

DOTT. GEOL. BERNARDI MARCO
Via S. Paolo n. 2
31017 Crespano di Pieve del Grappa (TV)
Tel/fax 0423.53271 cell. 333.2595546
geol.bernardi@tiscali.it

Spett.le Studio Tecnico
Arch. D'ALVISE GIOVANNI
Via Macello n.65
Cittadella (PD)

Preg.mo Sig.
DIDONE' GIANPIETRO

VERIFICA DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA

Lavoro: Piano di Recupero per demolizione di fabbricati in cat.E, cambio d'uso unità direzionale al piano terra, accorpamento e ristrutturazione per il ricavo di una unità residenziale, previo declassamento porzione di fabbricato da cat.B a C in Piazza Facchetti a Cittadella (PD).

Su incarico del Committente sono state eseguite delle indagini geognostiche nel terreno in Piazza Facchetti a Cittadella (PD), dove è in progetto la realizzazione di un Piano di Recupero.

Le indagini sono finalizzate alla conoscenza delle caratteristiche idrogeologiche e geotecniche dei terreni di fondazione per poter verificare la compatibilità geologica, geomorfologia e idrogeologica dell' area con le nuove opere in progetto.

Il Comune di Cittadella (PD), secondo l'allegato B della DGR n.244 del 09-03-2021 è stato dichiarato sismico ed è stato compreso nella zona dichiarata sismica di categoria 2.

La presente relazione ottempera ai requisiti richiesti dalla normativa vigente in materia di geologia e geotecnica ed in particolare:

- Raccomandazioni AGI 1977 "Programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche";
- O.P.C.M. 20-03-2003 n.3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di norme tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- D.M. 17-01-2018 "Norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti del 21-01-2019 n.7;
- DGR n.244 del 09-03-2021;
- L.R. 23-04-2004 n.11 "Norme per il governo del territorio".

CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE

La proprietà in esame è ubicata all'interno del centro storico di Cittadella (PD), in Piazza Facchetti.

Il terreno in esame fa parte di una vasta piana alluvionale, è compreso nella media pianura veneta e si trova a un' altitudine di circa 48 m sul livello del mare.

L' area in esame è pianeggiante ed è costituita da depositi alluvionali depositi in epoca quaternaria dal fiume Brenta.

Dal punto di vista geomorfologico l' alta pianura veneta presenta in superficie lineamenti morfologici dolci e regolari, ed è costituita da una struttura derivata dalla sovrapposizione di una serie di cicli deposizionali di origine fluvio-glaciale e alluvionale.

La deposizione dei materiali è stata determinata dalla granulometria degli stessi, nonché dalle correnti di deposizione del fiume Brenta; si è creata quindi una classazione delle alluvioni, con a Nord nell' alta pianura veneta depositi ghiaioso sabbiosi con ciottolame, mentre andando verso Sud la percentuale di

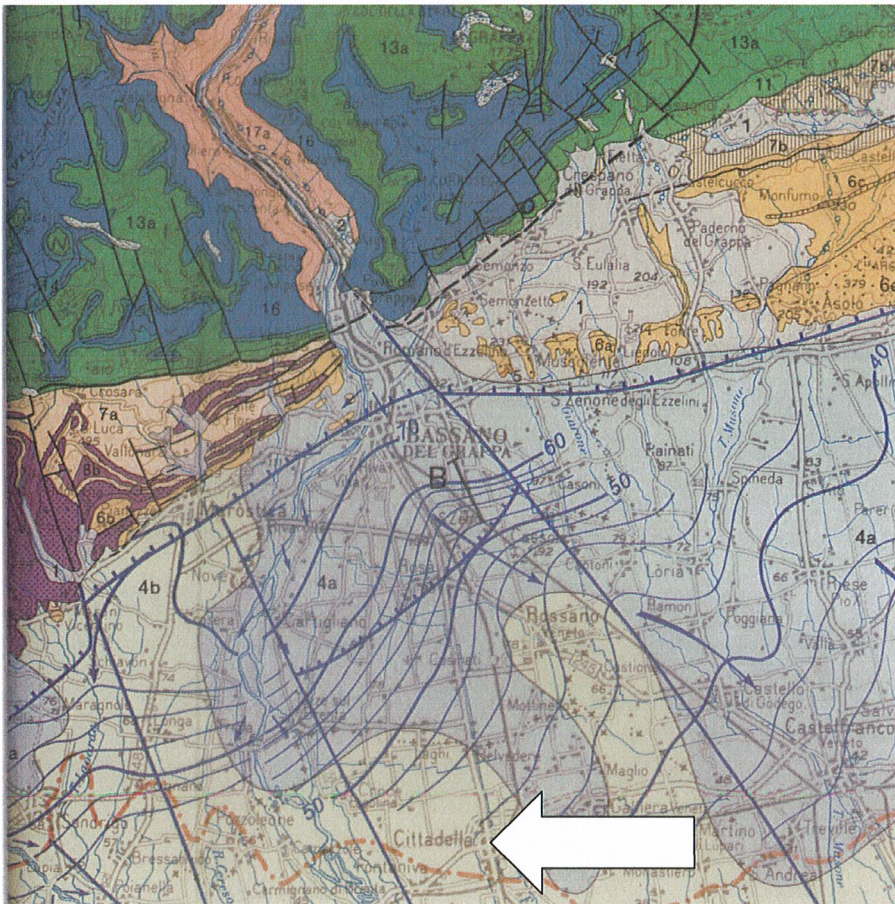
materiale fine aumenta formando nella media pianura veneta lenti di sabbia intervallate da livelli argillosi variamente interdigitati.

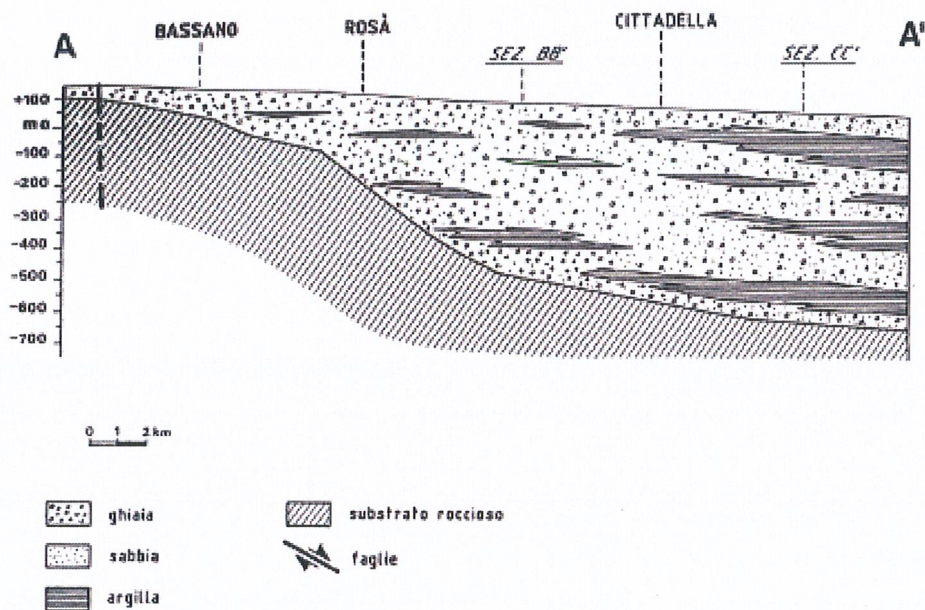
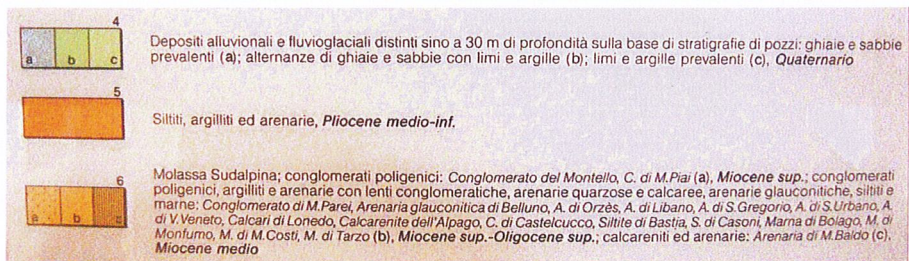
Con la prova penetrometrica effettuata non si è rilevata la presenza di acqua di falda nel sottosuolo fino a -m 5,00 dal piano di campagna che è stato preso come quota 0,00 per la prova; la falda freatica nei periodi maggiormente piovosi può raggiungere la quota di -m 4,00 dal piano di campagna.

La direzione di deflusso della falda freatica è secondo la direttrice NW-SE.

La ricarica è dovuta alle dispersioni nel materasso alluvionale delle acque meteoriche provenienti dai versanti a monte della piana alluvionale e dalle dispersioni del fiume Brenta.

Si riporta di seguito l'estratto della Carta Geologica del Veneto (scala 1:25000) e una sezione N-S.





CARATTERISTICHE DELL' OPERA IN ESAME

E' previsto la realizzazione di un piano di recupero per demolizione e cambio di destinazione d'uso di fabbricati esistenti.

PROVE EFFETTUATE PER IL RICONOSCIMENTO DELLE CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E STRATIGRAFICHE

Per il riconoscimento delle caratteristiche litologiche e stratigrafiche del sottosuolo sono stati effettuati: un rilevamento di campagna e n.1 prova penetrometrica dinamica, una prova sismica Masw ed un campionamento litologico.

MODALITA' DI ESECUZIONE DELLE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPERPESANTI

La prova penetrometrica dinamica superpesante consiste nell' infiggere nel terreno, mediante un maglio, delle aste con punta conica, di quantità costanti, conteggiando ogni 20 cm i colpi battuti.

La resistenza alla penetrazione di un terreno dipende dalle caratteristiche fisico-meccaniche nel quale esso si trova allo stato naturale; in particolare deriva dallo stato di addensamento dei granuli in terreni incoerenti e dal contenuto in umidità naturale in terreni coesivi. I dati che si ricavano, opportunamente diagrammati riportando in ascissa la resistenza dinamica espressa in Kg/cm² e in ordinata la profondità raggiunta, forniscono indicazioni qualitative e quantitative delle caratteristiche meccaniche in continuo del sottosuolo.

La resistenza di rottura dinamica alla punta R_{pd} è stata ottenuta dalla formula degli Olandesi:

$$R_d = (M \cdot d) / (A \cdot e \cdot (M + P)) \cdot \chi$$

M peso del maglio= 63,5 kg

H altezza di caduta= 75 cm

A sezione della punta= 20 cm²

P peso delle aste= 6 Kg/ml.

E numero dei colpi battuti ogni 20 cm

χ coefficiente per la profondità

Il carico ammissibile con coefficiente di sicurezza 3 si può ottenere secondo Herminier con la seguente formula:

$$q_a = \text{resistenza dinamica} / 30$$

Si riporta inoltre di seguito una tabella che riporta una delle più utilizzate correlazioni tra la resistenza alla punta (R_p) desunta dalla prova penetrometrica statica, il valore dei colpi N_{spt} (Standard Penetration Test) e l'angolo di attrito interno del materiale.

ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE ϕ' (TERRENI GRANULARI e COESIVI - condizioni drenate)

SABBIE \pm limose (Meyerhof 1956)			ARGILLE (condizioni drenate)(Bjerrum-Simons 1960)	
Nspt(colpi/30cm)	Rp(kg/cm ²)	ϕ' (°)	Indice Plastico Ip %	ϕ' (°)
4	20	25.0	5	35.0 \pm 2.5
10	40	30.0	10	33.5 \pm 2.5
15	60	31.3	15	32.2 \pm 2.5
20	80	32.5	20	31.0 \pm 2.5
25	100	33.8	25	29.7 \pm 2.5
30	120	35.0	30	29.0 \pm 2.5
35	140	35.8	35	28.0 \pm 2.5
40	160	36.5	40	27.0 \pm 2.5
45	180	37.3	45	26.2 \pm 2.5
50	200	38.0	50	25.5 \pm 2.5
55	220	38.3	60	24.2 \pm 2.5
60	240	38.7	70	23.2 \pm 2.5
65	260	39.0	80	22.3 \pm 2.5
70	280	39.3	90	21.5 \pm 2.5
75	300	39.7	100	20.8 \pm 2.5
80	320	40.0		

MODELLO GEOLOGICO

L'analisi comparata delle indagini geognostiche effettuate ha evidenziato una disomogeneità verticale e una discreta omogeneità laterale dei materiali costituenti il sottosuolo.

Nella prova penetrometrica dinamica n.1 si è rilevata la presenza, al di sotto del terreno agrario, di argilla con elementi ghiaiosi ($R_p = 43-118 \text{ Kg/cm}^2$ coesione non drenata = $1,50 \text{ Kg/cm}^2$ $\gamma_{\text{naturale}} = 1,70 \text{ ton/m}^3$) fino a $-m 0,80$, con sottostante argilla ($R_p = 18-19 \text{ Kg/cm}^2$ coesione non drenata = $0,80 \text{ Kg/cm}^2$ $\gamma_{\text{naturale}} = 1,70 \text{ ton/m}^3$) fino a $-m 2,20$ e a seguire ghiaietta a matrice sabbiosa ($R_p = 8-45 \text{ Kg/cm}^2$ $\phi = 27^\circ$ $\gamma_{\text{naturale}} = 1,85 \text{ ton/m}^3$) fino a $-m 4,40$, con sottostante ghiaia a matrice sabbiosa densa ($R_p = 184-278 \text{ Kg/cm}^2$ $\phi = 36^\circ$ $\gamma_{\text{naturale}} = 1,85 \text{ ton/m}^3$) rilevata a rifiuto strumentale fino a $-m 5,00$.

Con la prova penetrometrica effettuata non si è rilevata la presenza di acqua di falda nel sottosuolo fino a $-m 5,00$ dal piano di campagna che è stato preso come quota 0,00 per la prova; la falda freatica nei periodi maggiormente piovosi può raggiungere la quota di $-m 4,00$ dal piano di campagna.

La falda freatica può subire delle oscillazioni freaticometriche di tipo stagionale legate ai fenomeni di ricarica della falda idrica.

In generale il regime della falda freatica nella zona in esame presenta una fase di piena primaverile ed una autunnale.

PERMEABILITA' DEL SOTTOSUOLO

Avendo riscontrato nella prova penetrometrica una disomogeneità verticale del sottosuolo, la permeabilità del terreno risulta essere variabile a seconda della profondità.

I materiali rilevati presentano indicativamente i seguenti coefficienti di permeabilità:

- argilla a bassa permeabilità $k = 10 \text{ exp-7 m/sec}$
- ghiaietta sabbiosa a media permeabilità $k = 1,0 \cdot 10 \text{ exp-4 m/sec}$

- ghiaia sabbiosa ad alta permeabilità $k=1,0 \cdot 10^{-3}$ m/sec

I valori sopra indicati sono stati ottenuti da prove di permeabilità Lefranc a carico variabile effettuate nel foro di sondaggi effettuati nelle vicinanze.

La prova consiste nel misurare la velocità di riequilibrio del livello piezometrico artificialmente modificato ed è possibile ricavare il coefficiente di permeabilità k utilizzando la seguente relazione:

$$k = r / 8t * h / hm$$

dove:

r = raggio del rivestimento

t = tempo misurato

h = dislivello piezometrico

Hm = carico medio

Prova a carico variabile (fig. 11b): riempito il pozzo fino al livello A - A' (a scelta), si misura il tempo t necessario affinché l'acqua scenda fino al livello B - B' (a scelta) a partire dal momento dell'arresto dell'immissione d'acqua nel pozzo. $K = \frac{r}{8t} \cdot \frac{h}{H_m}$, dove h = dislivello tra A - A' e B - B'; r = raggio del pozzo; t = tempo misurato; H_m = carico medio (dislivello tra la superficie freatica e $\frac{h}{2}$).

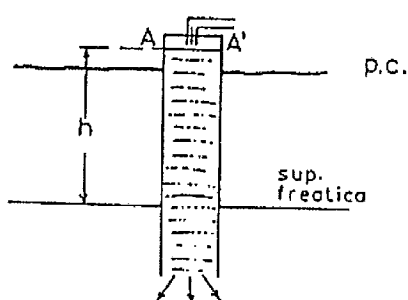


Fig. 11 a - Prova a carico costante.

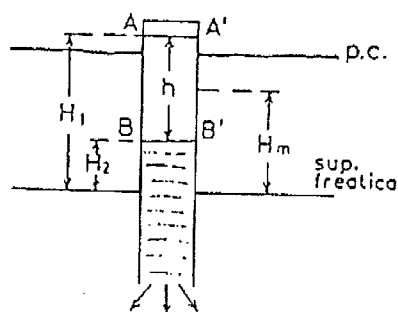


Fig. 11 b - Prova a carico variabile.

TERRENI SUSCETTIBILI ALLA LIQUEFAZIONE

Il termine liquefazione denota una diminuzione di resistenza al taglio e/o di rigidità causata da aumento della pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci del terreno.

Deve essere verificata la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie e il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limoso - argillosa.

Nel caso di edifici con fondazioni superficiali, la verifica alla suscettibilità alla liquefazione può essere omessa se il terreno sabbioso saturo si trova a profondità superiore a 15 m dal piano campagna. Si può inoltre trascurare il

pericolo di liquefazione quando $S_{ag} < 0,15 g$ e , al contempo, la sabbia in esame soddisfi almeno una delle seguenti condizioni (Eurocodice 8):

- contenuto in argilla superiore a 20%;
- contenuto in limo superiore a 35%;
- frazione fine trascurabile e resistenza $N_{spt} > 25$

Considerato che non si è rilevata la presenza della falda freatica fino a $-m$ 5,00 dal piano di campagna e vista la presenza di litotipi ghiaiosi addensati, non sussiste alcun rischio di liquefazione dei suoli per sollecitazioni sismiche.

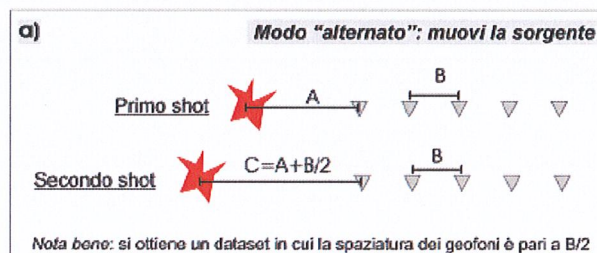
INDAGINE SISMICA – PROVA MASW

Al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame è stata effettuata una serie di acquisizioni MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*) utili a definire il profilo verticale della velocità di propagazione delle onde di taglio.

L' acquisizione è avvenuta tramite sismografo PASI a 24 canali collegato a geofoni verticali a frequenza propria di 4,50 Hz (spaziatura geofoni 1m, tempo di acquisizione 2,0 sec, offset minimi 1,0 e 1,5 m).

Per le analisi dei dati acquisiti si è adottato il software *winMASW 4.5*.

L' acquisizione è stata effettuata posizionando uno stendimento di 12 geofoni e da una doppia acquisizione, spostando la sorgente, sono stati sommati i due dataset, al fine di ottenere una acquisizione unica a 24 canali.



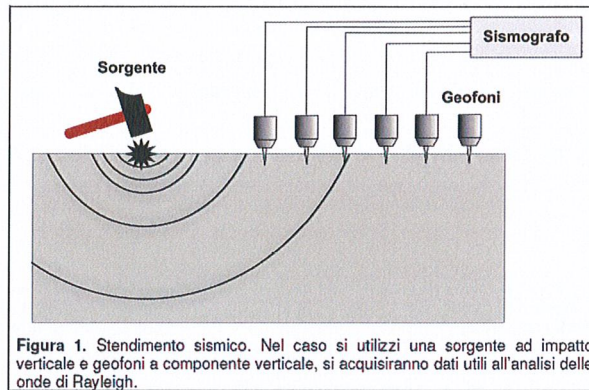
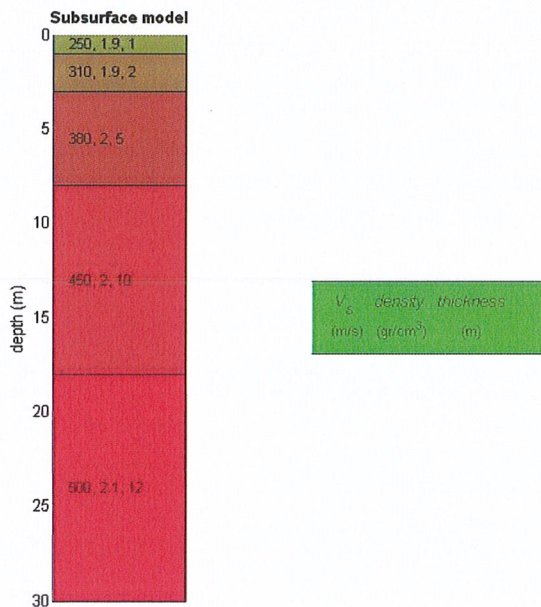
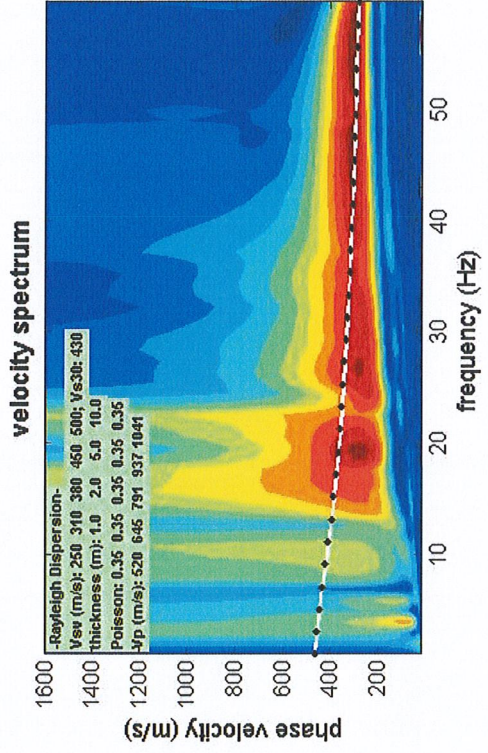
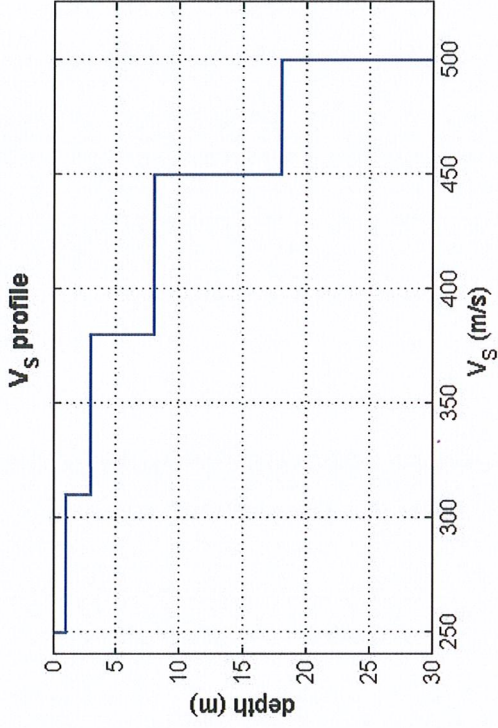


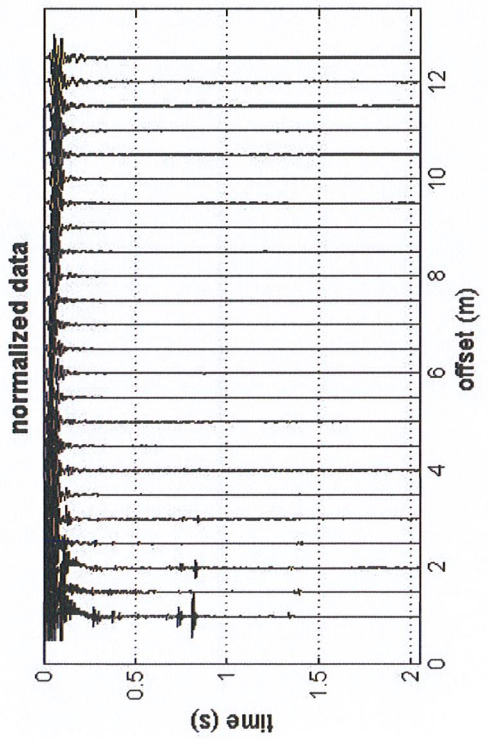
Figura 1. Stendimento sismico. Nel caso si utilizzi una sorgente ad impatto verticale e geofoni a componente verticale, si acquisiranno dati utili all'analisi delle onde di Rayleigh.

I dati acquisiti sono stati elaborati mediante la determinazione dello spettro di velocità e della curva di dispersione, per ricostruire il profilo verticale delle onde di taglio (V_s).





www.winmasw.com



L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire dai dati di sismica attiva Masw ha consentito di determinare il profilo verticale V_s e di conseguenza, del parametro V_{s30} , risultato per il modello medio pari a 430 m/s.

Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (DM 17-01-2018), dalla velocità delle onde sismiche rilevate, il sito in esame rientra nella categoria "B" di suolo di fondazione (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiore a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 e 800 m/s, ovvero $N_{spt30} > 50$, nei terreni a grana grossa e $Cu_{30} > 250$ KPa nei terreni a grana fina).*

CARATTERISTICHE SISMICHE

Il territorio comunale di Cittadella (PD) è stato classificato sismico e rientra nella Classe 2.

CATEGORIA TOPOGRAFICA

Il sito rientra nella categoria T1 (tabella 3.2.IV)

CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO

Il sottosuolo in esame rientra nella categoria "B" di suolo di fondazione.

$V_{s30} = 360-800$ m/s

SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla pericolosità sismica di base del sito di costruzione.

Nel nostro caso l'azione sismica viene calcolata con il metodo proposto nel paragrafo 3.2 delle NTC 2018.

Considerando pari a 50 anni la vita nominale V_N dell'opera e classe d'uso 2, è possibile calcolare il periodo di riferimento V_R per l'azione sismica (par. 2.4.3):

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1 = 50$$

Il coefficiente C_U è pari a 1,0 per la classe d'uso 2.

La probabilità di superamento P_{VR} , nel periodo di riferimento V_R dello stato limite di salvaguardia della vita è del 10% (tabella 3.2.I)

E' quindi possibile determinare il tempo di ritorno T_R (allegato A) con la seguente formula:

$$T_R = - V_R / [\ln(1-P_{VR})] = - 50 / [\ln(1-0,10)] = 475 \text{ anni}$$

Con le coordinate del sito è quindi possibile individuare seguenti i valori di a_g , F_0 e T^*_c per un tempo di ritorno di 475 anni:

$$a_g = 0,164$$

$$F_0 = 2,393$$

$$T^*_c = 0,302$$

E' quindi possibile determinare il coefficiente S ed i periodi T_B , T_C e T_D che definiscono lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali:

$$S = S_S \times S_T$$

Dove:

S_S = coefficiente di amplificazione stratigrafica;

S_T = coefficiente di amplificazione topografica.

Nel nostro caso $S_S = 1,20$, $S_T = 1,0$ e quindi $S = 1,20$.

Con C_C nel caso di sottosuolo di categoria "B" pari a $1,10 \times (T^*_c) \exp -0,20$ è quindi pari a 1,397 possiamo determinare:

$$T_C = C_C \times T^*C = 0,422 \text{ s}$$

$$T_B = T_C/3 = 0,141 \text{ s}$$

$$T_D = 4,0 \times a_g/g + 1,6 = 2,255 \text{ s}$$

SPOSTAMENTO ORIZZONTALE E VELOCITA' ORIZZONTALE DEL TERRENO

I valori dello spostamento orizzontale d_g e della velocità orizzontale v_g massimi sono dati dalle seguenti espressioni:

$$d_g = 0,025 \times a_g \times S \times T_C \times T_D$$

$$v_g = 0,16 \times a_g \times S \times T_C$$

Nel nostro caso:

$$d_g = 0,0046 \text{ m}$$

$$v_g = 0,013 \text{ m/s}$$

In conclusione si ritiene compatibile il Piano di Recupero in progetto con la situazione geotecnica, geomorfologica, idrogeologica e sismica globale dell'area.

Allegati:

- documentazione fotografica
- corografia
- planimetrie
- tabella valori di resistenza
- diagramma di resistenza

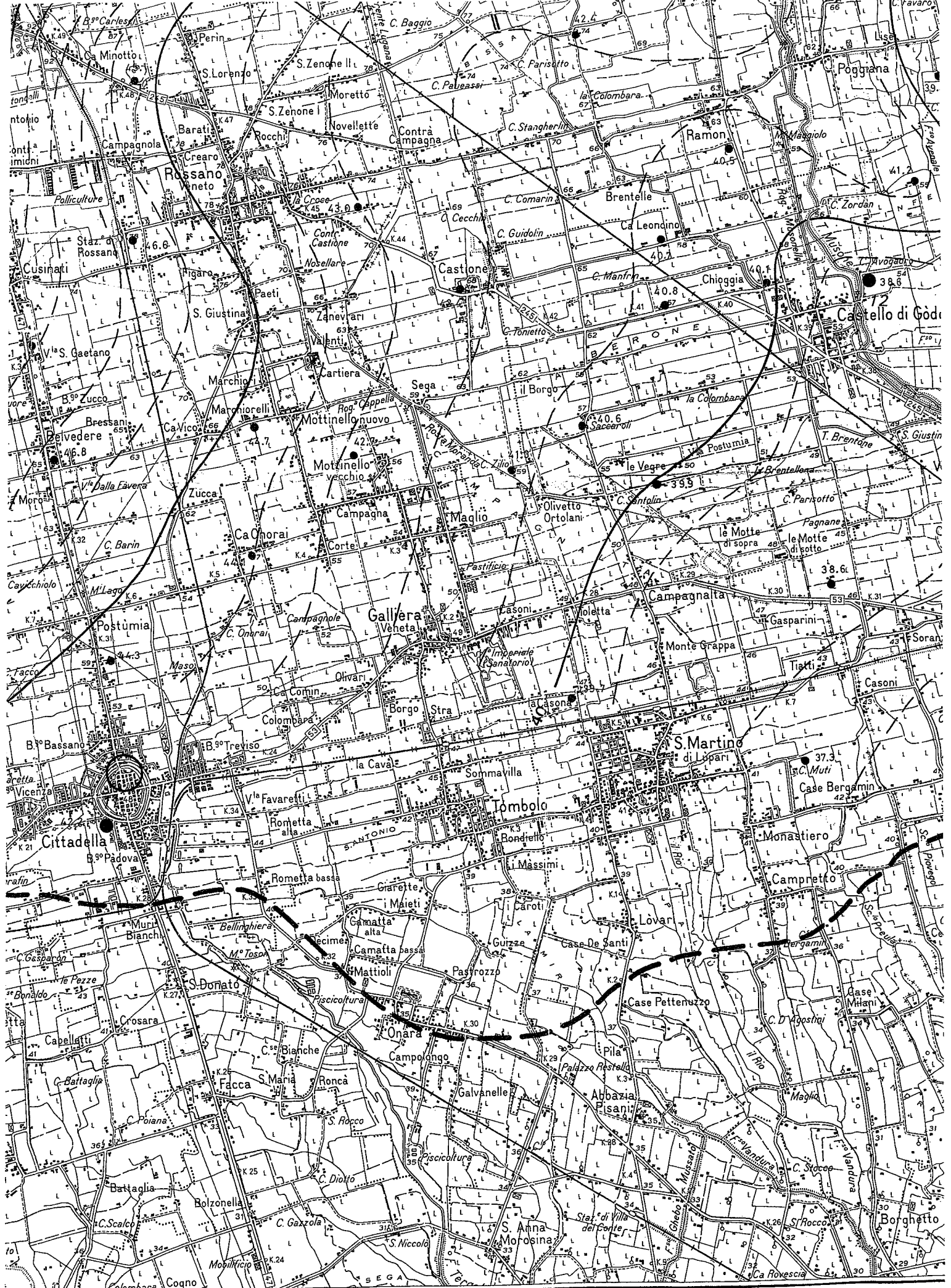
Pieve del Grappa, 18/12/2021.

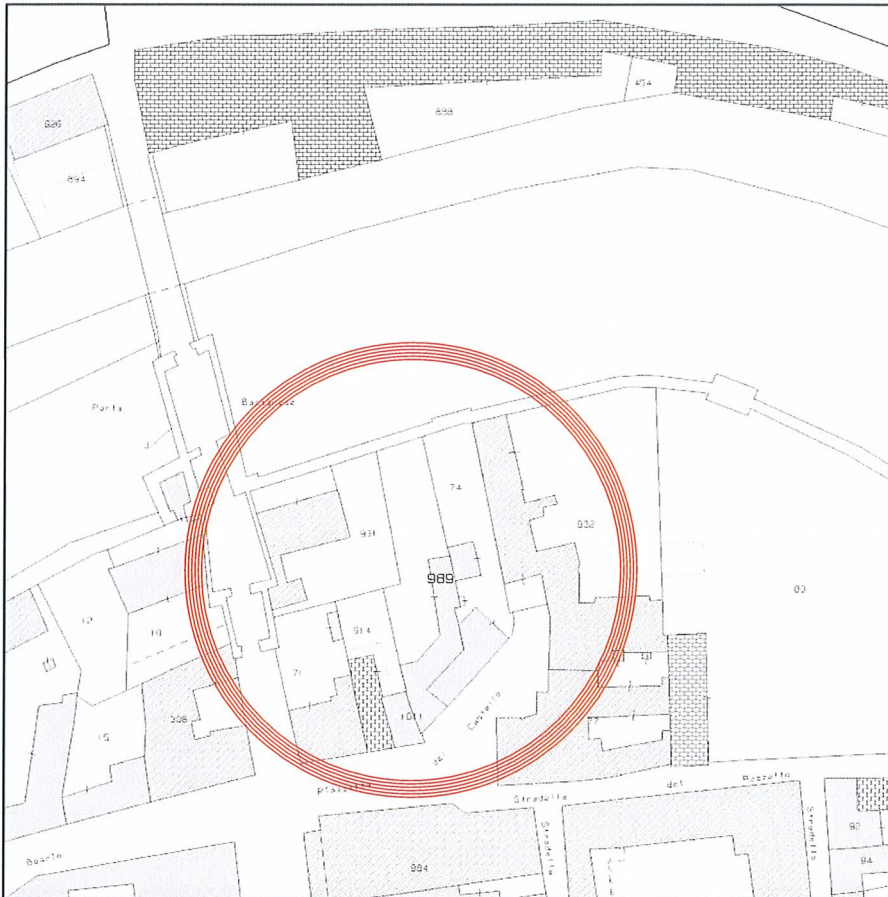


DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

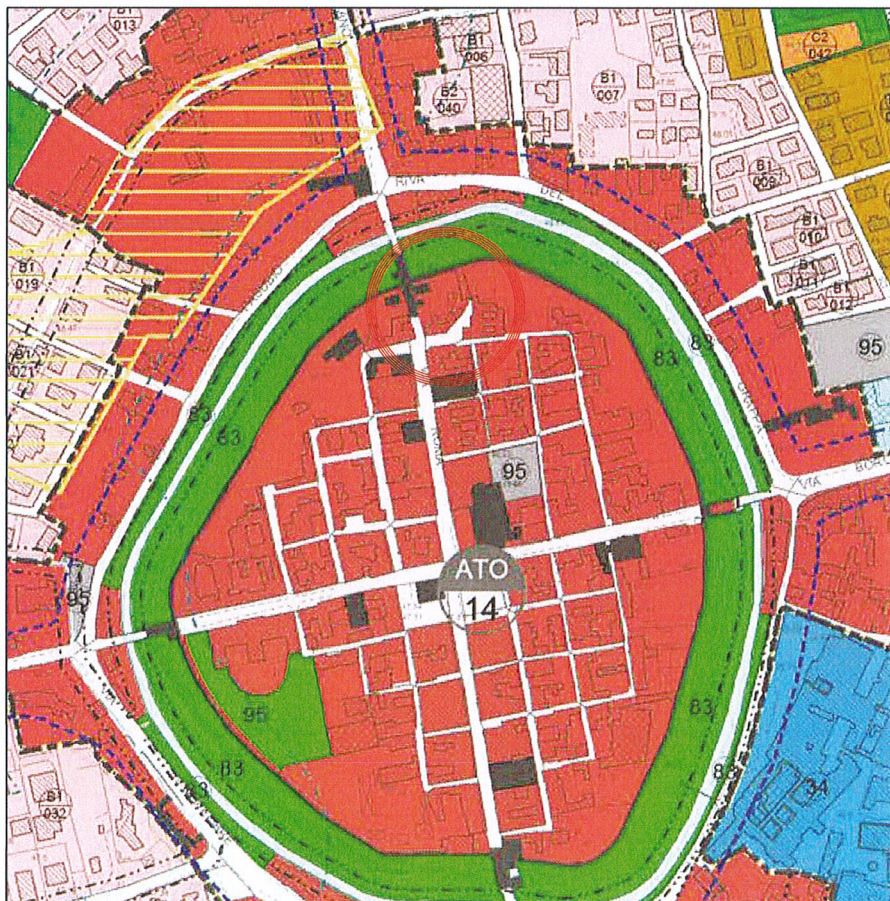
ESECUZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE



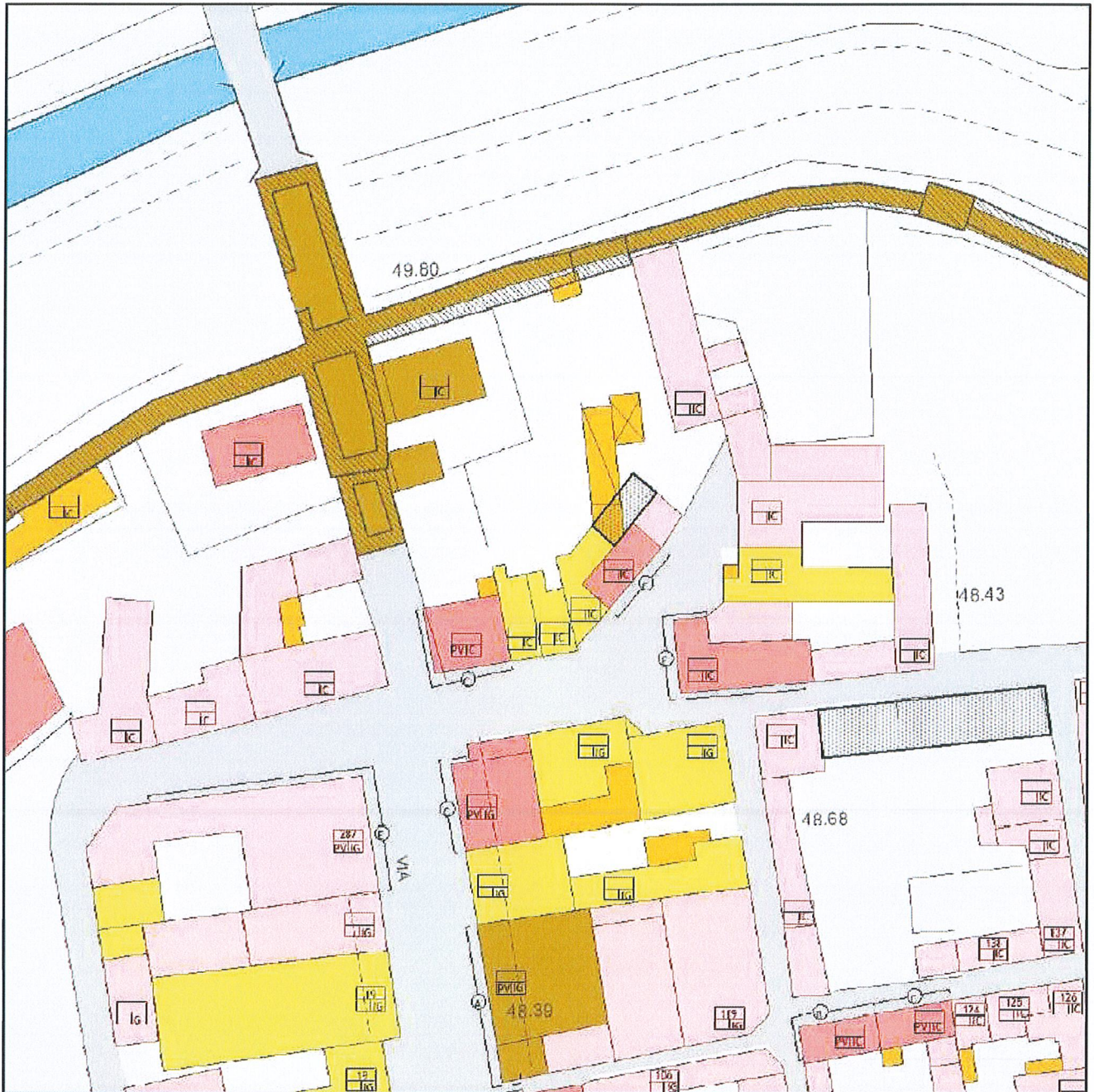




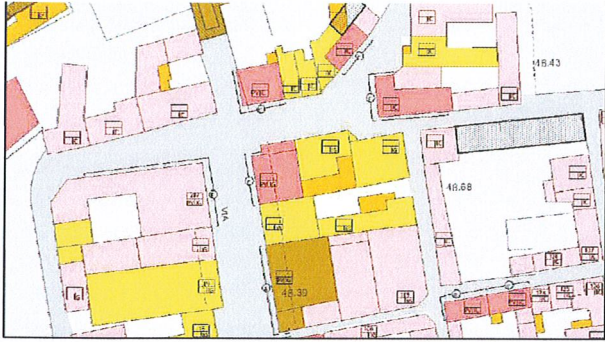
Comune di Cittadella
Estratto di Mappa Scala 1:1000
N.C.T. Fg. 33 Mapp. n. 74 - 989



Comune di Cittadella
Estratto Piano degli Interventi Scala 1:5000

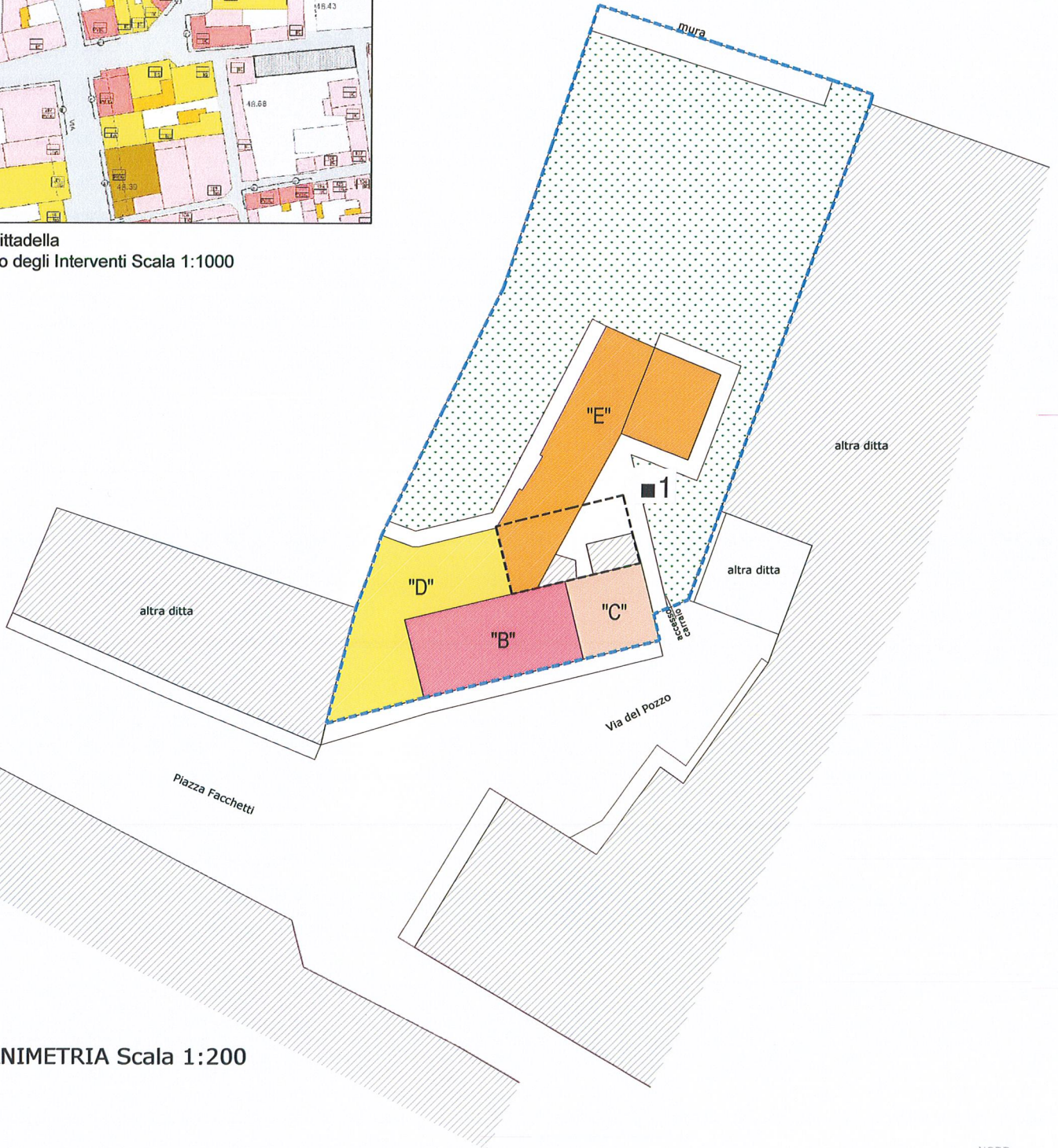


Comune di Cittadella
Estratto Piano degli Interventi Scala 1:1000



Comune di Cittadella
Estratto Piano degli Interventi Scala 1:1000

Individuazione nuovo volume



PLANIMETRIA Scala 1:200

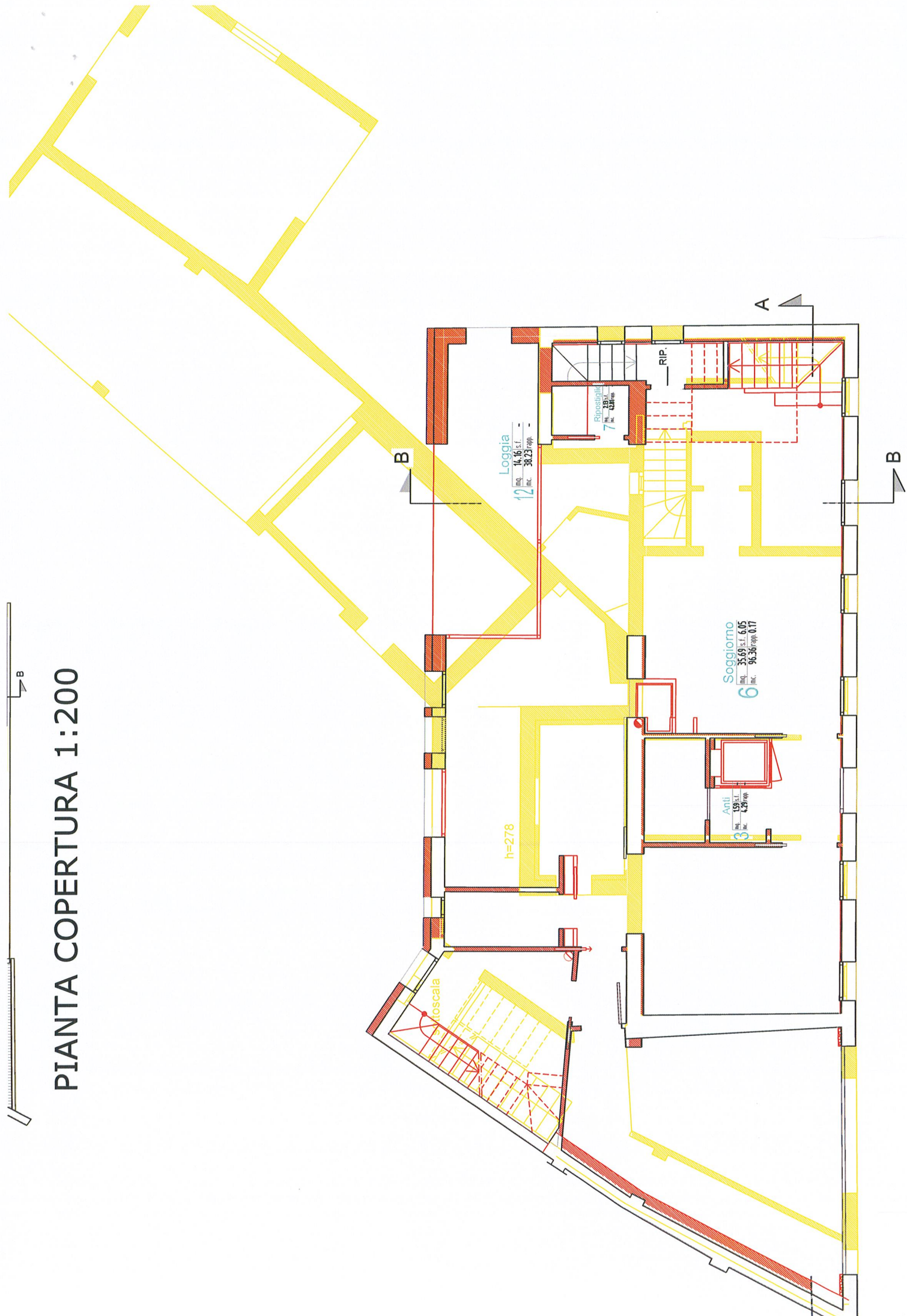
PROPRIETA' DIDONE' GIANPIETRO

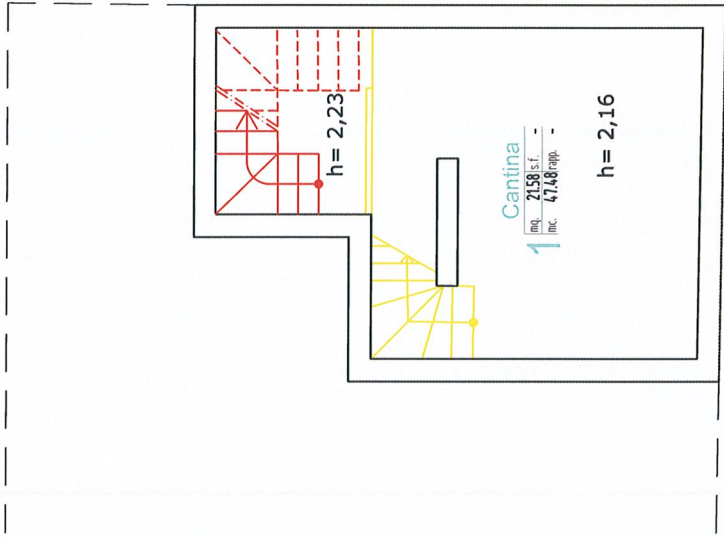


LEGENDA:

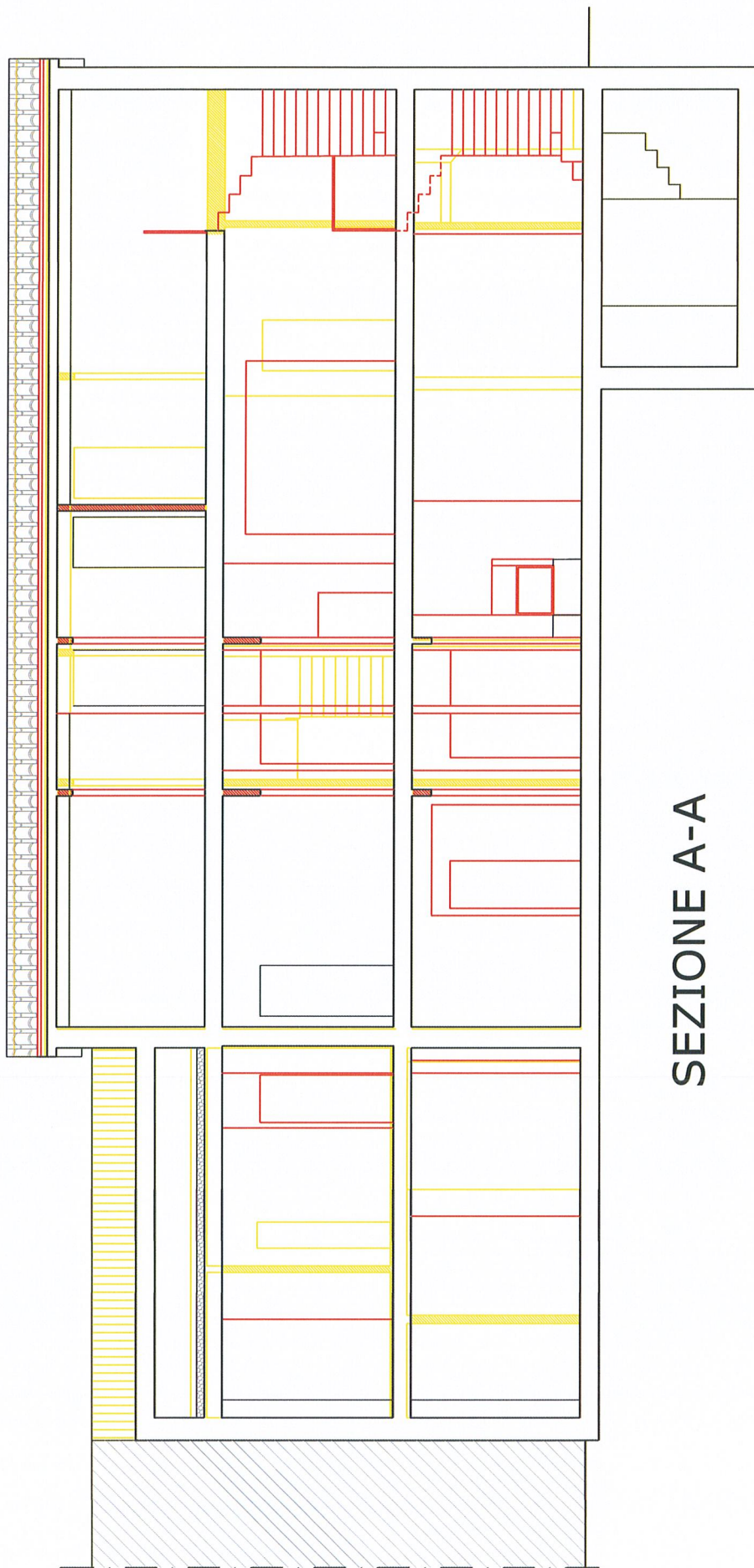
■ PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

PIANTA COPERTURA 1:200





PIANTA PIANO INTERRATO



SEZIONE A-A

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE

n°	1
riferimento	246-21
certificato n°	

Committente: DIDONE GIANPIETRO	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 18/12/2021
Cantiere: PIAZZA FACCHETTI	Pagina: 1	Data certificato: 18/12/2021
Località: CITTADELLA (PD)	Elaborato:	Preforo: m
		Falda:

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm ²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm ²
0.20	1	4		43.14					
0.40	1	4		43.14					
0.60	2	11		118.64					
0.80	2	8		86.28					
1.00	2	2		19.85					
1.20	2	2		19.85					
1.40	2	2		19.85					
1.60	3	2		19.85					
1.80	3	2		19.85					
2.00	3	2		18.38					
2.20	3	2		18.38					
2.40	3	3		27.56					
2.60	4	5		45.94					
2.80	4	4		36.75					
3.00	4	3		25.66					
3.20	4	1		8.55					
3.40	4	3		25.66					
3.60	5	3		25.66					
3.80	5	4		34.22					
4.00	5	4		32.01					
4.20	5	2		16.00					
4.40	5	6		48.01					
4.60	6	23		184.05					
4.80	6	26		208.05					
5.00	6	37		278.13					

H = profondità
L1 = prima lettura (colpi punta)
L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)

qcd = resistenza dinamica punta
Asta = numero di asta impiegata

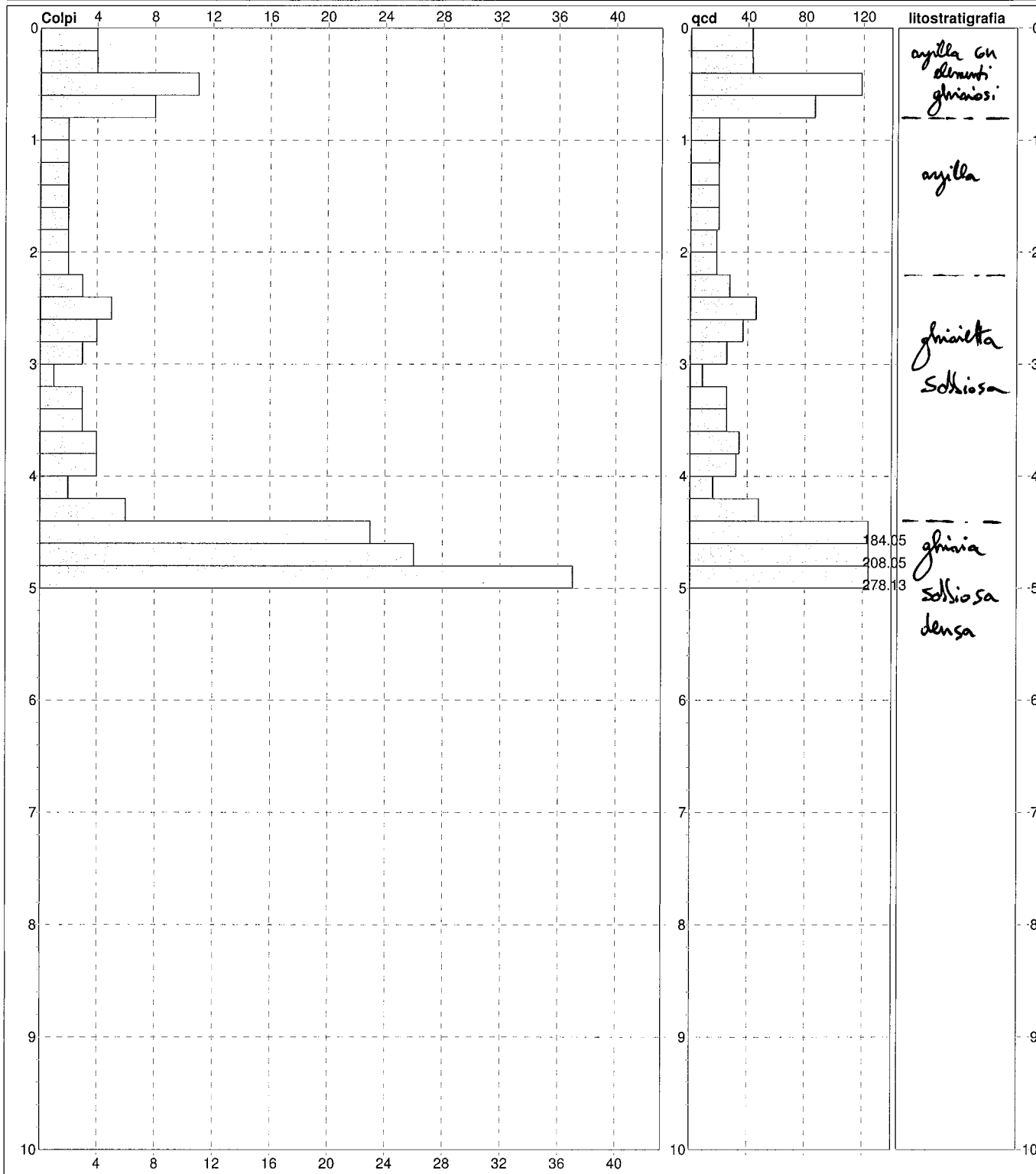
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA

n°	1
riferimento	246-21
certificato n°	

Committente: **DIDONE GIANPIETRO**
 Cantiere: **PIAZZA FACCHETTI**
 Località: **CITTADELLA (PD)**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: **1:50**
 Pagina: **1**
 Elaborato:

Data esec.: **18/12/2021**
 Data certificato: **18/12/2021**
 Preforo: m
 Falda:



Penetrometro: TG63-200D	Litologia: Personalizzata	Quota ass.:
Massa battente: 63.00 m	Responsabile:	Corr.astine: kg/ml
Altezza caduta: 0.75 m	Assistente:	Cod.ISTAT:
Avanzamento: 0.20 m		

FON026