



studio geologico tecnico

CITTÀ DI JESI
PROVINCIA DI ANCONA

**PIANO PARTICOLAREGGIATO
ESECUTIVO
DELL'AREA
“VIA APPENNINI ALTA”**

COMMITTENTE: COMUNE DI JESI

STUDIO GEOLOGICO TECNICO

Novembre 2005



Studio Geologico Tecnico Dott. R. Ricci - Dott. D. Stronati
Via Acquasanta, 46 60030 SAN MARCELLO (AN)
Tel. 0731 290041 / 290900 Fax 0731 290900
C.F. e P.IVA 01083980423
E-mail: ricci-stronati@libero.it

CITTÀ DI JESI
PROVINCIA DI ANCONA

PROGETTO DI VARIANTE
AL P.R.G. COMUNALE DELL'AREA
“VIA APPENNINI ALTA”

COMMITTENTE: COMUNE DI JESI



STUDIO GEOLOGICO TECNICO

1. PREMESSA

Il presente studio, commissionato dall'Amministrazione Comunale di Jesi, ha come scopo l'esecuzione di una indagine geologico tecnica per il progetto di variante al P.R.G. Comunale del comparto denominato "via Appennini Alta" nel Comune di Jesi (Tav. 1: corografia).

L'area è compresa tra via degli Appennini, via Paradiso, via Grotte e via Gola della Rossa.

Lo studio si è sviluppato attraverso le seguenti fasi:

- ricerca bibliografica e cartografica di lavori già eseguiti nell'area e nelle immediate vicinanze: a tale scopo sono state utilizzate le stratigrafie di n. 3 sondaggi indicati con le sigle S_A, S_B, S_C, la cui ubicazione è riportata nell'allegata planimetria (Tav. 2: ubicazione sondaggi e sezioni geologiche) ed i dati delle relative prove geotecniche effettuate sui campioni prelevati in detti sondaggi;
- rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio dell'area e di un intorno significativo;
- indagine geognostica con esecuzione di n. 7 sondaggi meccanici a rotazione semplice (Tav. 2: ubicazione sondaggi e sezioni geologiche); durante l'esecuzione dei sondaggi sono state eseguite misure speditive della resistenza dei terreni tramite Pocket Penetrometer e Vane Test;
- esecuzione di una indagine sismica a rifrazione per la caratterizzazione litostratigrafica del sottosuolo, la ricerca di particolari situazione geostutturali del substrato e per la determinazione del parametro V_{s30} e della risposta sismica locale, in accordo con la O.P.C.M. 3274/03 e successive modifiche e con l'Eurocodice 8.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

2.1. LINEAMENTI DI GEOLOGIA

La zona oggetto dello studio è ubicata nella parte mediana della pianura del F. Esino, in sinistra idrografica, nel settore occidentale dell'abitato di Jesi.

Il bacino del F. Esino considerato è situato nel margine esterno della dorsale ad orientamento antiappenninico M. Maggio-Cingoli, la quale suddivide l'area umbro-marchigiana in due blocchi: a nord e a sud si ha una diversificazione dei principali assi strutturali appenninici.

I caratteri strutturali del bacino sono quelli tipici dell'Appennino Umbro-Marchigiano, derivanti da una tettonica di scollamento a falde sovrascorse. Il bacino insiste principalmente sul dominio strutturale esterno (CALAMITA et al., 1990) e marginalmente, nella parte montana, nel dominio intermedio, dove ha origine il F. Esino.

La pianura alluvionale è presente esclusivamente nella zona del dominio esterno, compreso tra la dorsale marchigiana e la costa. Tale porzione del bacino è caratterizzata dalle unità pelitiche, pelitico-arenacee ed arenaceo-pelitiche Plioceniche e Plio-Pleistoceniche.

I depositi della pianura alluvionale del fiume Esino poggiano sulla sequenza Plio-Pleistocenica che caratterizza essenzialmente il bacino marchigiano esterno. Tale sequenza è costituita principalmente da argille e argille marnose con intercalate a vari livelli sabbie debolmente cementate.

Le unità della copertura sono invece costituite dai seguenti depositi:

- depositi terrazzati della pianura alluvionale del F. Esino, costituiti da corpi lenticolari ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi e da lenti variamente estese di orizzonti fini limo-sabbiosi e limo-argillosi.

COLTORTI e DRAMIS (1987) attribuiscono la formazione dei terrazzi alluvionali ubicati a quote progressive sul talweg attuale, alle principali fasi fredde del Pleistocene medio-superiore, causa dell'arrivo di enormi quantità di detriti dai versanti collinari. I processi di versante infatti durante i periodi freddi del Pleistocene sono contraddistinti da una notevole produzione di depositi detritici stratificati. Durante gli interglaciali, in condizioni di biostasia, il reticolo di drenaggio si approfondisce. La pianura alluvionale attuale è formata dai depositi del terrazzo di IV° ordine. I terrazzi del I° e II° ordine sono presenti in lembi isolati nella parte alta e media della pianura, mentre il terrazzo di III° ordine presenta una discreta estensione nella parte intermedia della stessa;

- depositi eluvio-colluviali costituiti prevalentemente da materiali argillosi a luoghi sabbiosi; si tratta di sedimenti di spessore a volte rilevante, messi in posto da fenomeni di ruscellamento diffuso o da movimenti di massa. Ricoprono diffusamente i versanti collinari e quelli prossimi ai fondi vallivi;
- depositi alluvionali e colluviali attuali costituiti prevalentemente da argille sabbiose e da limi argillosi e sabbiosi. Sono presenti nei fondovalle degli affluenti del F. Esino e la loro presenza è dovuta all'erosione, al trasporto e alla sedimentazione da parte degli stessi corsi d'acqua, delle particelle sabbiose ed argillose del substrato Plio-Pleistocenico.

2.2. CARATTERI GEOLITOLOGICI E STRATIGRAFICI DELL'AREA

I depositi geologici individuati nell'area possono essere suddivisi in tre gruppi principali (Tav. 8: sezioni geologiche):

Unità 1: copertura alluvionale

Unità 2: coltre eluviale

Unità 3: substrato Plio-Pleistocenico

Unità 1: il deposito alluvionale è costituito da un orizzonte essenzialmente limo-argilloso e argilloso-sabbioso a granulometria fine e finissima; in alcuni sondaggi sono state individuate, a vari livelli, lenti di ghiaia di modesto spessore intercalate nella sequenza limo-argillosa.

Il litotipo limo-argilloso-sabbioso si presenta poco consistente e nel complesso dotato di non elevati valori di resistenza geomeccanica.

Le lenti ghiaiose sono costituite da ghiaia media e medio-fine con una elevata percentuale di matrice limo-argillosa e limo-sabbiosa.

Unità 2: la coltre eluviale rappresenta l'orizzonte fortemente alterato dall'azione degli agenti atmosferici della formazione in posto; di quest'ultima mantiene la natura litologica ma non la stratificazione né le caratteristiche di consistenza.

Unità 3: la formazione Plio-Pleistocenica costituisce il substrato resistente ed impermeabile che funge da basamento per il deposito alluvionale.

Si tratta di un complesso prevalentemente argilloso-marnoso, stratificato per la presenza di sottili spalmature siltose-sabbiose.

Le osservazioni di superficie ed i sondaggi geognostici hanno permesso di verificare che, sotto la copertura alluvionale, il substrato subisce un repentino approfondimento, passando da una profondità di circa 2.00÷2.50 m. dall'attuale piano campagna, in prossimità della cresta del colle denominato "Il Paradiso", a profondità maggiori di 20.00 m. dal p.c. nel settore limitrofo a via degli Appennini e verso il fosso Piccità (Tav. 7: carta dell'andamento del substrato).

3. GEOMORFOLOGIA DELL'AREA

L'area studiata si estende su di un pianoro che rappresenta un antico terrazzo alluvionale (I° ordine), posto al piede del colle denominato "Il Paradiso", che separa i bacini del fosso di Tabano e del fosso Piccità, tributari di sinistra idrografica del fiume Esino (Tav. 4: stralcio carta geomorfologica del P.R.G.).

La zona si presenta quasi del tutto pianeggiante ed anche il pendio di raccordo con l'area di dorsale ha una pendenza massima di 5°-6°.

La stabilità generale dell'area è assicurata dalla modesta pendenza della superficie topografica e dall'assenza di dissesti gravitativi sia antichi che recenti (come evidenziato anche nella Tav. 4 "Stralcio carta geomorfologica P.R.G." e nella Tav. 5 "Stralcio Tav. RI30 P.A.I. - Piano Assetto Idrogeologico").

Particolare attenzione andrà comunque posta nelle parti dell'area caratterizzate dalla presenza di notevoli spessori della coltre di copertura alluvionale, con l'adozione di opportune soluzioni progettuali, per la cui descrizione si rimanda al paragrafo conclusivo.

La zona non è attraversata da nessun corso d'acqua, neppure temporaneo ed anche la circolazione idrica sotterranea risulta molto limitata.

4. IDROGEOLOGIA DEL SITO

Le caratteristiche idrogeologiche dell'area sono direttamente influenzate dai litotipi presenti e dai loro rapporti stratigrafici.

Durante l'esecuzione dei sondaggi realizzati per la presente indagine, la cui perforazione è stata effettuata "a secco", cioè senza l'utilizzo dell'acqua di circolazione, non è stata mai individuata la presenza di livelli acquiferi, né di percolazioni d'acqua, fatto questo confermato dalla completa assenza nella zona di pozzi di attingimento.

In occasione di precedenti indagini eseguite in zone limitrofe, in particolare a valle di via Appennini e di via Paradiso, sono state riscontrate modeste falde idriche, a profondità maggiori di 20.00 m dal p.c., al passaggio tra il deposito alluvionale ed il substrato argilloso.

5. SISMICITÀ

Dal punto di vista sismico, l'area in esame è classificata dalla nuova normativa sismica adottata con Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003 come zona 2 (ex zona a rischio sismico di II^a categoria; $S = 9$).

5.1. INDAGINE SISMICA - VALUTAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

5.1.1. PREMESSE E SCOPI DELLO STUDIO

Nell'ambito delle indagini geologico-tecniche eseguite per il progetto di variante al P.R.G. comunale dell'area "via Appennini Alta" nel Comune di Jesi, si è ritenuto opportuno eseguire una serie di indagini geofisiche, finalizzate ad una parametrizzazione dinamica dei litotipi presenti, in linea con quanto previsto dalla O.P.C.M. 3274/03, dal nuovo T.U. in materia di Lavori Pubblici e dall'EC8.

Successivamente a tale parametrizzazione si è proceduto ad una verifica della Risposta Sismica Locale (RSL) attraverso l'applicazione della sopracitata Ordinanza e del T.U. e mediante modellazioni numeriche monodimensionali con codice di calcolo Pro-Shake.

Qui di seguito vengono illustrate le modalità di indagine utilizzate per la caratterizzazione dinamica dei terreni, le elaborazioni eseguite, i risultati ottenuti.

5.1.2. LA CARATTERIZZAZIONE DINAMICA DEI TERRENI: GENERALITÀ E TECNICHE

La parametrizzazione dinamica dei terreni costituisce, com'è noto, un aspetto fondamentale non solo nell'ambito degli studi per la risposta sismica locale, ma anche in molti problemi geologico-tecnici. Più in particolare, la misura della velocità delle onde di taglio (V_s), consente la determinazione di un'importante caratteristica meccanica del terreno: la c.d. rigidità iniziale (G_0 o G_{max}), in altre parole la rigidità a livelli di deformazione molto bassi.

La recente ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003, relativa alla nuova normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica, e recepitata, per quanto attiene la c.d. classificazione sismica dei terreni anche nel nuovo T.U. in materia di Lavori Pubblici, tra i numerosi aspetti innovativi, prevede, per quanto riguarda l'aspetto legato all'amplificazione dei terreni in relazione all'azione sismica, la caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo, definendo cinque differenti tipologie di suoli da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m di terreno (V_{s30}).

Alla luce anche di questo nuovo quadro normativo, le metodologie geofisiche, se opportunamente e correttamente applicate, possono rappresentare, come è noto, un valido strumento di caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce. Qui di seguito, dopo una sintetica introduzione dedicata alle principali caratteristiche delle onde sismiche ed alle problematiche connesse con il comportamento dei terreni e delle rocce alle piccole deformazioni, sono presentate alcune tra le tecniche geofisiche più comunemente utilizzate per la

parametrizzazione dinamica, illustrate brevemente nelle loro procedure operative, criticamente discussa l'applicabilità.

Come è noto, in un mezzo continuo, sottoposto a sollecitazioni dinamiche, si generano vibrazioni che si trasmettono sotto forma di onde elastiche. E' possibile individuare due tipi principali di tali onde (fig. 1):

- onde di corpo (P ed S);
- onde superficiali (onde di Rayleigh ed onde di Love).

Le onde P, conosciute anche come onde di compressione o longitudinali, corrispondono ad una deformazione elastica attraverso fasi di compressione e dilatazione. La direzione di oscillazione delle particelle del mezzo trasmettente coincide con quella di propagazione.

La velocità di propagazione delle onde P è data da:

$$V_P = \sqrt{\frac{k + 4\mu/3}{\rho}} \quad (2.1)$$

dove k è il modulo di bulk, μ il modulo di taglio (rigidità) e ρ la densità del mezzo trasmettente.

Le onde S, anche conosciute come onde di taglio o trasversali, determinano all'interno del mezzo attraversato, una direzione di oscillazione delle particelle ortogonale alla direzione di propagazione, con una velocità pari a:

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (2.2)$$

Poiché la rigidità di un fluido è nulla, le onde di taglio non possono essere trasmesse da tali mezzi. La velocità delle onde P è sempre maggiore, a parità di mezzo attraversato, rispetto alla velocità delle onde S.

La propagazione delle onde di corpo segue le leggi dell'ottica geometrica, quindi esse subiscono rifrazioni e riflessioni lungo interfacce tra mezzi differenti per proprietà fisico-meccaniche.

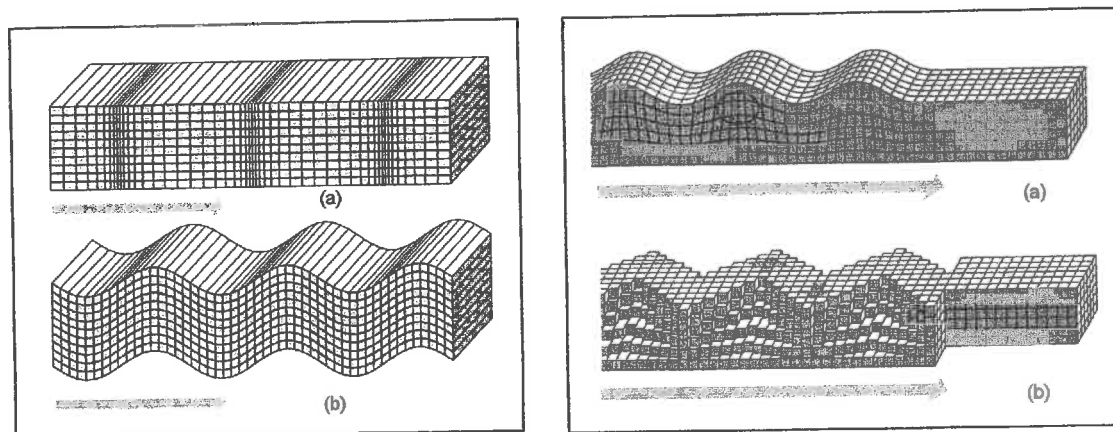


Fig. 1 – (a sinistra) movimento delle particelle in un'onda P (a) e in un'onda S (b); (a destra) movimento delle particelle in un'onda di Rayleigh (a) e in un'onda di Love (b).

Le onde in grado di propagarsi nei pressi di una superficie libera sono conosciute come *onde superficiali*. Le onde di Rayleigh causano un movimento ellittico retrogrado delle particelle del mezzo attraversato su un piano verticale comprendente la direzione di propagazione. Possono essere trasmesse sulla superficie di un semispazio uniforme o in un mezzo in cui la velocità cambia con la profondità. Le onde di Love si originano nelle formazioni stratificate e vibrano in un piano parallelo alla superficie libera perpendicolarmente alla direzione di propagazione, attenuandosi in profondità. Le onde superficiali hanno velocità di propagazione, a parità di condizioni del mezzo attraversato, minore rispetto alle onde di corpo e a differenza di queste ultime sono dispersive, cioè le loro differenti componenti a lunghezza d'onda diversa viaggiano con velocità differenti. Lo studio delle caratteristiche di dispersione delle onde superficiali può costituire metodo per la

determinazione della velocità di propagazione delle Vs e dell'attenuazione sismica nelle porzioni più superficiali della superficie terrestre.

Per quanto riguarda le principali proprietà dinamiche dei terreni, è opportuno premettere che la complessa natura e geometria dei meccanismi di generazione e propagazione di onde sismiche nel sottosuolo e l'altrettanto complessa risposta del terreno alle sollecitazioni dinamiche derivanti, sembrerebbero pregiudicare la trattabilità del problema della c.d. risposta sismica locale. Il problema va affrontato, quindi, operando una serie di necessarie riduzioni e semplificazioni, in termini sia di azioni sia di risposta del materiale. Tenuto conto che per sottosuoli naturali, a causa della rapidità delle azioni e del fatto che essi si trovano per gran parte sotto falda, ci si trova in condizioni di drenaggio impedito, il fenomeno sismico produce deformazioni volumetriche trascurabili, rispetto a quelle distorsionali. Per questo appare giustificato ricondurre la modellazione meccanica di un fenomeno sismico all'analisi degli effetti prodotti da un insieme di onde S, che si propagano dal substrato alla superficie, con un campo di spostamenti del terreno praticamente orizzontale. L'assunzione è oltretutto validata dal fatto che, da un punto di vista ingegneristico, il moto più significativo ai fini della verifica sismica dei manufatti è quello orizzontale.

Ciò premesso, e rimandando alla ricca letteratura esistente sull'argomento, vale qui la pena rimarcare come la fenomenologia di un evento sismico pur estremamente complessa richiede comunque l'analisi del comportamento meccanico del terreno in condizioni di taglio semplice, vale a dire in corrispondenza di un processo di carico che sottopone l'elemento di sottosuolo, a partire dalle condizioni geostatiche (σ'_{v0} , σ'_{h0}) ad una tensione tangenziale variabile nel tempo con legge

irregolare $\tau(t)$ (fig. 2). Il legame tensione-deformazione tangenziale si manifesta non lineare, non reversibile (con dissipazione d'energia meccanica) e fortemente dipendente dalla storia delle sollecitazioni applicate.

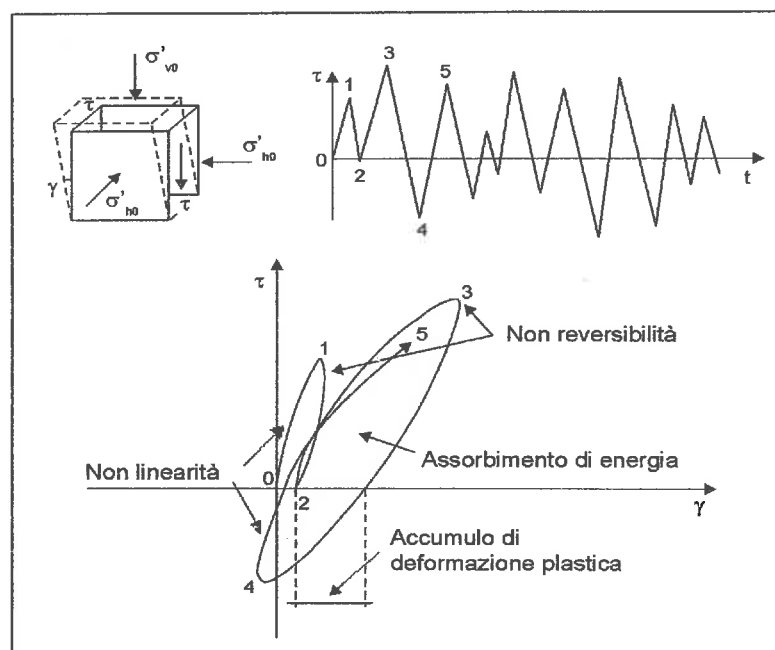


Fig. 2 - Comportamento di un elemento di terreno sottoposto ad una sollecitazione di taglio semplice variabile nel tempo con legge irregolare. Tratto da Lanzo & Silvestri (1999)

Per un singolo processo di carico-scarico-ricarico in termini di tensioni tangenziali il terreno mostra un comportamento efficacemente rappresentabile da una coppia di parametri:

- il modulo di rigidezza al taglio (G);
- il fattore di smorzamento D (*damping ratio*).

Questi parametri mostrano una variazione in base al livello di deformazione tangenziale γ impresso sull'elemento di terreno (fig. 3). Sono, infatti, individuabili tre campi di comportamento distinti ma contigui per piccole, medie e grandi deformazioni (fino a rottura).

In fig. 3 sono rappresentati gli andamenti qualitativi della non linearità tra tensioni e deformazioni tangenziali.

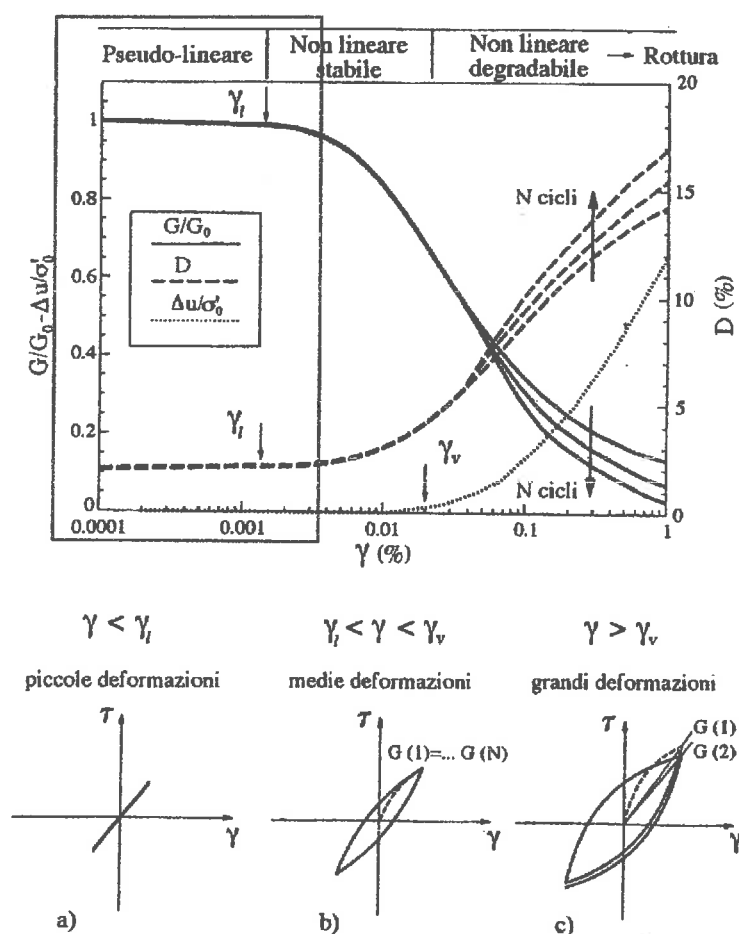


Fig. 3 - Livelli deformativi ed aspetti del comportamento meccanico del terreno in condizioni di taglio semplice ciclico (da Lanzo & Silvestri, 1999).

Come si può notare, il modulo di taglio G assume un valore iniziale massimo (G_0), che si mantiene pressoché costante fino ad un valore di soglia di linearità della deformazione esprimibile con γ_L . Tale comportamento si verifica in un range di deformazione compreso tra lo 0.0001% e lo 0.001% in base alle caratteristiche granulometriche e mineralogiche del terreno. Durante un ciclo completo (fig. 3a), il processo mostra un valore dell'energia dissipata molto basso (D tendente a 0), rispetto all'energia immessa. Il legame τ - γ è quindi rappresentabile con un modello lineare elastico o visco-elastico.

Le tecniche geofisiche basate su metodi sismici operano in tale range di deformazione e rappresentano, pertanto, un indispensabile strumento d'indagine per la caratterizzazione dinamica dei terreni per bassi livelli di deformazione.

Tenuto conto della sismicità di riferimento per il Comune di Jesi, non particolarmente elevata (2^a Cat.) e per la quale si ritiene, con buona probabilità, di confrontarsi con un campo di deformazione (indotto dalla possibile sollecitazione sismica) sostanzialmente basso, le tecniche geofisiche sono le uniche utilizzabili per la caratterizzazione dinamica dei terreni.

Tali metodiche di indagine, utilizzate, come si è detto, per la determinazione dei parametri relativi alla velocità delle onde di corpo e più in particolare della velocità delle onde di taglio (V_s), sono ascrivibili alle c.d. metodologie sismiche, basate cioè sulla propagazione di onde di corpo e/o superficiali generate da masse battenti.

Tali metodologie possono sinteticamente essere così distinte:

- Sismica a rifrazione con onde P ed SH
- Sismica a riflessione HR con onde P ed SH
- Sismica in foro (down-hole P-SH; VSP)
- Tecniche mediante onde di superficie (SASW – FK – EROS)

Queste tecniche, tra loro analoghe ma non sempre perfettamente equivalenti, presentano vantaggi e limiti ascrivibili sia ai principi teorici su cui si basano, sia alle condizioni geologiche s.l. in cui ci ritrova ad applicarle.

Nell'area oggetto di studio si è ritenuto, sulla base dei contesti geologici presenti, nonché per motivi logistici ed economici, di utilizzare il metodo sismico a rifrazione con utilizzo sia di onde P sia di onde SH.

Qui di seguito, ne vengono illustrate le principali modalità operative.

5.1.3. INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE

5.1.3.1. Generalità e modalità di acquisizione e interpretazione dei dati

Tale metodica di prospezione consiste, come è noto, nel generare un'onda sismica nel terreno attraverso una adeguata sorgente di energia (massa battente, esplosivo) e nel misurare il tempo impiegato da questa a compiere il percorso nel sottosuolo dal punto di energizzazione fino agli apparecchi di ricezione (geofoni) seguendo le leggi di rifrazione dell'ottica, cioè rifrangendosi sulle superfici di separazione tra due mezzi sovrapposti e caratterizzati da valori di densità (e del modulo elastico) crescenti con l'aumentare della profondità.

L'apparecchiatura necessaria per tali prospezioni è costituita da una serie di geofoni che sono spazati lungo un determinato allineamento (base sismica) e da un sistema di registrazione che consente di determinare l'istante di inizio della perturbazione elastica ed i tempi di arrivo delle onde dirette e/o rifratte a ciascun geofono. Se in un sistema di assi cartesiani si riportano i tempi di arrivo delle onde sismiche in funzione della loro distanza dal punto di scoppio, si ottiene una famiglia di curve tempi-distanze che dipendono dalle caratteristiche geologiche locali. Tali curve vengono dette "dromocrone". Attraverso metodi analitici si ricavano quindi le velocità delle onde elastiche longitudinali (V_p) e di taglio (V_s) dei mezzi attraversati ed il loro spessore.

Il metodo sismico a rifrazione, pur consentendo una discreta caratterizzazione del sottosuolo, è tuttavia soggetto alle seguenti principali limitazioni:

- un livello potrà essere evidenziato soltanto se la velocità di trasmissione delle onde longitudinali in esso risulterà superiore a quella dei livelli soprastanti (effetto della inversione di velocità);
- un livello di spessore limitato rispetto al passo dei geofoni e alla sua profondità può non risultare rilevabile;
- un livello di velocità intermedia compreso tra uno strato sovrastante a velocità minore ed uno sottostante a velocità sensibilmente maggiore può non risultare rilevabile perché mascherato dagli "arrivi" dallo strato sottostante (effetto dello strato nascosto).

Nell'area interessata dall'urbanizzazione è stata eseguita una base sismica a rifrazione di 120 metri di lunghezza. In fig. 4 ne è riportata l'ubicazione.

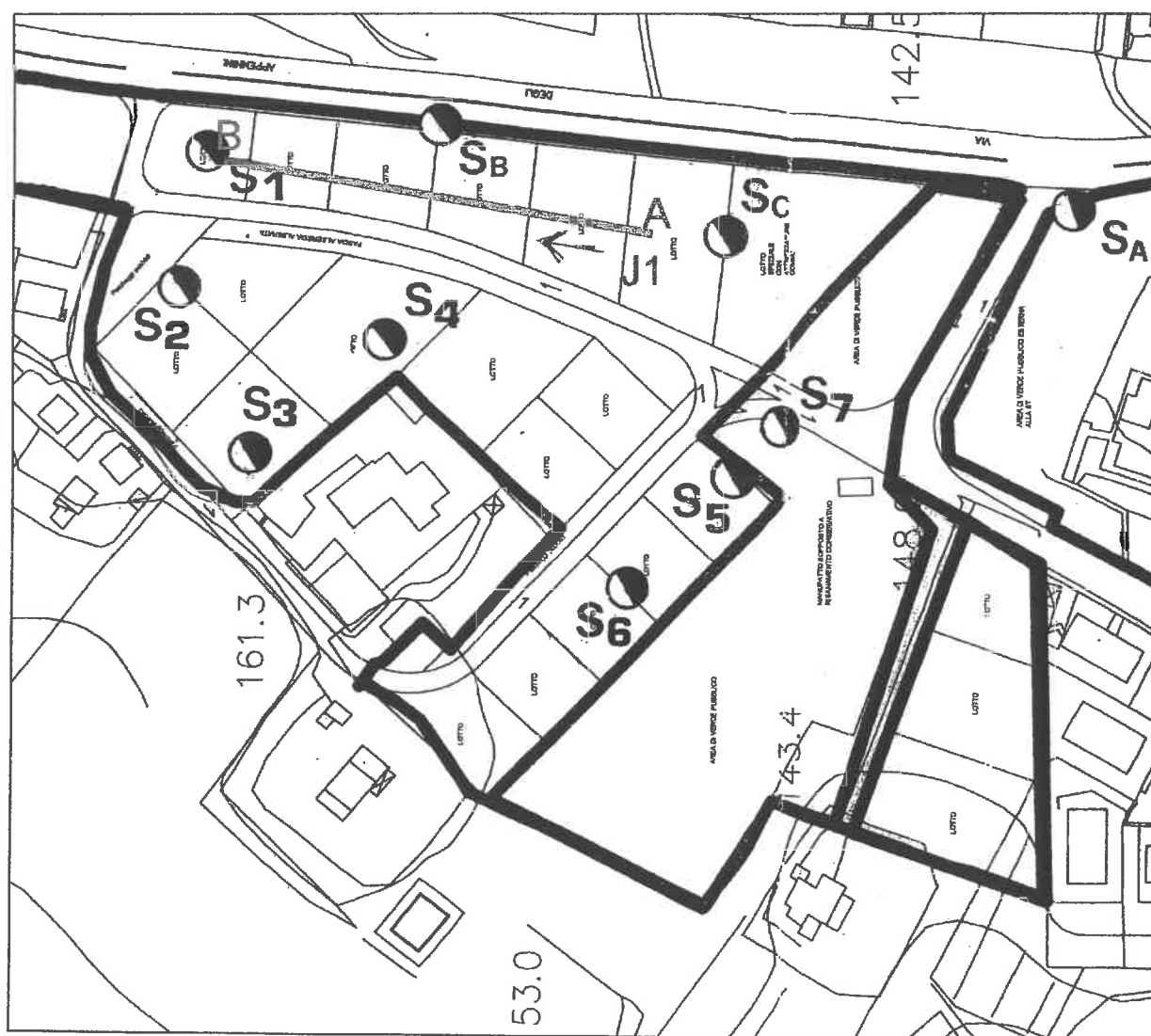


Fig. n. 4 – Ubicazione linea sismica (SCALA 1: 2000)

Per l'acquisizione è stato utilizzato un sismografo EG&G Geometrics Strataview, 24 geofoni verticali per la registrazione delle onde P e 24 geofoni orizzontali per le onde SH; la geometria di acquisizione utilizzata ha previsto una spaziatura intergeofonica di 5 metri e 5 punti di energizzazione secondo lo schema sotto riportato (Fig. 5); un sesto punto di energizzazione è stato ubicato esternamente al punto A, a ca. 60 metri da esso.

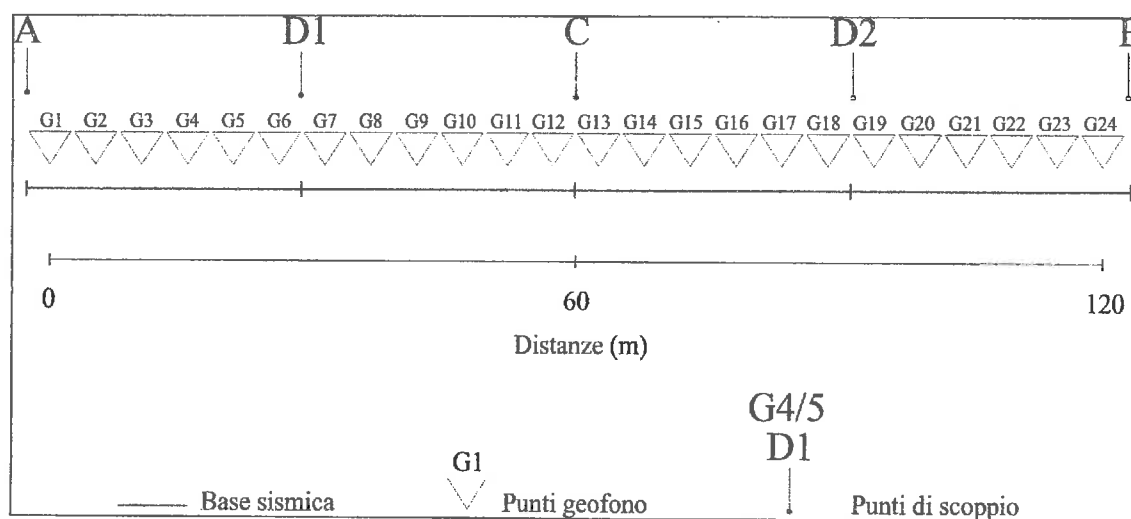


Fig. 5 – geometria di acquisizione base sismica

Per l'energizzazione in onde di compressione P è stato utilizzato un energizzatore tipo minibang; per le onde di taglio SH, è stata utilizzata una massa battente oscillante.

L'interpretazione delle basi sismiche è stata effettuata preliminarmente con il metodo dei tempi intercetti, in modo da definire, in prima approssimazione, le velocità dei mezzi e le profondità sotto i punti di scoppio; successivamente è stato usato il metodo del delay-time per ottenere la profondità dei rifrattori sotto ogni singolo geofono.

5.1.3.2. Risultati

La sezione sismica ricostruita evidenzia tre sismostrati (Fig. 6).

A partire da p.c., il primo, ascrivibile al c.d. "areato", è rappresentato dalla porzione più superficiale del terreno; i valori di velocità sono variabili tra 280 e 375 m/sec per le onde P e 155 e 230 per le onde S.

Il secondo sismostrato, sismicamente definibile "subareato" ed ascrivibile ai litotipi limo-argillosi delle coltri eluvio-colluviali, presenta valori di V_p tra 1010 e 1375 m/sec e di V_s tra 230 e 280. Sulla base dei valori di V_p è possibile affermare che tali litotipi non sono in condizione di saturazione.

Il sismostrato di base, riconducibile ai litotipi del substrato argilloso-marnoso, mostra valori di V_p compresi tra 2150 e 2300 m/sec e di V_s tra 530 e 650 m/sec ca.

Le geometrie ricostruite confermano inoltre il rapido approfondimento del substrato procedendo da nord a sud come peraltro già evidenziato dalla campagna di sondaggi geognostici.

Non sono evidenziabili discontinuità di natura tettonica.

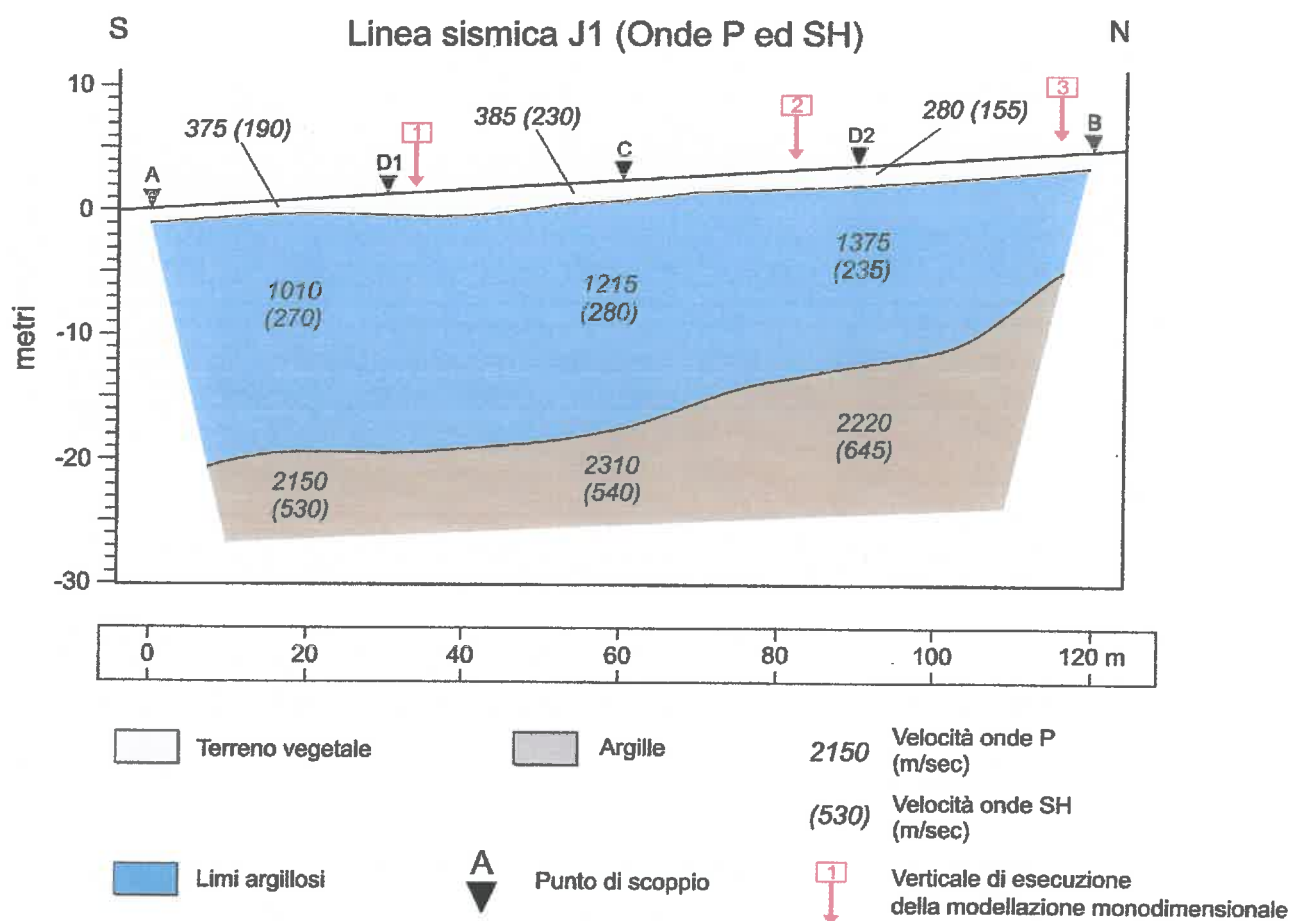


Fig. 6 – Sezione sismostratigrafica

5.1.4. MODELLAZIONE NUMERICA MONODIMENSIONALE

I parametri relativi alle caratteristiche geometriche e fisico-meccaniche in campo dinamico, acquisiti nella campagna di esplorazione multidisciplinare del sottosuolo, sono serviti per la definizione del modello geologico-tecnico del sottosuolo e sono stati utilizzati come dati di input per l'esecuzione di simulazioni numeriche dinamiche in campo monodimensionale, al fine di verificare l'attitudine del sito in esame all'attivazione di effetti locali e di valutarne l'entità.

Le simulazioni sono state effettuate attraverso il codice di calcolo ProShake 1.1 (Schnabel et alii, 1972; Idriss & Sun, 1992), che simula il terreno come mezzo elastico-equivalente (Tabella 1). Con tale approccio il comportamento dinamico dei terreni è caratterizzato dalla curva di decadimento del modulo di rigidezza al taglio G/G_0 e dalle curve di incremento di smorzamento ξ/ξ_0 (Tabella 2).

Numericamente le analisi monodimensionali implementano le funzioni di trasferimento alle interfacce tra due strati sovrapposti nell'ipotesi di propagazione monodimensionale delle onde di taglio S, in presenza di strati con giaciture pian parallele ed in condizioni di simmetria radiale.

| CODICE DI CALCOLO | GEOMETRIA E CONDIZIONI AL CONTORNO | LEGAME COSTITUTIVO | METODO DI ANALISI | FONTE |
|-------------------|------------------------------------|---|----------------------------------|--|
| PROSHAKE 1.1 | 1-D frontiera e base elastica | Monofase lineare equivalente Visco-elastico | Continuo Dominio frequenze | Berkley-Davis <i>Schnabel et al. (1972)</i> <i>Idriss & Sun (1992)</i> |

Tabella 1 – Caratteristiche del codice di calcolo ProShake 1.1 per l'analisi monodimensionale della risposta sismica locale

| LITOTIPO | DEFORMAZIONE TANGENZIALE (γ %) | | | | | |
|-----------------------------|--|--------|-------|------|------|------|
| | | 0.0001 | 0.001 | 0.01 | 0.1 | 1 |
| TERRENO VEGETALE | G/G_0 | 0.98 | 0.95 | 0.78 | 0.38 | 0.06 |
| | ξ % | 0.5 | 1.5 | 3.9 | 10.8 | 17 |
| LIMI ARGILLOSI | G/G_0 | 1 | 1 | 0.87 | 0.4 | 0.07 |
| | ξ % | 2.5 | 2.5 | 4.5 | 9 | 20.3 |
| ARGILLE PLIO-PLEISTOCENICHE | G/G_0 | 1 | 1 | 0.94 | 0.66 | 0.24 |
| | ξ % | 0.24 | 0.8 | 2.8 | 9.8 | 21 |

Tabella 2 – Valori del damping (ξ) e del modulo di taglio normalizzato (G/G_0) in funzione della deformazione, utilizzati come parametri di input nelle modellazioni dinamiche

Per tutte le analisi effettuate è stato impiegato, come input sismico, un accelerogramma (Fig. 7) registrato durante la crisi sismica che interessò l'area umbro-marchigiana nel 1997 e i cui parametri principali sono riportati in Tabella 3.

L'accelerogramma di input è stato normalizzato in base al valore di PGA (Peak Ground Acceleration) indicato dal Servizio Sismico Nazionale, valore che, per il Comune di Jesi e per un tempo di ritorno di 475 anni, è pari a 0.13946g.

| | |
|-------------------------------|---------|
| N° of acceleration values | 3070 |
| Peak acceleration (g) | 0.13946 |
| Time step (sec) | 0.005 |
| Cutoff Frequency (Hz) | 20 |
| N° of Terms in Fourier Series | 4096 |

Tabella 3 – Parametri relativi al terremoto di input utilizzato nelle modellazioni numeriche

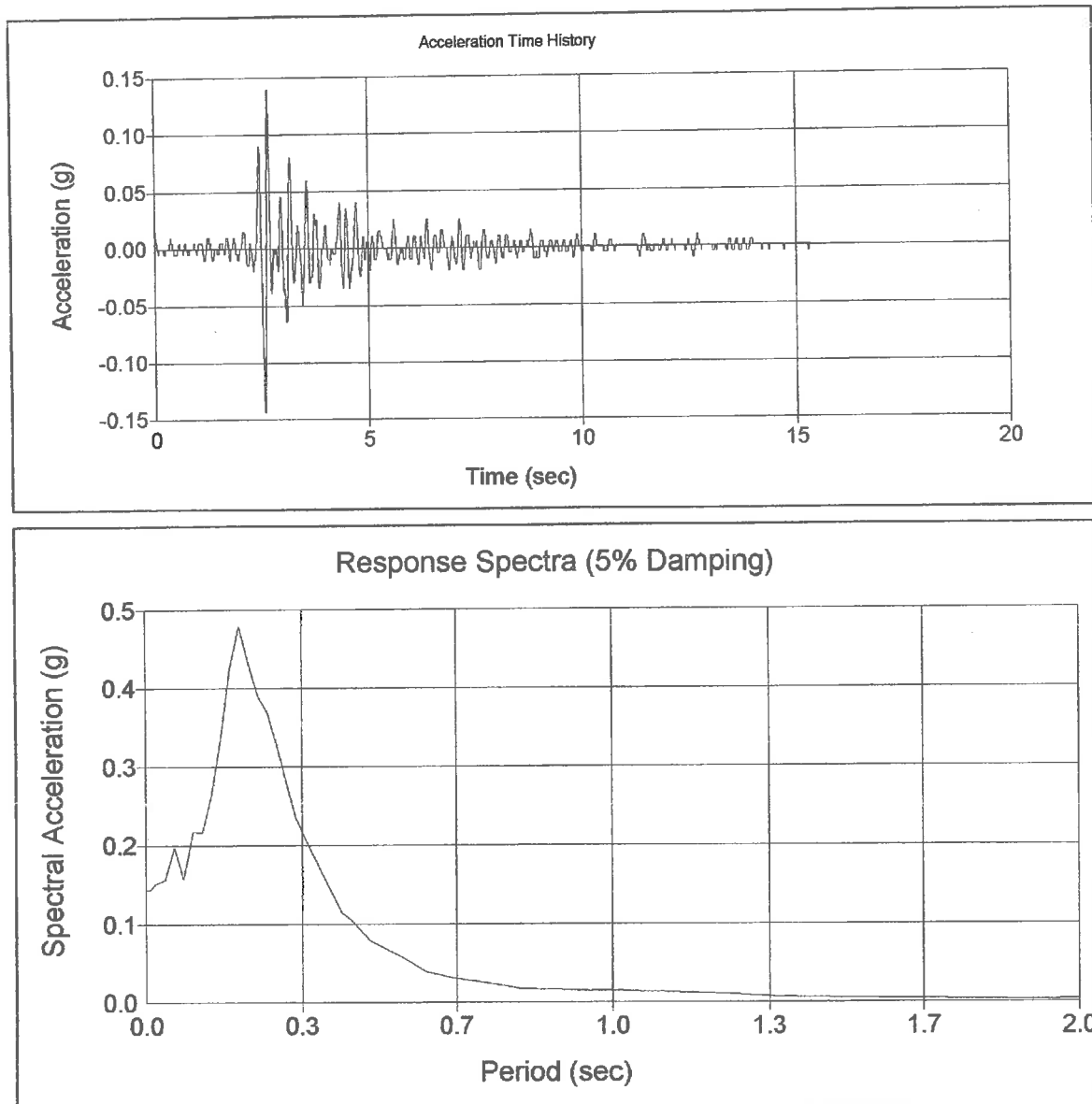


Figura 7 – Terremoto di input: a) accelerogramma, b) spettro di risposta

Per le modellazioni monodimensionali effettuate sono stati scelti 3 punti lungo la sezione sismica eseguita (ved. Fig. 6) e caratterizzati da differenti spessori delle unità sismostratigrafiche individuate e differenti valori di V_s (Tabella 4).

| PUNTI DI MISURA | STRATIGRAFIA | | |
|-----------------|--------------------------|---------------------------|--------------------|
| | T. VEGETALE | LIMI | ARGILLE |
| P1 | 1 (H=1.0, V_s =190) | 2 (H=19.0, V_s =270) | 3 (V_s =530) |
| | | | |
| P2 | T. VEGETALE | LIMI | ARGILLE |
| | 1 (H=1.0, V_s =155) | 2 (H=14.0, V_s =235) | 3 (V_s =645) |
| P3 | T. VEGETALE | LIMI | ARGILLE |
| | 1 (H=1.0, V_s =155) | 2 (H=4.0, V_s =235) | 3 (V_s =645) |

Tabella 4 – Spessori (H) espressi in metri e velocità delle onde di taglio (V_s) in metri al secondo dei sismostrati individuati dalle prospezioni effettuate nell'area ed utilizzati nell'input delle modellazioni dinamiche

Per gli stessi punti di misura, sulla base del valore di V_{s30} calcolato, è stata attribuita la categoria del suolo di fondazione (O.P.C.M. 3274/03 e Nuovo T.U.) (Tabella 5) a cui, come è noto, è ascrivibile uno specifico spettro di progetto.

| PUNTI DI MISURA | V _{S30} (m/sec) | CATEGORIE DI SUOLO DI FONDAZIONE |
|-----------------|-----------------------------|----------------------------------|
| P1 | 317 | C |
| P2 | 336 | C |
| P3 | 482 | B |

Tabella 5 – Valori di Vs30 e relative categorie di suolo di fondazione, come suggerito dalla ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 e dal nuovo T.U.), per ognuno dei 3 punti di misura delle modellazioni dinamiche monodimensionali

Nella Figura 8 sono rappresentati i risultati ottenuti.

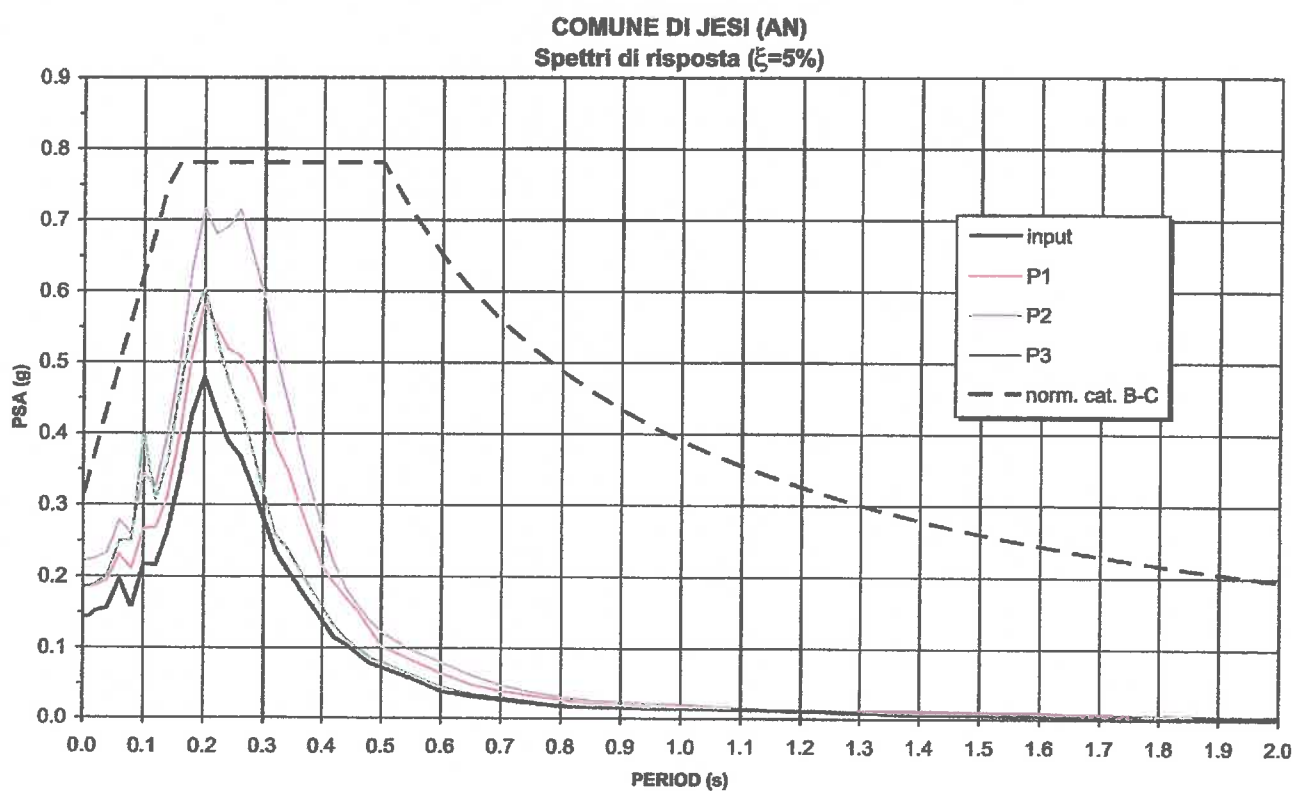


Fig. 8 – Spettri lineari di accelerazione in funzione delle componenti in periodi

Sono inoltre stati calcolati i Fattori d'amplificazione dal rapporto tra le intensità spettrali, su due intervalli differenti (0.1-0.5 sec e 0.1-2.5 sec) come suggerito dal modello di Housner (1956):

$$FA = \frac{\int_{0.1}^{0.5} PSV_{out}(T) dT}{\int_{0.1}^{0.5} PSV_{in}(T) dT} \quad 1)$$

$$FA = \frac{\int_{0.1}^{2.5} PSV_{out}(T) dT}{\int_{0.1}^{2.5} PSV_{in}(T) dT} \quad 2)$$

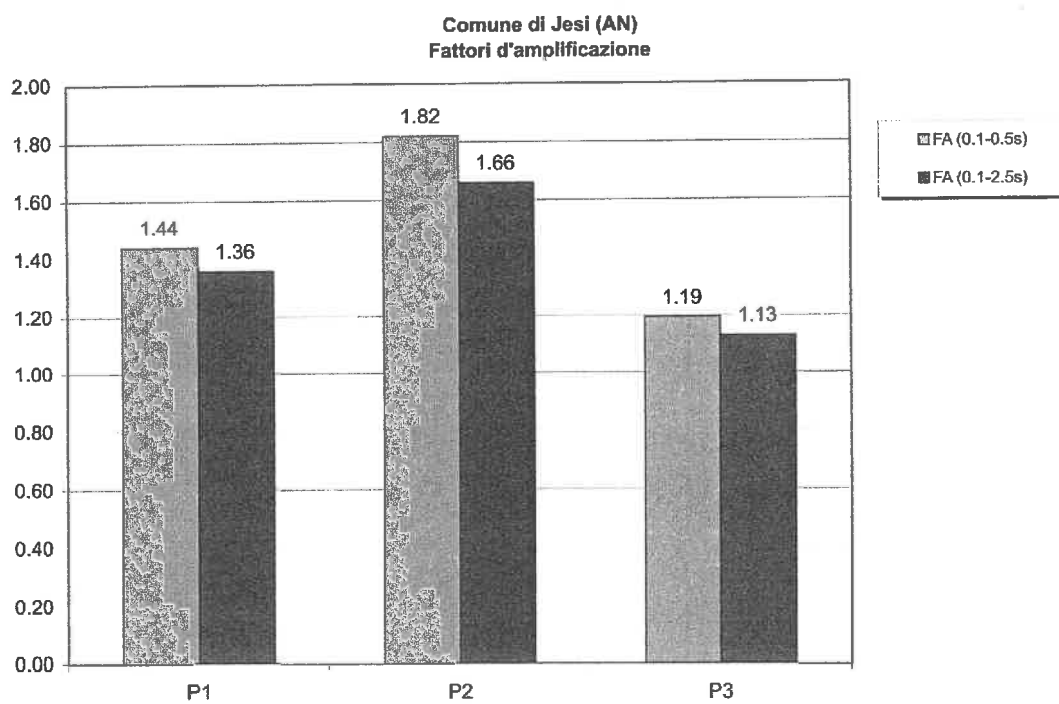


Fig. 9 – Fattori di amplificazione riferiti ai punti di misura

I valori desunti, come visibile nella Figura 9, sono compresi tra un minimo di 1.19 (stazione di misura P3) ed un massimo di 1.82 (stazione di misura P2) per l'intervallo tra 0.1-0.5 sec.

I valori nell'intervallo tra 0.1 e 2.5 sec sono inferiori (1.13-1.66) in relazione al fatto che la maggior parte dell'energia viene liberata in un intervallo ristretto, compreso tra 0.1-0.3 sec di periodo.

5.1.5. CONCLUSIONI

Sulla base delle indagini ed analisi condotte, per l'area oggetto di studio si può affermare quanto segue:

- le indagini geofisiche eseguite a mezzo di sismica a rifrazione hanno evidenziato la presenza di un substrato argilloso-marnoso la cui profondità dal p.c. aumenta con sufficiente regolarità procedendo dal sondaggio S₁ al sondaggio S_C;
- pur con i limiti propri di tale tecnica, basandosi sui valori di velocità delle onde P ed SH, si può ritenere che nell'area non siano presenti discontinuità tettoniche di rilievo;
- per quanto riguarda la valutazione della RSL (Risposta Sismica Locale) le modellazioni eseguite non evidenziano amplificazioni degne di rilievo e comunque i valori di intensità misurati non eccedono i massimi valori di PSA ammissibili previsti dallo spettro di progetto della normativa per le classi di terreno identificate (spettro di normativa B-C).

6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

6.1. INDAGINI IN SITU ED IN LABORATORIO

Per la caratterizzazione litologica e geotecnica dell'area sono stati analizzati i dati ottenuti mediante l'esecuzione della campagna geognostica realizzata nell'area di studio e consistita in n. 7 sondaggi geognostici, ubicati come da allegata planimetria (Tav 2: ubicazione sondaggi e sezioni geologiche).

Si è fatto inoltre riferimento a dati già in possesso dello Studio, relativi ad indagini precedentemente realizzate nell'area e in zone limitrofe su terreni aventi le stesse caratteristiche geotecniche ed espletate attraverso l'esecuzione di sondaggi geognostici, prove ed analisi geotecniche di laboratorio effettuate sui campioni litologicamente più rappresentativi.

6.2. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE

L'esecuzione dei sondaggi ha permesso di ricostruire i rapporti litostratigrafici. I depositi sono stati suddivisi in tre gruppi:

6.2.1. Unità 1: copertura alluvionale

Il deposito alluvionale è costituito da un orizzonte prevalentemente limo-argilloso e argilloso-sabbioso a granulometria fine e finissima; lenti di ghiaia di modesto spessore sono state individuate intercalate nella sequenza limo-argillosa.

Il litotipo limo-argilloso-sabbioso si presenta poco consistente e nel complesso dotato di non elevati valori di resistenza geomeccanica.

Le lenti ghiaiose sono costituite da ghiaia media e medio-fine con una elevata percentuale di matrice limo-argillosa e limo-sabbiosa.

6.2.2. Unità 2: coltre eluviale

La coltre eluviale rappresenta la parte alterata e disgregata dall'azione degli agenti atmosferici della formazione in posto argillosa. Nel complesso presenta comunque buoni valori dei parametri geomeccanici.

6.2.2.3. Unità 3: formazione Plio-Pleistocenica

Nel terzo gruppo è stato incluso il substrato Plio-Pleistocenica resistente ed impermeabile.

E' costituito da argille marnose di colore grigio-azzurro, sovraconsolidate, stratificate per la presenza di sottili spalmature siltoso-sabbiose.

6.3. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

6.3.1. Limo argilloso e argilloso-sabbioso

E' un litotipo caratterizzato a tratti da livelli più marcatamente argillosi e a tratti da livelli con un maggior contenuto di particelle sabbiose.

All'interno si possono ritrovare inglobati elementi organici puntiformi, resti organogeni, concrezioni e patine carbonatiche, piccolissime lenti sabbiose ed elementi sparsi di ghiaia.

I campioni sottoposti a prove di identificazione sono classificabili come argille inorganiche di bassa plasticità (classificazione USCS: CL; classificazione CNR-UNI 10006: A7-6 – A6).

Dove la percentuale sabbiosa è preponderante su quella argillosa si riscontra una sensibile diminuzione della plasticità.

Di seguito si riportano i principali parametri geomeccanici ottenuti sottoponendo a prove ed analisi di laboratorio i campioni prelevati nei sondaggi effettuati nell'area in occasione di precedenti indagini.

Si sottolinea che alcuni di questi valori, in particolare l'angolo di attrito e la coesione drenata, possono risultare sovrastimati a causa delle inevitabili semplificazioni che scaturiscono dalla diversa scala di prova (dimensioni molto piccole del provino) e dalle differenti condizioni al contorno (non si tratta comunque di una prova in situ) e quindi prudenzialmente da ridurre nel loro utilizzo nei metodi di calcolo per la stima della capacità portante e dei cedimenti dei terreni:

Limo argilloso:

| | |
|-----------------------------|------------------------------------|
| Contenuto naturale d'acqua | $W_n = 20 - 26 \%$ |
| Indice di plasticità | $IP = 11 - 25 \%$ |
| Indice di consistenza | $I_c = 0.8 - 1.0$ |
| Pocket Penetrometer | $q_u = 2.0 - 6.0 \text{ Kg/cm}^2$ |
| Coesione non drenata (V.T.) | $c_u = 0.8 - 2.0 \text{ Kg/cm}^2$ |
| Coesione non drenata E.L.L. | $C_u = 1.7 - 3.5 \text{ Kg/cm}^2$ |
| Coesione drenata | $c' = 0.15 - 0.20 \text{ Kg/cm}^2$ |
| Carico di rottura E.L.L. | $Q_u = 3.5 - 7.0 \text{ Kg/cm}^2$ |

| | |
|---------------------------|--|
| Modulo edometrico | $E_{ed} = 45 - 60 \text{ Kg/cm}^2$ |
| Angolo di attrito interno | $\varphi = 20^\circ - 25^\circ$ |
| Peso di volume | $\gamma = 1.85 - 1.95 \text{ gr/cm}^3$ |

Limo argilloso-sabbioso:

| | |
|-----------------------------|--|
| Contenuto naturale d'acqua | $W_n = 19 - 22 \%$ |
| Indice di plasticità | $IP = 14 - 20 \%$ |
| Indice di consistenza | $I_c = 0.9 - 1.0$ |
| Pocket Penetrometer | $q_u = 1.7 - 5.0 \text{ Kg/cm}^2$ |
| Coesione non drenata (V.T.) | $c_u = 0.4 - 1.5 \text{ Kg/cm}^2$ |
| Coesione non drenata E.L.L. | $C_u = 1.2 - 1.8 \text{ Kg/cm}^2$ |
| Coesione drenata | $c' = 0.05 - 0.15 \text{ Kg/cm}^2$ |
| Modulo edometrico | $E_{ed} = 40 - 80 \text{ Kg/cm}^2$ |
| Angolo di attrito interno | $\varphi = 23^\circ - 26^\circ$ |
| Peso di volume | $\gamma = 2.00 - 2.05 \text{ gr/cm}^3$ |

6.3.2. Ghiaia

Con questo termine è stato classificato il deposito alluvionale in cui la frazione granulometrica maggiore di 2.00 mm. è preponderante.

Il deposito ghiaioso è stato rinvenuto solamente in lenti di limitato spessore e pertanto l'importanza del litotipo ai fini geotecnici risulta poco determinante.

| | |
|------------------------------|--|
| Densità relativa | $D_r = 60 \%$ |
| Modulo di Elasticità | $E = 250 - 350 \text{ Kg/cm}^2$ |
| Coesione drenata | $c' = 0.00 \text{ Kg/cm}^2$ |
| Coefficiente di permeabilità | $K = 10^{-2} - 10^{-3} \text{ cm/sec}$ |
| Angolo di attrito interno | $\phi = 32^\circ - 38^\circ$ |
| Peso specifico apparente | $\gamma = 1.95 - 2.00 \text{ t/m}^3$ |

6.3.3. Formazione in posto Plio-Pleistocenica

E' costituita da argille marnose con intercalazioni siltoso-sabbiose che fungono da superfici di stratificazione.

Si presenta sovraconsolidata, poco compressibile, consistente e con elevati valori dei parametri geomeccanici.

| | |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| Contenuto naturale d'acqua | $W_n = 18 - 23 \%$ |
| Indice di plasticità | $IP = 15 - 20 \%$ |
| Indice di consistenza | $I_c = 1.2 - 1.8$ |
| Pocket Penetrometer | $qu = > 6.0 \text{ Kg/cm}^2$ |
| Coesione non drenata (V.T.) | $c_u = 3.0 - 3.5 \text{ Kg/cm}^2$ |
| Resistenza ad E.L.L. | $Qu = 6.0 - 7.0 \text{ Kg/cm}^2$ |
| Coesione drenata | $c' = 0.3 - 0.5 \text{ Kg/cm}^2$ |
| Modulo Edometrico | $E_{ed} = 80 - 120 \text{ Kg/cm}^2$ |

| | |
|------------------------------|--------------------------------------|
| Coefficiente di permeabilità | $K = 10^{-9} \text{ cm/sec}$ |
| Angolo di attrito interno | $\varphi = 24^\circ - 26^\circ$ |
| Peso specifico apparente | $\gamma = 2.00 - 2.15 \text{ t/m}^3$ |

7. CARTA DELLA ZONIZZAZIONE GEOTECNICA DELL'AREA

La morfologia regolare, a tratti sub-pianeggiante ed in parte a modesta acclività, l'assenza di attivi processi morfogenetici, l'intensa urbanizzazione delle zone circostanti, sono fattori che garantiscono la fattibilità geotecnica dei progetti. L'area inoltre non è attraversata da corsi d'acqua e non è interessata da falde acquifere superficiali ben organizzate.

L'indagine eseguita sul terreno nella zona denominata "Area via Appennini Alta" e l'analisi della banca dati dello Studio, hanno permesso di individuare e delimitare tre aree con diversa composizione litologica e differenti spessori dei materiali di copertura (Tav. 6: carta della zonizzazione geotecnica):

- una prima area è caratterizzata dalla presenza del substrato marino Plio-Pleistocenico sub-affiorante, costituito dai termini argillosi-marnosi con stratificazioni sabbiose, dotati di elevati valori dei parametri geomeccanici;
- una fascia intermedia, dove le coperture alluvionali limo-argillose presentano spessori minori di 10 metri dall'attuale piano campagna. E' stato scelto di evidenziare questa zona poiché il repentino approfondimento del substrato mette a contatto, in poco spazio, terreni a differente comportamento geotecnico. La copertura alluvionale, infatti, costituita da litotipi

prevalentemente limo-argillosi è caratterizzata da valori dei parametri geomeccanici nettamente differenti dal substrato, specialmente in condizioni di elevata umidità;

- l'ultima area delimitata rappresenta quella parte di lottizzazione dove le coperture alluvionali limo-argillose hanno spessori maggiori di 10 metri dal piano campagna, con evidenti ripercussioni sul comportamento geotecnico complessivo dei terreni sottoposti a sollecitazione di carico in relazione ad opere di fondazione.

L'elaborato fornisce pertanto una prima indicazione di massima sulle caratteristiche litotecniche dei terreni di fondazione, di immediata e facile consultazione da parte dei Progettisti delle varie infrastrutture che verranno realizzate nell'area.

8. CRITERI DI URBANIZZAZIONE E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Lo studio eseguito ha evidenziato caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche che garantiscono la fattibilità geologica e geotecnica del progetto di variante al P.R.G. comunale dell'area "Via Appennini Alta" nel Comune di Jesi.

Ogni progetto ha comunque una sua specificità in rapporto alle considerazioni stratigrafiche e geotecniche ed alle dimensioni dell'opera; pertanto la scelta del più idoneo tipo di fondazione andrà valutata sulla base di indagini geognostiche appositamente programmate in relazione ai progetti esecutivi adottati.

Nell'attuale fase progettuale si possono suggerire solamente indicazioni di carattere generale.

Nell'area dove il substrato è rinvenibile superficialmente si possono realizzare fondazioni dirette e continue, consigliando comunque di adottare una profondità minima di imposta di almeno 2.00 metri dal piano campagna, evitando così quello strato di terreno particolarmente alterato a causa delle variazioni climatiche stagionali.

Nella fascia intermedia, dove la copertura alluvionale presenta spessori minori di 10 metri possono essere realizzate sia fondazioni dirette (evitando però di appoggiare una stessa fondazione su due diverse tipologie di terreno), sia fondazioni profonde su pali trivellati, ben immorsati nel substrato argilloso-marnoso.

Nella terza area le problematiche sono essenzialmente di ordine geotecnico, legate principalmente ai cedimenti dei terreni di fondazione, in relazione alla presenza di elevati spessori della copertura alluvionale (dai 10 ai 20 metri dal p.c.). Per limitare l'entità dei cedimenti si dovrà realizzare una edificazione che non comporti eccessivi carichi sul terreno. Si consiglia il ricorso a sistemi di fondazioni dirette, molto rigide, con profondità di imposta di almeno 2.50-3.00 m. dall'attuale piano campagna.

Su tutta l'area di lottizzazione i movimenti terra, impegnando terreni prevalentemente argillosi, dovranno essere eseguiti in maniera tale da creare condizioni idrologiche e geotecniche di stabilità per i terreni di fondazione.

Lo smaltimento delle acque superficiali, infine, dovrà avvenire in condizioni di massima sicurezza, in modo da evitare che perdite di acqua vadano ad imbibire i terreni, peggiorandone le caratteristiche geomeccaniche. Particolare cura dovrà essere posta quindi nella progettazione del sistema di raccolta delle acque superficiali ed in quello delle condotte fognarie.



San Marcello, novembre 2005



Allegati:

- Tav. 1 Corografia con ubicazione area di studio scala 1: 10.000
- Tav. 2 Planimetria con ubicazione sondaggi geognostici e traccia sezioni geologiche
scala 1: 2.000
- Tav. 3 Stralcio carta geologica P.R.G. scala 1: 10.000
- Tav. 4 Stralcio carta geomorfologica P.R.G. scala 1: 10.000
- Tav. 5 Stralcio Tav. RI 30 P.A.I.
- Tav. 6 Carta della zonizzazione geotecnica dei terreni scala 1: 2.000
- Tav. 7 Carta dell'andamento del substrato scala 1: 2.000
- Tav. 8 Sezioni geologiche scala 1: 1.000
- n. 10 Stratigrafie sondaggi geognostici

TAV. 1

COROGRAFIA

CON UBICAZIONE AREA DI STUDIO

scala 1: 10.000

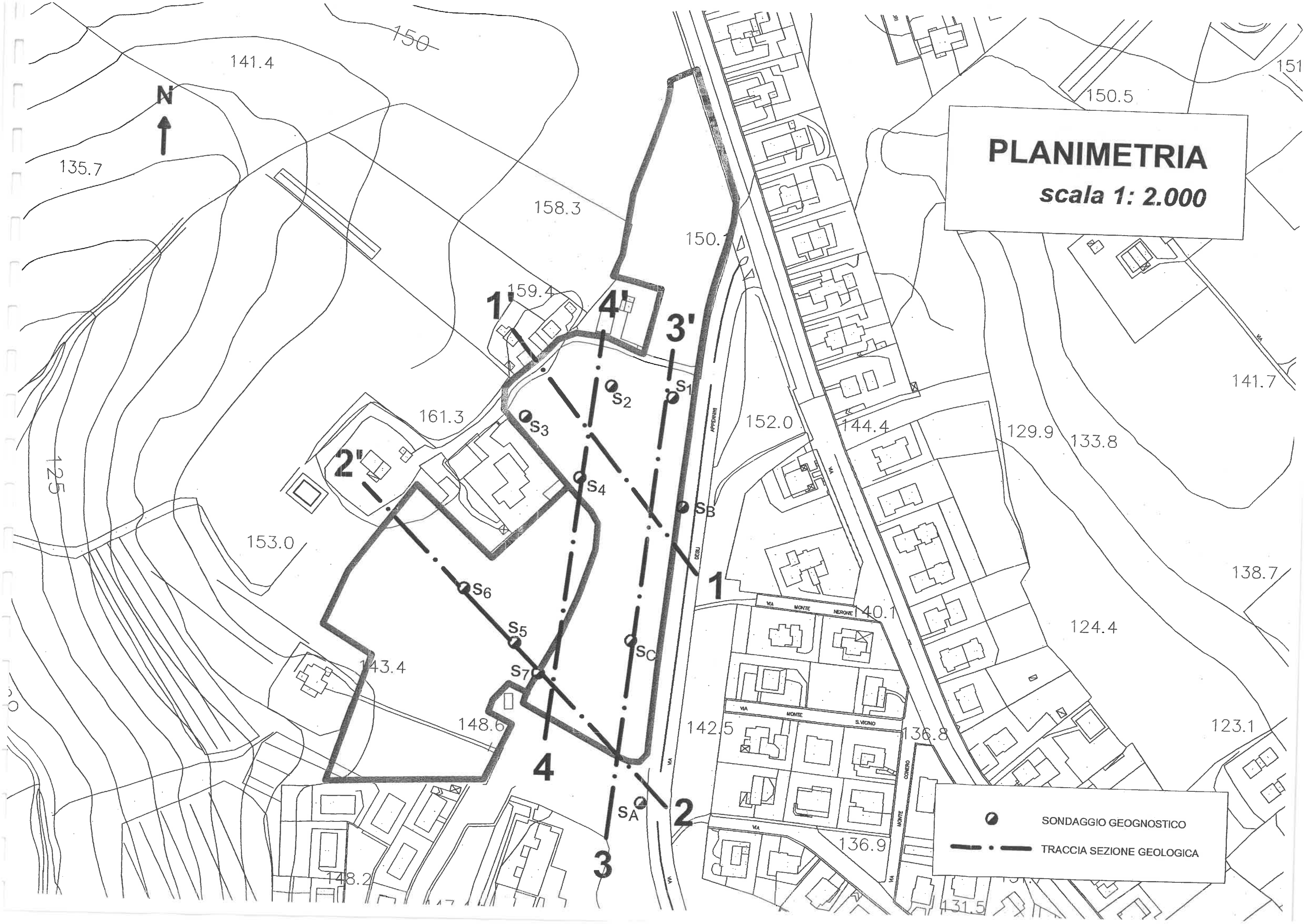


TAV. 2

PLANIMETRIA

***CON UBICAZIONE
SONDAGGI GEOGNOSTICI E
TRACCIA SEZIONI GEOLOGICHE***

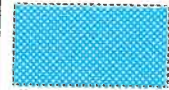





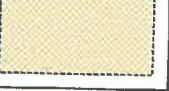
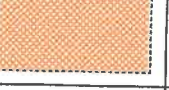


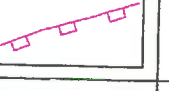

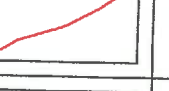
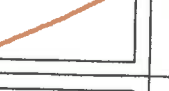

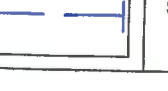
scala 1: 2.000

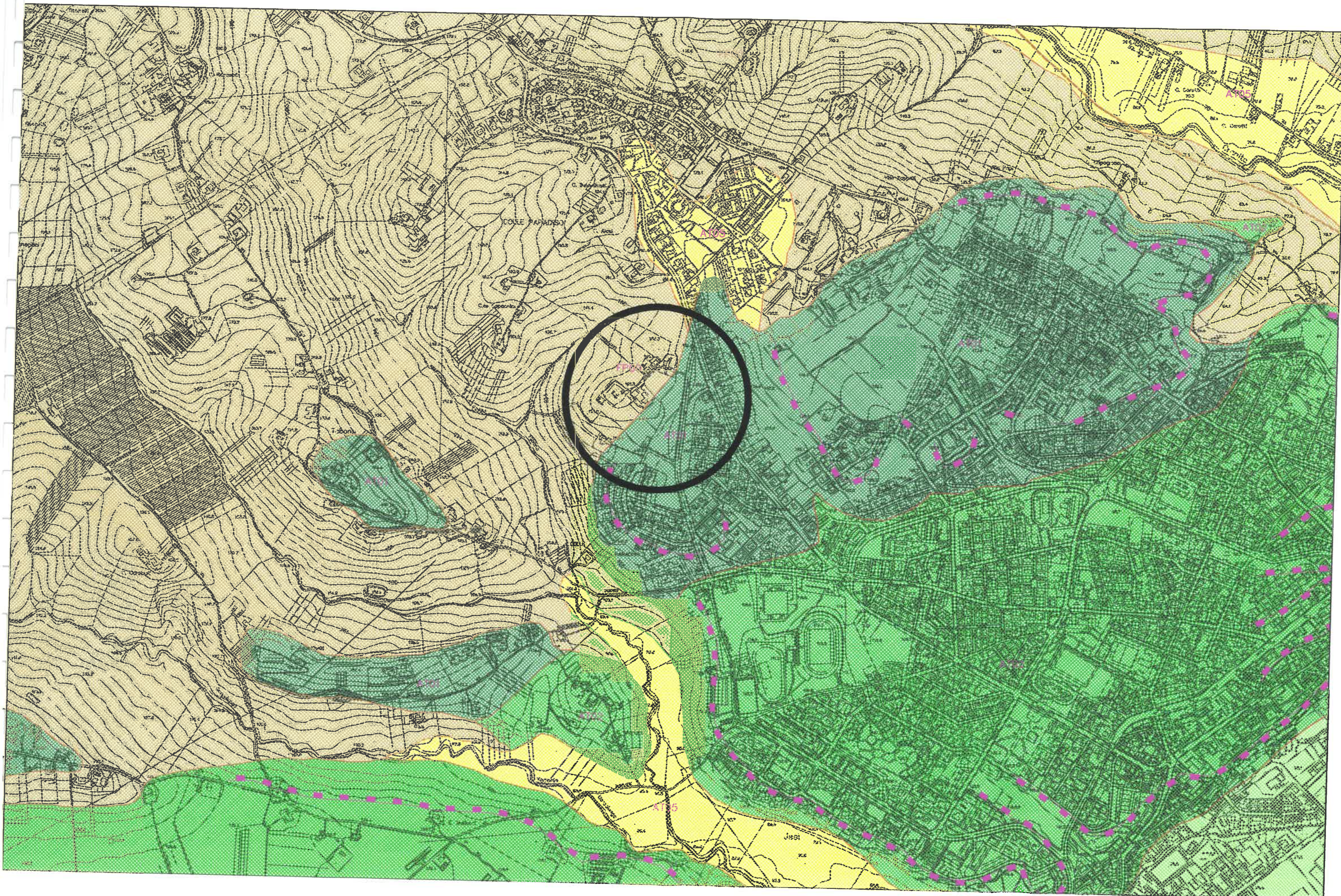


TAV. 3

***STRALCIO
CARTA GEOLOGICA
P.R.G.***

scala 1: 10.000

| | | |
|---|---|-------|
|  | Alluvioni fluviali attuali e recenti: ghiaie, ciottoli e sabbie degli alvei fluviali. | AT 06 |
|  | Alluvioni dei bacini minori: limi argillosi e limi sabbiosi delle valli degli affluenti del fiume Esino. | AT 05 |
|  | Alluvioni terrazzate di IV° ordine: ghiaie e sabbie con lenti di limi argillosi e limi sabbiosi. | AT 04 |
|  | Alluvioni terrazzate di III° ordine: ghiaie e sabbie con lenti di limi sabbiosi e limi argillosi. | AT 03 |
|  | Alluvioni terrazzate di II° ordine: ghiaie e sabbie alternate a limi sabbiosi e limi argillosi. | AT 02 |
|  | Alluvioni terrazzate di I° ordine: ghiaie, ghiaie grossolane, sabbie alternate a lenti di limi sabbiosi e limi argillosi. | AT 01 |
|  | Formazione Plio-Pleistocenica: argille mamose grigio-azzurre generalmente stratificate. | FP 00 |
|  | Formazione Plio-Pleistocenica: sabbie ed arenarie stratificate alternate a sottili livelli argillo mamosi. | FP 01 |
|  | Bordo di terrazzo con scarpate maggiori a 5.0 mt. ad orlo netto. | BTA+5 |
|  | Bordo di terrazzo con scarpate maggiori a 5.0 mt. ad orlo arrotondato. | BTB+5 |
|  | Bordo di terrazzo con scarpate minori o uguali a 5.0 mt. ad orlo netto . | BTA-5 |
|  | Bordo di terrazzo con scarpate minori o uguali a 5.0 mt. ad orlo arrotondato. | BTB-5 |
|  | Limite litostratigrafico. | LTS |
|  | Faglie presunte: linee tettoniche di direzione presunta. | FGP |
|  | Giaciture degli strati: direzione e inclinazione degli strati. | GIAT |
|  | Sezioni geologiche. | SEZ.G |





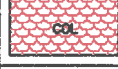




TAV. 4

***STRALCIO
CARTA GEOMORFOLOGICA
P.R.G.***


scala 1: 10.000

LEGENDA CARTA GEOMORFOLOGICA











FORME, DEPOSITI E PROCESSI DI VERSANTE ATTIVI DOVUTI ALL'AZIONE DELLA GRAVITA'

| | | |
|---|--|-----|
|  | Corona di frana | CF |
|  | Corpo di frana di scorrimento (rotazionale e/o traslativo) | SC |
|  | Corpo di frana di colamento | COL |
|  | Frana non cartografabile | FNC |
|  | Gradino di frana | GF |
|  | Area interessata da deformazioni superficiali lente | DSL |
|  | Versante vistosamente interessato da deformazione profonda | DPV |









FORME STRUTTURALI

| | | |
|---|---|-----|
|  | Orlo di scarpata poligenica (strutturale, di faglia ecc.) | OSP |
|---|---|-----|




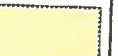
FORME, DEPOSITI E PROCESSI FLUVIALI DOVUTI ALL'AZIONE DELLE ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI

| | | |
|---|--|-------|
|  | Orlo netto di scarpata di erosione fluviale o torrentizia antico-inattivo (< 5m) (bordo di terrazzo) | BTA-5 |
|  | Orlo arrotondato di scarpata di erosione fluviale o torrentizia antico-inattivo (< 5m) (bordo di terrazzo) | BTB-5 |
|  | Orlo netto di scarpata di erosione fluviale o torrentizia antico-inattivo (> 5m) (bordo di terrazzo) | BTA+5 |
|  | Orlo arrotondato di scarpata di erosione fluviale o torrentizia antico-inattivo (> 5m) (bordo di terrazzo) | BTB+5 |
|  | Orlo di scarpata di erosione fluviale o torrentizia recente-attivo (< 5m) | SEF-5 |
|  | Orlo di scarpata di erosione fluviale o torrentizia recente-attivo (> 5m) | SEF+5 |
|  | Alveo con tendenza all'approfondimento su substrato | ASUB |
|  | Alveo con tendenza all'approfondimento sui depositi | ADEP |
|  | Erosione laterale di sponda | ELS |
|  | Calanco isolato e/o area calanchiva | CAL |



IDROGRAFIA ED ALTRI ELEMENTI

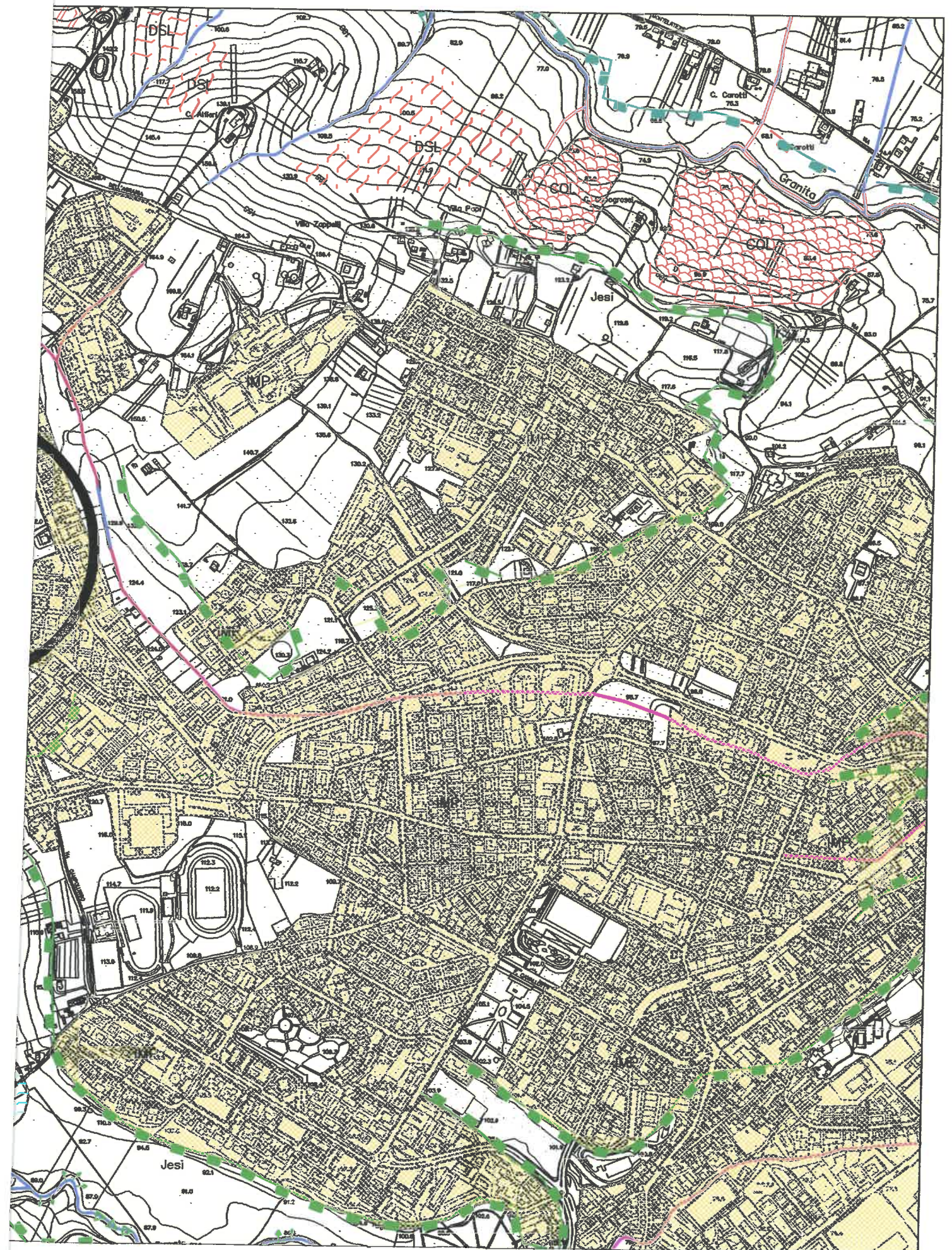
| | | |
|---|---|-----|
|  | Fiume | F |
|  | Reticolo idrografico corsi d'acqua minori | RIM |
|  | Reticolo idrografico oblitterato | OBL |
|  | Laghetti collinari | LAG |
|  | Laghi di cava | LC |
|  | Area di accertato e recente allagamento | ALG |
|  | Aree di accertato e recente alluvionamento | ALL |
|  | Aree inondabili da piene fluviali assimilabili ad eventi con tempi di ritorno fino a 200 anni (P.A.I. Marche) | PAI |

FORME ANTROPICHE

| | | |
|---|---|-----|
|  | Scarpata artificiale | SA |
|  | Tratto di alveo intubato | INT |
|  | Tratto di alveo rivestito | RIV |
|  | Area impermeabilizzata (Parcheggi, piazzali, opere di urbanizzazione, ecc.) | IMP |

CAVE E DISCARICHE

| | | |
|---|--------------------|---|
|  | Cava inattiva | C |
|  | Discarica inattiva | D |




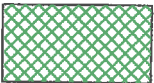

TAV. 5
STRALCIO
TAVOLA RI30
P.A.I.
(Piano Assetto Idrogeologico)

TAV. 6

***CARTA DELLA
ZONIZZAZIONE GEOTECNICA***

scala 1: 2.000

LEGENDA CARTA DELLA ZONIZZAZIONE GEOTECNICA

| | | | |
|---|-----------------------------|--|--------------------|
|  | Substrato Marino | Zone di affioramento del substrato Plio-Pleistocenico | SUB |
|  | Terreni di copertura | Zone con spessore dei terreni di copertura prevalentemente limo-argillosi < 10.00 m. | COP < 10 |
|  | | Zone con spessore dei terreni di copertura prevalentemente limo-argillosi > 10.00 m. | COP > 10 |



TAV. 7

***CARTA DELL'ANDAMENTO
DEL SUBSTRATO***

scala 1: 2.000







TAV. 8

SEZIONI GEOLOGICHE

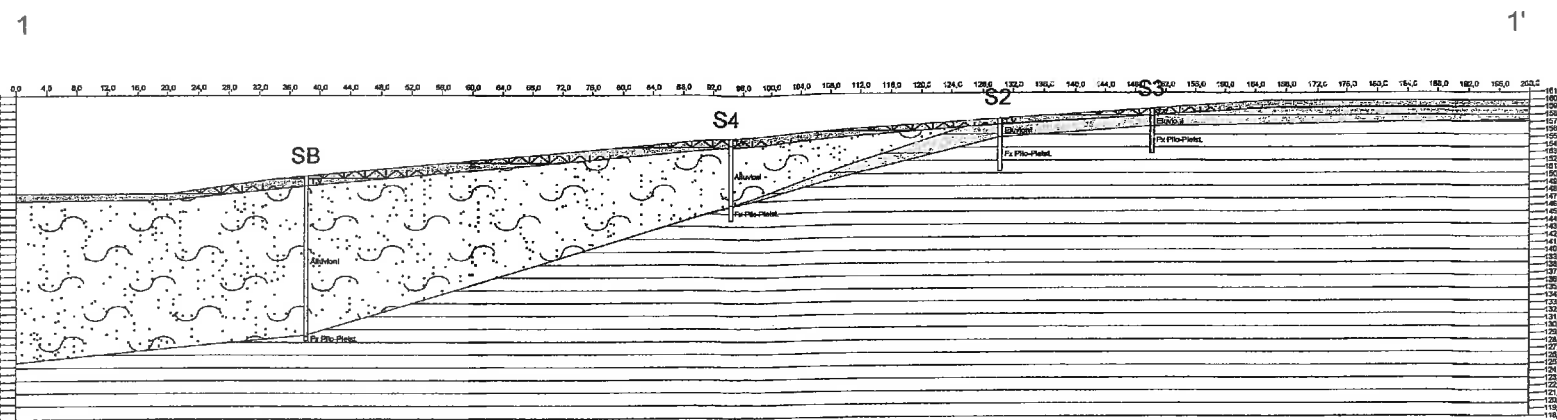
scala 1: 1.000

LEGENDA:





-  Terreno vegetale
-  Alluvioni terrazzate di 1° ordine
-  Eluvioni
-  Formazione Plio-Pleistocenica

SEZIONE GEOLOGICA 1- 1'

scala 1: 1.000

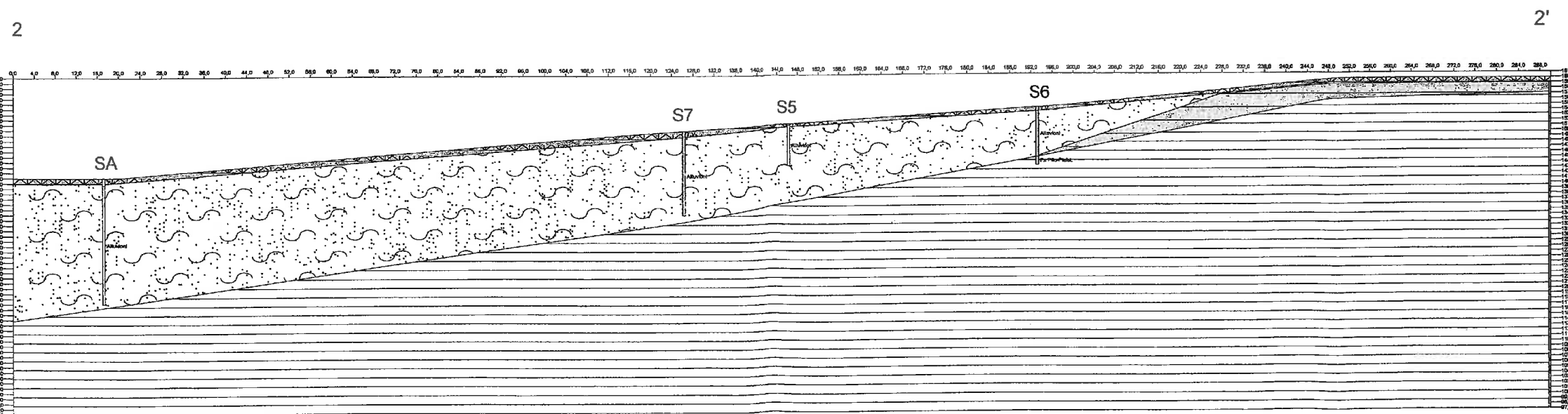


LEGENDA:

-  Terreno vegetale
-  Alluvioni terrazzate di 1° ordine
-  Eluvioni
-  Formazione Plio-Pleistocenica

SEZIONE GEOLOGICA 2 - 2'

scala 1: 1.000



LEGENDA:

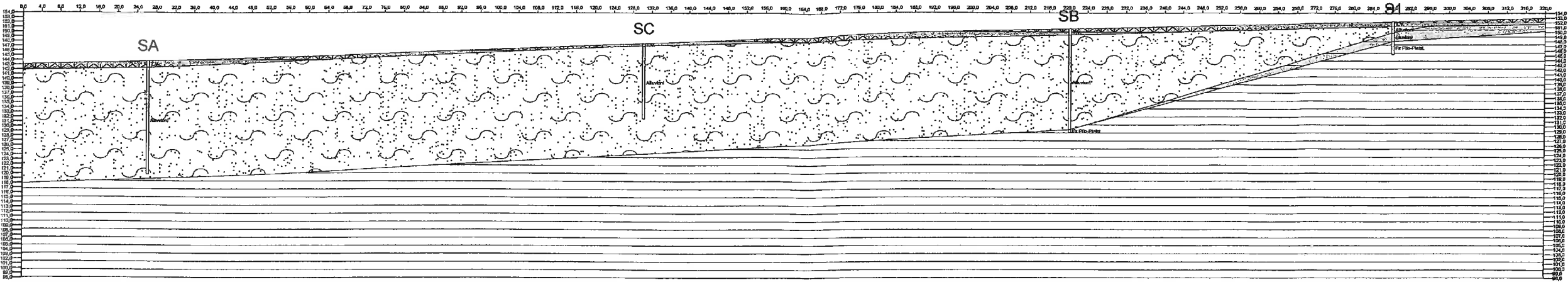
- Terreno vegetale
- Alluvioni terrazzate di I° ordine
- Eluvioni
- Formazione Plio-Pleistocenica

SEZIONE GEOLOGICA 3 - 3'

scala 1:1.000

3

3'



Scala orizzontale 1:1000
Scala verticale 1:1000
0 12.0(m)

LEGENDA:

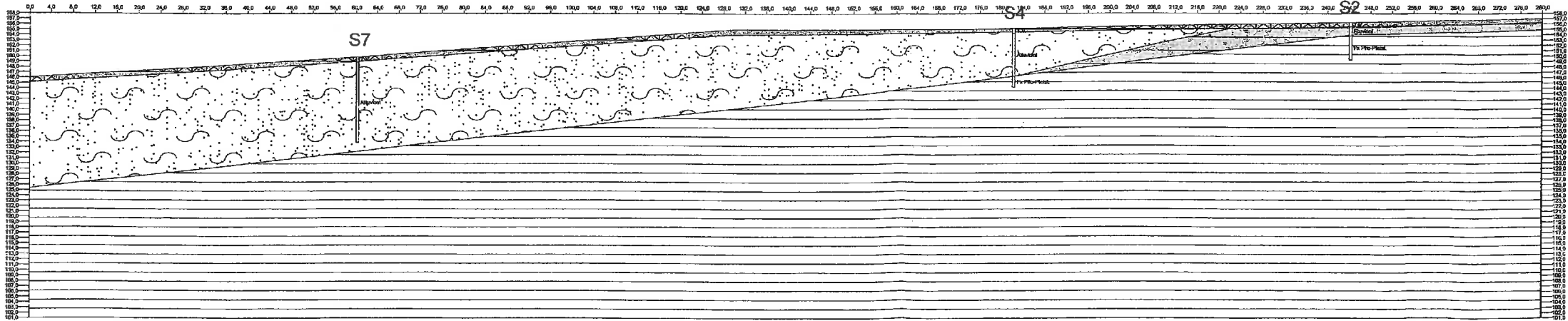
- Terreno vegetale
- Alluvioni terrazzate di I° ordine
- Eluvioni
- Formazione Plio-Pleistocenica

SEZIONE GEOLOGICA 4 - 4'

scala 1:1.000

4

4'



Scala orizzontale 1:1000
Scala verticale 1:1000
0 12.0(m)

***STRATIGRAFIE
SONDAGGI
GEOGNOSTICI***



studio geologico tecnico

| | |
|---|--|
| Cantiere: Variante P.R.G. Area Via Appennini - Jesi | N. sondaggio: S1 |
| Committente: COMUNE DI JESI | Scala sondaggio: 1: 100 |
| Perforatore: GEODRILL | Geologo: STUDIO GEOLOGICO RICCI-STRONATI |
| Coord.: VIA APPENNINI S1.DBG | Quota (p.c.): |
| Metodo perf.: ROTAZIONE | Data ultimazione: 24.08.2005 |

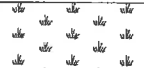





| Scala 1:100 | Stratigrafia | Profondita' | Potenza | Descrizione | Pocket Penetrometer | Vane Test | Falda |
|-------------|--------------|-------------|---------|--|---------------------|-----------|-------|
| 1 | | 1.00 | 1.00 | Terreno vegetale | | | |
| 2 | | 1.50 | 1.50 | Limo argilloso marrone con concrezioni carbonatiche e torba puntiforme | 5 | >2 | |
| 3 | | 2.50 | 1.70 | Eluvioni con torba puntiforme e giunti sabbiosi | >6 | >2 | |
| 4 | | 4.20 | 2.80 | Formazione Plio-Pleistocenica: argille marroni-nocciola con venature azzurrine e giunti sabbiosi | >6 | >2 | |
| 5 | | | | | >6 | >2 | |
| 6 | | | | | >6 | >2 | |
| 7 | | 7.00 | | | | | |



| | |
|---|--|
| Cantiere: Variante P.R.G. Area Via Appennini - Jesi | N. sondaggio: S2 |
| Committente: COMUNE DI JESI | Scala sondaggio: 1: 100 |
| Perforatore: GEODRILL | Geologo: STUDIO GEOLOGICO RICCI-STRONATI |
| Coord.: VIA APPENNINI S2.DBG | Quota (p.c.): |
| Metodo perf.: ROTAZIONE | Data ultimazione: 24.08.2005 |

| Scala 1:100 | Stratigrafia | Profondita' | Potenza | Descrizione | Pocket Penetrometer | Vane Test | Falda |
|-------------|--------------|-------------|---------|---|---------------------|-----------|-------|
| 1 | | 0.80 | 0.80 | Terreno vegetale | | | |
| 2 | | 1.70 | 1.70 | Eluvioni: argille alterate con giunti sottili sabbiosi e concrezioni carbonatiche | 5.5 | >2 | |
| 3 | | 2.50 | 1.90 | Formazione Plio-Pleistocenica: argille alterate nocciola con venature azzurrine | >6 | >2 | |
| 4 | | 4.40 | 2.60 | Formazione Plio-Pleistocenica: argille stratificate con giunti sabbiosi | >6 | >2 | |
| 5 | | | | | >6 | >2 | |
| 6 | | | | | >6 | >2 | |
| 7 | | 7.00 | | | >6 | >2 | |

| | |
|---|--|
| Cantiere: Variante P.R.G. Area Via Appennini - Jesi | N. sondaggio: S3 |
| Committente: COMUNE DI JESI | Scala sondaggio: 1: 100 |
| Perforatore: GEODRILL | Geologo: STUDIO GEOLOGICO RICCI-STRONATI |
| Coord.: VIA APPENNINI S3.DBG | Quota (p.c.): |
| Metodo perf.: ROTAZIONE | Data ultimazione: 24.08.2005 |

| Scala 1:100 | Stratigrafia | Profondita' | Potenza | Descrizione | Pocket Penetrometer | Vane Test | Falda |
|-------------|---|-------------|---------|---|---------------------|-----------|-------|
| 1 |  | 1.00 | 1.00 | Terreno vegetale | | | |
| 2 |  | 2.40 | 1.40 | Eluvioni | >6 | >2 | |
| 3 |  | 3.60 | | Formazione Plio-Pleistocenica: argille nocciola con venature azzurrine e giunti di stratificazione sabbiosi | >6 | >2 | |
| 4 |  | | | | >6 | >2 | |
| 5 |  | | | | >6 | >2 | |
| 6 |  | 6.00 | | | >6 | >2 | |

| | |
|---|--|
| Cantiere: Variante P.R.G. Area Via Appennini - Jesi | N. sondaggio: S4 |
| Committente: COMUNE DI JESI | Scala sondaggio: 1: 100 |
| Perforatore: GEODRILL | Geologo: STUDIO GEOLOGICO RICCI-STRONATI |
| Coord.: VIA APPENNINI S4.DBG | Quota (p.c.): |
| Metodo perf.: ROTAZIONE | Data ultimazione: 24.08.2005 |

| Scala 1:100 | Stratigrafia | Profondita' | Potenza | Descrizione | Pocket Penetrometer | Vane Test | Falda |
|-------------|--------------|-------------|---------|--|---------------------|-----------|-------|
| 1 | | 1.00 | 1.00 | Terreno vegetale | | | |
| 2 | | 1.50 | | Limo argilloso marrone con concrezioni carbonatiche e torba puntiforme | 4.5 | >2 | |
| 3 | | 2.50 | 0.90 | Limo argilloso avana con concrezioni carbonatiche e torba puntiforme | 4.5 | 1.8 | |
| 4 | | 3.40 | | Limo argilloso marrone con concrezioni carbonatiche e torba puntiforme | 5 | >2 | |
| 5 | | | | | 5.7 | >2 | |
| 6 | | | 5.60 | | 4.7 | >2 | |
| 7 | | | | | >6 | >2 | |
| 8 | | | | | >6 | >2 | |
| 9 | | 9.00 | | | >6 | >2 | |
| 10 | | | 2.00 | Formazione Plio-Pleistocenica: argille poco alterate nocciola con venature azzurrine poco stratificate | | | |
| 11 | | 11.00 | | | | | |


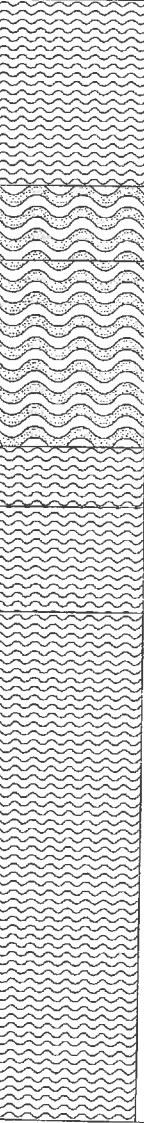
| | |
|---|--|
| Cantiere: Variante P.R.G. Area Via Appennini - Jesi | N. sondaggio: S5 |
| Committente: COMUNE DI JESI | Scala sondaggio: 1: 100 |
| Perforatore: GEODRILL | Geologo: STUDIO GEOLOGICO RICCI-STRONATI |
| Coord.: VIA APPENNINI S5.DBG | Quota (p.c.): |
| Metodo perf.: ROTAZIONE | Data ultimazione: 9.08.2005 |

| Scala 1:100 | Stratigrafia | Profondita' | Potenza | Descrizione | Pocket Penetrometer | Vane Test | Falda |
|-------------|--------------|-------------|---------|---|---------------------|-----------|-------|
| | | 0.30 | 0.30 | Terreno vegetale | | | |
| 1 | | | 1.40 | Limo argilloso marrone scuro con abbondantissime patine carbonatiche e torba puntiforme e diffusa | >6 | >2 | |
| 2 | | 1.70 | | | | | |
| 3 | | | 1.30 | Limo argilloso debolmente sabbioso nocciola chiaro - avana con patine carbonatiche, umido | 2.5 | 0.9 | |
| 4 | | 3.00 | | | | | |
| 5 | | | 2.60 | Limo argilloso nocciola con concrezioni e patine carbonatiche, sfumature carboniose nerastre, screziature sabbiose ocracee e torba puntiforme | 5.2 | >2 | |
| 6 | | | | | 4.2 | 1.8 | |
| 7 | | 5.60 | | | >6 | >2 | |
| 8 | | | 2.40 | Limo argilloso marrone con torba puntiforme e diffusa, piccole concrezioni e patine carbonatiche | 5.8 | >2 | |
| | | 8.00 | | | 5 | >2 | |

| | |
|---|--|
| Cantiere: Variante P.R.G. Area Via Appennini - Jesi | N. sondaggio: S6 |
| Committente: COMUNE DI JESI | Scala sondaggio: 1: 100 |
| Perforatore: GEODRILL | Geologo: STUDIO GEOLOGICO RICCI-STRONATI |
| Coord.: VIA APPENNINI S6.DBG | Quota (p.c.): |
| Metodo perf.: ROTAZIONE | Data ultimazione: 24.08.2005 |

| Scala 1:100 | Stratigrafia | Profondita' | Potenza | Descrizione | Pocket Penetrometer | Vane Test | Falda |
|-------------|--------------|-------------|---------|--|---------------------|-----------|-------|
| | | | 0.80 | Terreno vegetale | | | |
| 1 | | 0.80 | | | | | |
| 2 | | 2.00 | 1.20 | Limo argilloso marrone con concrezioni carbonatiche e torba puntiforme | | | |
| 3 | | | 1.50 | Limo argilloso nocciola chiaro con torba puntiforme e concrezioni carbonatiche | 4.5 | >2 | |
| 4 | | 3.50 | | | 3.2 | >2 | |
| 5 | | | | | 5.2 | >2 | |
| 6 | | | 4.40 | Limo argilloso marrone con concrezioni carbonatiche e torba puntiforme; a 7.40 m. lente di 10 cm con rari elementi di ghiaia arrotondati | 4.2 | >2 | |
| 7 | | | | | 4.5 | >2 | |
| 8 | | 7.90 | | | >6 | >2 | |
| 9 | | | 1.60 | Limo argilloso grigio-avana con concrezioni carbonatiche e rari elementi lapidei arrotondati | 4.7 | >2 | |
| 10 | | 9.50 | | | >6 | >2 | |
| 11 | | 11.00 | 1.50 | Formazione Plio-Pleistocenica: argille consistenti con venature azzurrine poco stratificate | | | |
















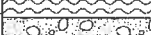






| | |
|---|--|
| Cantiere: Variante P.R.G. Area Via Appennini - Jesi | N. sondaggio: S7 |
| Committente: COMUNE DI JESI | Scala sondaggio: 1: 100 |
| Perforatore: GEODRILL | Geologo: STUDIO GEOLOGICO RICCI-STRONATI |
| Coord.: VIA APPENNINI S7.DBG | Quota (p.c.): |
| Metodo perf.: ROTAZIONE | Data ultimazione: 25.08.2005 |

| Scala 1:100 | Stratigrafia | Profondita' | Potenza | Descrizione | Pocket Penetrometer | Vane Test | Falda |
|-------------|--|-------------|---------|---|---------------------|-----------|-------|
| 1 |  | 1.00 | 1.00 | Terreno vegetale | | | |
| 2 |  | 1.00 | 2.50 | Limo argilloso marrone con carbonato di calcio e torba puntiforme | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | 3.50 | 1.00 | Limo argilloso-sabbioso avana chiaro con concrezioni carbonatiche | | | |
| 5 | | 4.50 | | Limo argilloso-sabbioso avana con concrezioni carbonatiche | | | |
| 6 | | 7.00 | 2.50 | | | | |
| 7 | | | | | | | |
| 8 | | 7.80 | 0.80 | Limo argilloso marrone scuro con concrezioni carbonatiche | | | |
| 9 | | 9.20 | 1.40 | Limo argilloso marrone chiaro con concrezioni carbonatiche | | | |
| 10 | | | 6.80 | Limo argilloso marrone scuro | | | |
| 11 | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | |
| 16 | | 16.00 | | | | | |


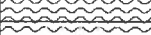










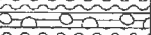
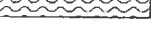



| | |
|---|--|
| Cantiere: Variante P.R.G. Area Via Appennini - Jesi | N. sondaggio: SA |
| Committente: COMUNE DI JESI | Scala sondaggio: 1: 200 |
| Perforatore: | Geologo: STUDIO GEOLOGICO RICCI-STRONATI |
| Coord.: VIA APPENNINI SA.DBG | Quota (p.c.): |
| Metodo perf.: ROTAZIONE | Data ultimazione: 1986 |

| Scala 1:200 | Stratigrafia | Profondita' | Potenza | Descrizione | Pocket Penetrometer | Vane Test | Falda |
|-------------|--------------|-------------|---------|--|---------------------|-----------|-------|
| 1 | | | 1.40 | Terreno vegetale | | | |
| 2 | | 1.40 | 0.40 | Argilla limosa con torba | 4 | | |
| 3 | | 1.80 | 0.80 | Limo argilloso con torba puntiforme e concrezioni carbonatiche | 5.5 | | |
| 4 | | 2.60 | 0.70 | Limo argilloso con torba | 4.6 | | |
| 5 | | 3.30 | | Limo argilloso con torba puntiforme e concrezioni carbonatiche | 4.3 | | |
| 6 | | | 3.80 | | 4 | | |
| 7 | | 7.10 | | | 4.2 | | |
| 8 | | 7.90 | 0.80 | Limo argilloso con torba | 2.2 | | |
| 9 | | | | Limo argilloso con torba puntiforme e concrezioni carbonatiche | | | |
| 10 | | | 2.60 | | | | |
| 11 | | 10.50 | | Limo argilloso-sabbioso con torba puntiforme | | | |
| 12 | | | 3.20 | | | | |
| 13 | | | | | | | |
| 14 | | 13.70 | 0.60 | Limo argilloso con concrezioni carbonatiche | | | |
| 15 | | 14.30 | 1.50 | Ghiaia con matrice argillosa-sabbiosa | | | |
| 16 | | 15.80 | 0.90 | Limo argilloso-sabbioso | 1.2 | | |
| 17 | | 16.70 | 0.40 | Ghiaia | 5.2 | | |
| 18 | | 17.10 | | Argilla limosa | | | |
| 19 | | | 2.40 | | | | |
| 20 | | 19.50 | | Ghiaia | | | |
| 21 | | 20.70 | 1.20 | Argille limose con torba puntiforme | | | |
| 22 | | 21.60 | 0.90 | Limo argilloso-sabbioso | 3.5 | | |
| 23 | | 22.00 | 0.40 | Limo argilloso | 3.9 | | |
| 24 | | 22.80 | 0.80 | Argilla limosa con intercalazioni sabbiose e torba puntiforme | 5.5 | | |
| | | 23.40 | 0.60 | | | | |
| | | 24.00 | 0.60 | Ghiaia | | | |

| | |
|---|--|
| Cantiere: Variante P.R.G. Area Via Appennini - Jesi | N. sondaggio: SB |
| Committente: COMUNE DI JESI | Scala sondaggio: 1: 200 |
| Perforatore: | Geologo: STUDIO GEOLOGICO RICCI-STRONATI |
| Coord.: VIA APPENNINI SB.DBG | Quota (p.c.): |
| Metodo perf.: ROTAZIONE | Data ultimazione: 1986 |

| Scala 1:200 | Stratigrafia | Profondita' | Potenza | Descrizione | Pocket Penetrometer | Vane Test | Falda |
|-------------|---|-------------|---------|--|---------------------|-----------|-------|
| 1 |  | 1.40 | 1.40 | Terreno vegetale | | | |
| 2 |  | | 7.70 | Limo argilloso con torba puntiforme e concrezioni carbonatiche | | | |
| 3 |  | | | | 4.2 | | |
| 4 |  | | | | 4.8 | | |
| 5 |  | | | | 4.8 | | |
| 6 |  | | | | 4.3 | | |
| 7 |  | | | | 4.3 | | |
| 8 |  | | | | 3.3 | | |
| 9 |  | 9.10 | 0.50 | Ghiaia con abbondante matrice limo-argillosa | 3.8 | | |
| 10 |  | 9.60 | | Limo argilloso con torba puntiforme e concrezioni carbonatiche | 4.2 | | |
| 11 |  | | 2.70 | | 4.8 | | |
| 12 |  | | | | 3.8 | | |
| 13 |  | 12.30 | 1.80 | Limo argilloso con torba puntiforme, concrezioni carbonatiche e resti organici | 4.8 | | |
| 14 |  | | | | 3.5 | | |
| 15 |  | 14.10 | 0.80 | Ghiaia con abbondante matrice limo-argillosa | | | |
| 16 |  | 14.90 | 1.80 | Limo argilloso con torba puntiforme, elementi di ghiaia e resti organici | 4.3 | | |
| 17 |  | 16.70 | 0.80 | Limo argilloso con torba puntiforme | | | |
| 18 |  | 17.50 | 3.30 | Limo argilloso-sabbioso con torba puntiforme ed elementi di ghiaia | 2.2 | | |
| 19 |  | | | | | | |
| 20 |  | | | | | | |
| 21 |  | 20.80 | | Ghiaia con matrice limo-argillosa | | | |
| 22 |  | 21.40 | 0.60 | | | | |
| | | 22.00 | 0.60 | Formazione Plio-Pleistocenica: argilliti inalterate | | | |

| | |
|---|--|
| Cantiere: Variante P.R.G. Area Via Appennini - Jesi | N. sondaggio: SC |
| Committente: COMUNE DI JESI | Scala sondaggio: 1: 200 |
| Perforatore: | Geologo: STUDIO GEOLOGICO RICCI-STRONATI |
| Coord.: VIA APPENNINI SC.DBG | Quota (p.c.): |
| Metodo perf.: ROTAZIONE | Data ultimazione: 1986 |

| Scala 1:200 | Stratigrafia | Profondita' | Potenza | Descrizione | Pocket Penetrometer | Vane Test | Falda |
|-------------|---|-------------|---------|---|---------------------|-----------|-------|
| 1 |  | 0.60 | 0.60 | Terreno vegetale | | | |
| 2 |  | 1.70 | 1.10 | Limo argilloso con torba puntiforme e concrezioni carbonatiche | 3.7 | | |
| 3 |  | | 2.30 | Limo argilloso con concrezioni carbonatiche | 1.7 | | |
| 4 |  | 4.00 | | | 4.4 | | |
| 5 |  | 5.40 | 1.40 | Limo argilloso con concrezioni carbonatiche e torba puntiforme | 3 | | |
| 6 |  | | | Limo argilloso con abbondante torba puntiforme e concrezioni carbonatiche | 4 | | |
| 7 |  | | | | | | |
| 8 |  | | | | | | |
| 9 |  | | 6.70 | | 3.4 | | |
| 10 |  | | | | 3.3 | | |
| 11 |  | | | | 4.1 | | |
| 12 |  | 12.10 | | | | | |
| 13 |  | 12.50 | 0.40 | Limo argilloso con elementi di ghiaia | | | |
| 14 |  | 13.00 | 0.50 | Limo argilloso con torba puntiforme e concrezioni carbonatiche | | | |
| 15 |  | 14.70 | 1.70 | Limo argilloso con torba puntiforme | 4.2 | | |
| 16 |  | 15.10 | 0.40 | Limo argilloso con elementi di ghiaia | 5 | | |
| |  | 16.00 | 0.90 | Limo argilloso con torba e concrezioni carbonatiche | | | |