso (PP-G-RX – prot. 95791) in cui vengono espressamente trattati.

Le integrazioni vengono inoltrate sulla base della vostra richiesta viste:

- ◆ La richiesta di parere ai sensi dell'art. 37 della L.R. 31/02 così come modificato dall'art. 14 della L.R. 10/03, prot. N. 95791 del 26/05/04, pervenuta alla Provincia di Rimini in data 27.05.04 prot. 27792;
- ◆ Gli elaborati trasmessi costituenti il Piano Particolareggiato;
- ◆ La circolare regionale prot. 6515 del 21.03.03 sull'applicazione di alcune disposizioni della L.R. 31/02 in cui si esprime : “nei comuni sismici il parere di compatibilità non è limitato alle sole condizioni geomorfologiche” ma è esteso alle “condizioni di pericolosità locale degli aspetti fisici del territorio”. Oltre agli elementi geomorfologici, gli aspetti fisici del territorio che influiscono sulla pericolosità locale comprendono le caratteristiche geologiche, geotecniche e idrogeologiche che possono determinare instabilità dei versanti, effetti di amplificazione del moto sismico, addensamento e liquefazione”.



## 2. RICHIESTE DI INTEGRAZIONE

Le richieste formulate dall'Amministrazione competente (rif prot.n° 30906-11-6-04) sono state così espressamente inoltrate alla scrivente:

- 1) Deve essere valutato il potenziale di liquefazione dei terreni di fondazione del comparto oggetto di edificazione identificato nelle tavole urbanistiche del Piano, indicando le possibili soluzioni atte a scongiurarne gli effetti in caso di valutazione positiva;
- 2) Deve essere definito il confine eteropico tra i depositi alluvionali e quelli di origine marina nei confronti del comparto edificabile, suggerendo gli eventuali accorgimenti tecnici atti a limitare gli effetti di probabili cedimenti differenziali e della possibile amplificazione sismica.



### 3. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Come visto nella relazione geologica – geotecnica l'area oggetto di indagine è essenzialmente composta da terreni fluvio-alluvionali a cui si interdigitano e sovrappongono, con frequenti variazioni latero-verticali, i terreni di deposizione marina, successivamente rielaborati.

Le due litologie sono separate da un confine deposizionale eteropico, che pone in contatto i terreni della piana alluvionale antica del Marecchia e terreni di deposizione francamente marina.

Nell'area di interesse sono state realizzate nel 1996 quattro prove penetrometriche statiche dai cui risultati sono stati interpretati i parametri geotecnici considerati nelle valutazioni illustrate nella relazione geologica geotecnica. I log stratigrafici delle quattro prove CPT sono state allegate alla relazione suddetta.

Dall'interpretazione delle litologie dedotte dai parametri delle prove CPT (1-2-3-4) si nota come le successioni stratigrafiche presenti siano francamente diverse.

A sud del confine deposizionale successioni marine caratterizzano i profili verticali messi in luce dalle prove CPT; si tratta di argille limose e limi argillosi, di buona consistenza dal piano campagna fino a fine foro.

A nord del confine per eteropia di facies, i terreni mostrano una successione con alternanze di limi sabbiosi, con spessori da 0.20 a 0.80 cm, a sabbie, limose e da discretamente a fortemente addensate, fino a circa 6.00 mt di profondità.

Al di sotto di questa quota si ritrovano le litologie fini e coerenti, caratteristiche delle successioni marine viste sopra ed indagate dalle prove 1 e 2.

Nelle stratigrafie relative alle prove penetrometriche statiche 3 e 4, fino alle profondità di circa 5.00 - 6.00 mt dal piano campagna, vi sono strato sabbiosi e sabbio-limosi saturi e quindi potenzialmente a rischio di liquefazione.



La verifica viene quindi condotta, in risposta alla richiesta di integrazione su citata, ed in ottemperanza alla normativa in materia, per gli orizzonti caratterizzati da granulometria sabbiosa e limo-sabbiosa e posti al di sotto della superficie piezometrica.

Si tenga presente che la falda è stata rilevata a quota compresa tra 1.70 e 1.20 m. dal p.c.; le prove furono tuttavia eseguite in fase di magra stagionale, la falda ha quindi la possibilità di innalzarsi criticamente fino al piano campagna.

Il coefficiente di sicurezza a fronte del rischio di liquefazione di tali orizzonti è stato calcolato con il metodo numerico di SEED e IDRIS (C.N.R. Elementi per una guida alle indagini di Microzonazione Sismica), in base al quale esso vale:

$$F_{liq} = (\tau / \sigma'v \text{ lim}) / (\tau / \sigma' v \text{ max})$$

dove:

$\tau / \sigma'v \text{ lim}$  è il rapporto di sforzo ciclico che esprime la resistenza del terreno a fronte del rischio di liquefazione;

$\tau / \sigma' v \text{ max}$  è il rapporto di sforzo ciclico a fronte del terremoto di progetto, cui corrisponde la liquefazione;

$\sigma'v$  è la pressione geostatica effettiva la tetto dello strato considerato.

Il valore dello sforzo di taglio ciclico è stato calcolato con la relazione:

$$\tau \text{ max} = 0.65 * \sigma v * a \text{ max} / g * rd$$

essendo :

$\sigma v$  = pressione geostatica totale alla profondità considerata z

g = accelerazione di gravità

rd =  $1 - 0.015 * z$  (Iwasaki)

VERIFICA DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE DI SABBIE E LIMI SABBIOSI SATURI  
 Comparto Oggetto di edificazione Via U.Bassi Piano Particolareggiato di Iniziativa Privata

potenzialmente liquefacibile

CPT 4

z (m)	litologia	liv H2O	y	y'	Qc	N	N'(n*Cn)	N1	M	a	S	a max	Rd	σ	σ1	τ max	τ/σ' lim	F 1,25
m		m	ton/mc	ton/mc	kg/cmq	n	n	n	n	g		g	m	ton/mq	ton/mq	ton/mq		
strato																		
tetto 1	1,00 limo sabbioso	1,00	1,80	1,00	85	17	13	10	6	0,15	1,25	0,19	0,99	1,80	1,80	0,216084	0,13	1,08291
letto 1	2,00 limo sabbioso	1,00	1,80	1,00	85	17	10	8	6	0,15	1,25	0,19	0,97	3,60	2,80	0,425588	0,11	0,723705
tetto 2	2,00 sabbie limose	1,00	1,80	1,00	140	28	17	13	6	0,15	1,25	0,19	0,97	3,60	2,80	0,425588	0,18	1,184245
letto 2	3,00 sabbie limose	1,00	1,80	1,00	140	28	14	11	6	0,15	1,25	0,19	0,96	5,40	3,80	0,628509	0,15	0,906908
tetto 3	3,00 sabbie dense cem.	1,00	1,80	1,00	247	49	25	19	6	0,15	1,25	0,19	0,96	5,40	3,80	0,628509	0,27	1,632434
letto 3	5,00 sabbie dense cem.	1,00	1,80	1,00	247	49	21	15	6	0,15	1,25	0,19	0,93	9,00	5,80	1,014609	0,21	1,200462
tetto 4	5,00 sabbie dense cem.	1,00	1,80	1,00	140	28	12	9	6	0,15	1,25	0,19	0,93	9,00	5,80	1,014609	0,21	1,200462
letto 4	6,00 sabbie dense cem.	1,00	1,80	1,00	140	28	11	8	6	0,15	1,25	0,19	0,91	10,80	6,80	1,197788	0,21	1,192198

CPT 3

z (m)	litologia	liv H2O	y	y'	Qc	N	N'(n*Cn)	N1	M	a	S	a max	Rd	σ	σ1	τ max	τ/σ' lim	F 1,25
m		m	ton/mc	ton/mc	kg/cmq	n	n	n	n	g		g	m	ton/mq	ton/mq	ton/mq		
strato																		
tetto 1	1,00 limo sabbioso	1,00	1,80	1,00	35	7	5	4	6	0,15	1,25	0,19	0,99	1,80	1,80	0,216084	0,13	1,08291
letto 1	2,00 limo sabbioso	1,00	1,80	1,00	35	7	4	3	6	0,15	1,25	0,19	0,97	3,60	2,80	0,425588	0,11	0,723705
tetto 2	2,00 sabbie dense cem.	1,00	1,80	1,00	121	24	14	11	6	0,15	1,25	0,19	0,97	3,60	2,80	0,425588	0,18	1,184245
letto 2	3,00 sabbie dense cem.	1,00	1,80	1,00	121	24	12	9	6	0,15	1,25	0,19	0,96	5,40	3,80	0,628509	0,15	0,906908
tetto 3	3,00 sabbie dense cem.	1,00	1,80	1,00	226	45	23	17	6	0,15	1,25	0,19	0,96	5,40	3,80	0,628509	0,27	1,632434
letto 3	4,00 sabbie dense cem.	1,00	1,80	1,00	226	45	21	15	6	0,15	1,25	0,19	0,94	7,20	4,80	0,82485	0,21	1,22204
tetto 4	4,00 sabbie dense cem.	1,00	1,80	1,00	283	57	26	19	6	0,15	1,25	0,19	0,94	7,20	4,80	0,82485	0,21	1,22204
letto 4	5,00 sabbie dense cem.	1,00	1,80	1,00	283	57	24	18	6	0,15	1,25	0,19	0,93	9,00	5,80	1,014609	0,21	1,200462
tetto 5	5,00 limo sabbioso	1,00	1,80	1,00	38	8	3	2	6	0,15	1,25	0,19	0,93	9,00	5,80	1,014609	0,21	1,200462
letto 5	6,00 limo sabbioso	1,00	1,80	1,00	38	8	3	2	6	0,15	1,25	0,19	0,91	10,80	6,80	1,197788	0,21	1,192198



a max = massima accelerazione orizzontale del sito studiato.

Il valore del rapporto ( $\tau / \sigma'v \text{ lim}$ ) è stato invece valutato con le correlazioni desunte dall'abaco di SEED in funzione di :

$M$  = massima magnitudo ipotizzabile per zone sismiche di tipo II, tale parametro in rapporto alla classe sismica S9 si è assunto equivalente a  $M=6$ .  
(Tale valore è inoltre ampiamente cautelativo, essendo di norma attribuito alla magnitudo epicentrale dell'area studiata un valore  $M= 5.5$ ).

Per le sabbie limose è stato calcolato un valore di  $N1 = 0.75 * N' + 7.5$   
dove  $N' = Nc / (\sigma'v0)^{elev0.5}$  ossia il numero di colpi corretto registrato con prove SPT. Il valore del numero di colpi è stato correlato ai parametri desunti da prove CPT mediante la relazione di Robertson :  $Qc / Nspt = 4.5/5$ .

La verifica alla liquefazione è espressa numericamente nella tabella di calcolo allegata nelle pagine successive.

Il coefficiente di sicurezza alla liquefazione è stato calcolato sia al tetto che al letto degli strati considerati suscettibili a liquefazione.

Come evidenziato in tabella il coefficiente di sicurezza alla liquefazione degli strati considerati rimane ben al di sotto del minimo  $Fliq = 1.25$  richiesto dalla normativa specifica in materia (Ordinanza n. 3274 - 2003) e sono quindi potenzialmente liquefacibili.

Fa eccezione l'orizzonte al tetto dei 3.00 m. di profondità di sabbie dense e fortemente cementate il cui coefficiente resta ampiamente al di sopra del valore di possibile liquefazione.

Anche lo strato a profondità 4.00 mt nella prova CPT 3 risulta al limite della considerazione di potenziale liquefazione essendo il suo F.S. 1.22 contro 1.25 della normativa e comunque ben al di sopra dell'unità.



Anche laddove il coefficiente di sicurezza è minore dell'unità il fenomeno della liquefazione potrebbe essere impedito da un elevato tenore di fine e/ di argilla: il fuso granulometrico di tali terreni potenzialmente liquefacibili dovrà essere verificato in fase di progettazione definitiva su campioni recuperati con sondaggi a carotaggio continuo.

Fermo restando la non disponibilità in questa fase preliminare di studio di prove di laboratorio specifiche che permettano altre considerazioni e fermo restando la raccomandazione di realizzare dettagliate prove in situ con prelievo - contestualmente ai sondaggi - di campioni da sottoporre a idonee prove nelle successive fasi progettuali, in questa fase e sulla base di quanto disponibile vi è la possibilità di pericolo di liquefazione di alcuni orizzonti sabbiosi saturi sottoposti a stress sismici ciclici.

### 3.1 POSSIBILI INTERVENTI SU TERRENI LIQUEFACIBILI

Vari metodi sono disponibili e ben noti a livello scientifico per ridurre il potenziale di liquefazione di un terreno, alcuni di questi sono particolarmente indicati per terreni i cui valori di densità relativa siano compresi in un range tra il 35 e il 65%.

Nelle successive fasi progettuali, una volta noti in dettaglio gli opportuni parametri granulometrici e geomeccanici dei terreni potenzialmente liquefacibili, tali metodi potranno essere diversamente valutati e progettati sulla base dei nuovi dati ottenuti dalla campagna geognostica in situ ed in laboratorio.

Alcuni metodi di densificazione sono:

- Migliorare la compattezza con metodi dinamici (vibrocompattazione, heavy tamping...);



- Abbassamento della falda con conseguente incremento della pressione di confinamento;
- Iniezioni cementanti per migliorare i legami intergranulari;
- Aumentare la permeabilità interstiziale mediante installazione di dreni (in ghiaia o prefabbricati).

Nel caso dell'intervento edificatorio oggetto di indagine geologica – geotecnica si ritiene che una soluzione ottimale (tra le possibili) per scongiurare gli effetti della liquefazione vista la valutazione positiva possano essere:

◆ OPERE DI DRENAGGIO

La presenza del pelo libero della falda freatica ad una quota di circa 1.20-1.70 mt dal piano campagna, con possibilità di innalzamento temporaneo fino al piano campagna, può rivelarsi un elemento critico.

A tal fine si raccomanda la realizzazione di una rete di drenaggio per l'abbattimento della falda stessa a quote prossime o inferiori al piano fondazionale.

Ciò comporterà un miglioramento delle condizioni di sollecitazione della struttura (soprattutto nel caso vengano realizzate strutture interrato) e contemporaneamente la variazione in positivo delle caratteristiche geotecnico-geomeccaniche dei terreni fondazionali ed al contorno, evitando contestualmente problemi legati a sovratensioni interstiziali e saturazione di strati di terreni incoerenti con litologia sabbiosa e sabbio-limosa.

◆ SCAVO E OPPORTUNE OPERE FONDAZIONALI

Allo stato delle conoscenze e in relazione al progetto si ritiene che un buon metodo atto a scongiurare il pericolo di liquefazione sia la realizzazione di uno scavo nell'area di realizzazione degli edifici.



Lo scavo dovrà essere eseguito fino alla profondità caratterizzata dai terreni sabbiosi saturi e liquefacibili, ossia come abbiamo visto dalla verifica numerica con i dati al momento a disposizione, di circa 6.00 mt.

Una volta eseguito lo sbancamento le opere fondazionali consigliate possono essere quelle profonde, ossia su pali, da infiggersi a profondità da verificarsi nelle successive fasi e con gli opportuni parametri.

Il ricorso ad opere fondazionali profonde elimina tra l'altro il possibile problema di cedimenti differenziali dovuti al confine eteropico tra argille marine e sabbie alluvionali.

Si dovrà opportunamente trascurare il contributo per adesione laterale dei tratti sommitali (per lo spessore degli strati potenzialmente liquefacibili) delle fondazioni profonde che risulteranno incassati entro orizzonti potenzialmente liquefacibili.



#### 4. VALUTAZIONE DEL CONFINE ETROPICO

In relazione alla specifica richiesta viene qui definito il confine eteropico tra i depositi alluvionali e quelli di origine marina.

Nella pagina seguente viene illustrato in planimetria il confine stesso in relazione al comparto edificabile.

Il contatto è chiaramente non ascrivibile, sia per i dati e le indagini al momento disponibili, sia per la natura stessa del confine, ad un limite formazionale netto.

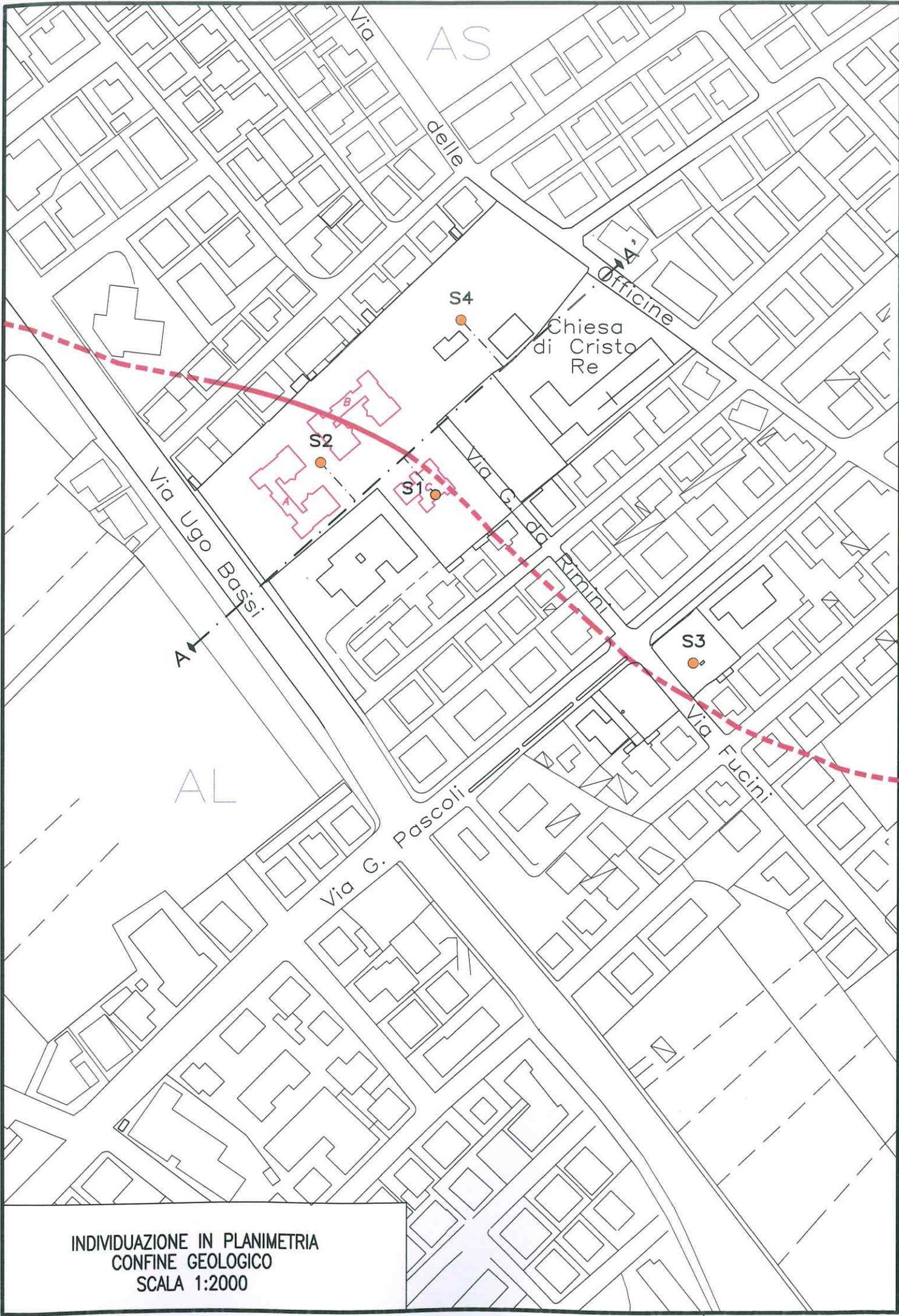
Esso è piuttosto compreso in una fascia transizionale stratigraficamente caratterizzata da interdigitazioni latero-verticali tra i terreni, organizzati nella classica architettura stratigrafica di facies eteropiche.

La geologia dell'area e l'andamento della sezione geologica di interpolazione tra prove in situ sono state riportate ed illustrate nella relazione geologico – geotecnica a cui si rimanda con l'adeguato approfondimento.

La diversa origine deposizionale, confermata dall'interpretazione stratigrafica dei litotipi può determinare un differente comportamento geomeccanico dei litotipi, con possibili cedimenti differenziali.

Allo stato attuale della progettazione, una valutazione sulle ripercussioni che la distribuzione dei carichi teorici ha sul diverso cedimento di depositi litologicamente diversi non può non essere che di massima non essendo nota l'entità degli effettivi carichi strutturali.

Sulla base dei dati al momento disponibili la natura dei terreni e le loro caratteristiche rendono consigliabili fondazioni profonde su pali.



INDIVIDUAZIONE IN PLANIMETRIA  
CONFINE GEOLOGICO  
SCALA 1:2000



Questi contribuirebbero al contempo sia a scongiurare gli effetti di possibili cedimenti differenziali (che andranno verificati nelle successive fasi progettuali) sia a costituire un'ideale soluzione fondazionale in caso di potenziale liquefazione di strati sabbiosi saturi.

