

Ing. Stefano Leonori (Responsabile)  
Geol. Fabrizio Pontoni (Responsabile)  
Ing. Floresita Pascucci  
Ing. Simone Bisonni  
Geol. Franco Pontoni  
Geol. Roberta Pontoni  
Geol. Angelo Beano  
Geom. Mariano Perugini



Comune di:



**TOLENTINO**

Provincia di Macerata

**COPIA CONTROLLATA**

Committente:

**COSMARI - impianto di trattamento e recupero rifiuti**  
- loc. Piane di Chienti -



Oggetto:

**Opere di mitigazione rischio idraulico impianto trattamento rifiuti in Loc. Piane di Chienti di Tolentino**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**EB**

*Relazione geologica e geotecnica*

Pagina:

1 di 25

N° commessa:

16\_019

ID elaborato:

16\_019\_T\_A\_EB



Ediz.	Data	Motivazione	Redatto	Controllato	Approvato
A	Sett. 2016	Prima emissione	Franco Pontoni	Fabrizio Pontoni	Fabrizio Pontoni

## INDICE

<b>1. PREMESSA E METODOLOGIA DI INDAGINE .....</b>	<b>3</b>
<b>2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....</b>	<b>5</b>
<b>3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....</b>	<b>7</b>
<b>4. GEOMORFOLOGIA E STABILITA' DELL'AREA.....</b>	<b>9</b>
<b>5. IDROLOGIA.....</b>	<b>12</b>
<b>6. INDAGINI E CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA.....</b>	<b>14</b>
<b>7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....</b>	<b>17</b>
<b>8. IDROGEOLOGIA.....</b>	<b>18</b>
<b>9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E INDICAZIONI PROGETTUALI .....</b>	<b>20</b>
<b>9.1- Azioni sismiche .....</b>	<b>22</b>
<b>9.2 - Terre e rocce da scavo .....</b>	<b>24</b>

### Tavole:

EB.1 – Planimetria ubicazione indagini (scala 1:2.000)

EB.2 – Sezioni stratigrafiche (scala 1:200)

### Allegati:

A - Indagini reperite

## **1. PREMESSA E METODOLOGIA DI INDAGINE**

Il **Consorzio Obbligatorio Smaltimento Rifiuti** della Provincia di Macerata (**COSMARI**) ha incaricato lo scrivente Studio per la redazione del progetto esecutivo delle opere di mitigazione del rischio idraulico dell'impianto sito in loc. Piane di Chienti di Tolentino (MC). La presente relazione illustra i risultati delle indagini geologiche e geotecniche necessarie per la progettazione delle opere. Tali indagini, eseguite in conformità a quanto previsto dalla normativa vigente (D.M. 14 gennaio 2008 "Nuove Norme tecniche per le costruzioni" - Circolare del Cons. Superiore dei LL.PP. del 02/02/2009), hanno lo scopo di fornire al progettista, limitatamente agli aspetti geologici e geotecnici, tutti i dati qualitativi e quantitativi occorrenti per il progetto ed il controllo del comportamento delle opere in rapporto alle caratteristiche geologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche dell'area di intervento, indicando eventuali prescrizioni da osservarsi in sede di progettazione.

Le indagini sono state così articolate:

- inquadramento generale dell'area nel contesto geologico-stratigrafico e strutturale sulla base degli studi e delle pubblicazioni scientifiche attualmente disponibili;
- reperimento ed analisi dei dati esistenti a carattere geologico-stratigrafico e geotecnico derivanti da precedenti indagini;
- verifica ed analisi critica delle eventuali interferenze con gli strumenti di pianificazione territoriale vigenti (P.A.I., ecc.).
- rilevamento in sito dei principali elementi geologici, geomorfologici, idrologici ed idrogeologici che caratterizzano l'area di intervento ed un suo intorno significativo;
- valutazioni circa la stabilità dell'area;
- caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dei terreni;
- ricostruzione del locale assetto stratigrafico e del modello geologico e geotecnico di riferimento per il sito in questione;
- indicazioni circa la risposta sismica locale relativamente alle componenti stratigrafica e topografica;
- valutazioni preliminari utili alla caratterizzazione delle terre e rocce da scavo;

- o analisi e sintesi di tutti i dati raccolti e stesura della relazione esplicativa con indicazioni utili alla progettazione delle opere.

Come basi cartografiche sono state utilizzate:

- carta tecnica regionale in scala 1.10.000 (sez. 303130),
- rilievi topografici di dettaglio,
- elaborati grafici di progetto.

Sono stati reperiti ed analizzati i dati derivanti dai seguenti studi geologico-tecnici effettuati nell'area dell'impianto del COSMARI:

- ⇒ AQUATER (1983) - Tolentino - *impianto R.S.U.: Rapporto Geotecnico*;
- ⇒ GEOEQUIPE (1996) - *Indagine geologica e geotecnica relativa al progetto per la costruzione di una piattaforma di stoccaggio e manipolazione di materiali provenienti dalla raccolta differenziata e di una vasca di raccolta liquami da realizzarsi all'interno dell'impianto CON.SMA.RI. sito in località Piane di Chienti.*
- ⇒ GEOEQUIPE (1998) - *Indagine geologica e geotecnica relativa al progetto per la costruzione di opere per il trattamento di fanghi-verde-frazione organica di R.S.U. provenienti dalla raccolta differenziata dei comuni consorziati da realizzarsi all'interno dell'impianto CON.SMA.RI. sito in località Piane di Chienti.*
- ⇒ GEOEQUIPE (2000) - *Indagine di monitoraggio dell'area in cui insiste l'impianto CON.SMA.RI..*
- ⇒ Dott. Geol. Anna Rita FERIOLI (2001) - *Indagine geologico-tecnica relativa alla costruzione di un fabbricato (corpo F) destinato allo stoccaggio del compost in località Piane di Chienti.*
- ⇒ Dott. Geol. Angelo BEANO (2003) - *Indagine geologico-tecnica relativa al progetto delle opere di completamento per il controllo degli odori nella zona di ricevimento compost in località Piane di Chienti.*
- ⇒ Dott. Geol. Angelo BEANO (2003) - *Indagine geologico-tecnica relativa al progetto delle opere di ottimizzazione per il contenimento degli odori prodotti dalle attività impianti consortili.*
- ⇒ Dott. Geol. Angelo BEANO (2005) - *Indagine geologico-tecnica relativa all'impianto smaltimento R.S.U. – Potenziamento condensatore ad aria.*
- ⇒ GEOEQUIPE (2007) - *Indagine geologica e geotecnica relativa al progetto contenimento odori – edifici ricevimento e selezione rifiuti solidi urbani.*

- ⇒ GEOEQUIPE (2009) - *Indagine geologica e geotecnica relativa al progetto per la riorganizzazione e adeguamento del reparto di trattamento meccanico e biologico dei rifiuti urbani – ampliamento reparto stoccaggio organico e miscelazione.*
- ⇒ GEOEQUIPE (2010) - *Indagine geologica e geotecnica relativa alla realizzazione impianto pressatura e filatura sovralli.*
- ⇒ GEOEQUIPE (2011) - *progetto per la riorganizzazione e l'adeguamento della linea di compostaggio e stabilizzazione della frazione organica da rsu; ampliamento reparto stoccaggio organico e miscelazione, realizzazione vasche di stoccaggio frazione verde e relativa struttura di copertura, nuovo nastro trasportatore, vasca interrata alloggiamento tramoggia e relativa struttura di copertura.*
- ⇒ GEOEQUIPE (2012) - *Indagine geologico-tecnica per il progetto di ampliamento dell'impianto di digestione anaerobica - zona ovest.*
- ⇒ GEOEQUIPE (2013) - *Intervento di nuova realizzazione di pensiline fotovoltaiche per una potenza totale di 198kw. Indagine geologico-tecnica.*
- ⇒ GEOEQUIPE (2013-2014) - *Studio idrologico e idraulico del F. Chienti per la verifica della compatibilità idraulica dell'impianto del COSMARI ricadente in parte in un'area a rischio inondazione del P.A.I. Piano Assetto Idrogeologico della Regione Marche (E-19-0012).*
- ⇒ GEOEQUIPE (2015) - *Autorizzazione per riorganizzazione e riattivazione servizi interni a seguito incendio: realizzazione di n. 2 tettoie in aderenza all'edificio attualmente utilizzato per la selezione dei rifiuti ingombranti - Indagine geologico-tecnica.*

## **2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE**

L'area oggetto d'intervento è situata nell'estrema porzione orientale del territorio comunale di Tolentino, in località Piane di Chienti, ad una quota media di circa 145 metri s.l.m.. Tale area, situata in destra idrografica del fiume Chienti, risulta ubicata in corrispondenza dei lati ovest, nord e, marginalmente, di quello est del perimetro attuale del COSMARI.

Nella figura 2.1 si riporta uno stralcio della carta tecnica regionale in scala 1:10.000 – sez 303130, con indicata l'area di intervento.



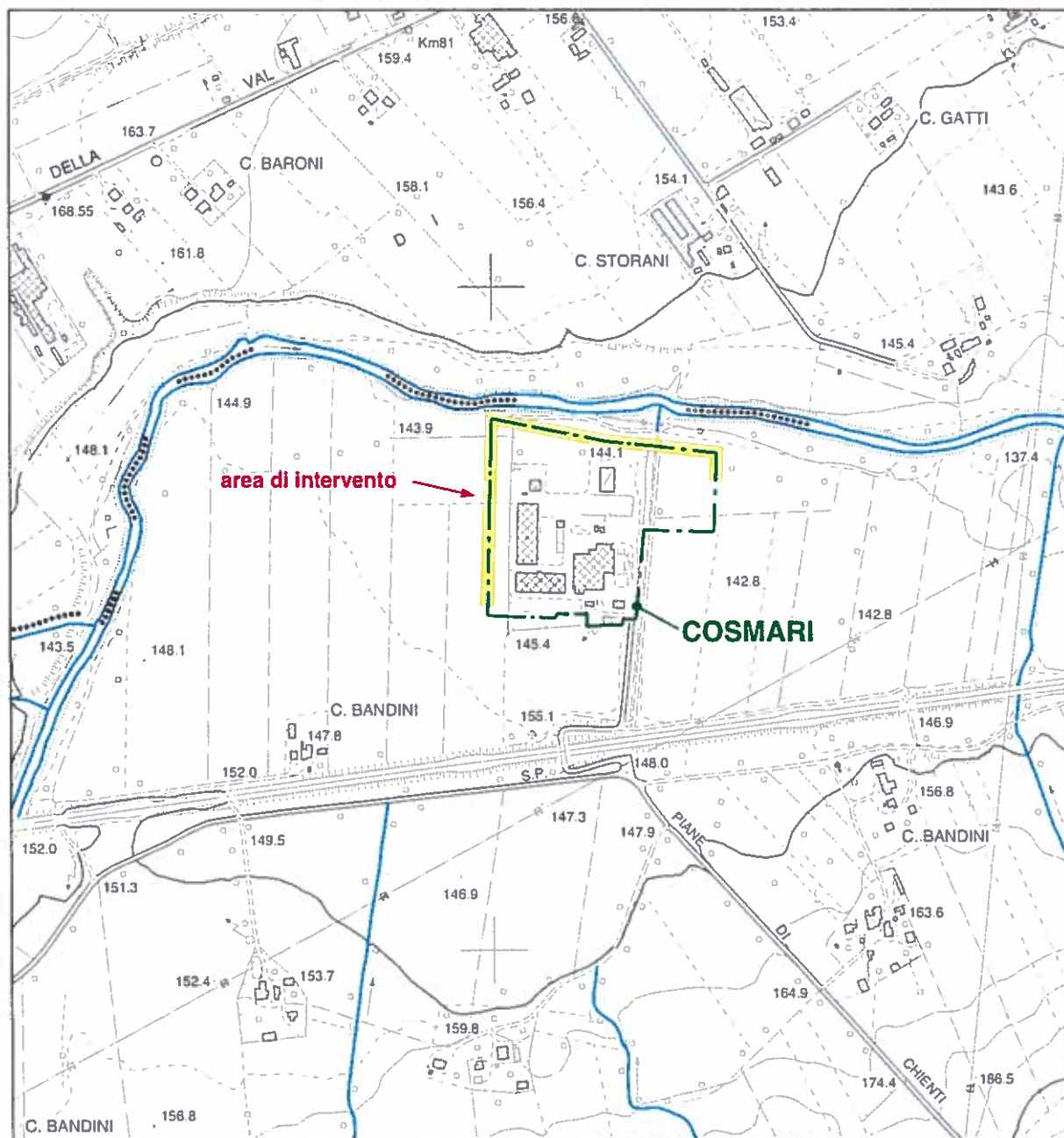


Fig. 2.1 – Inquadramento territoriale

### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

In figura 3.1 viene riportato un inquadramento geologico dell'area di intervento tratto dalla carta geologica in scala 1:10.000 regionale (progetto CARG – sez. 303130).

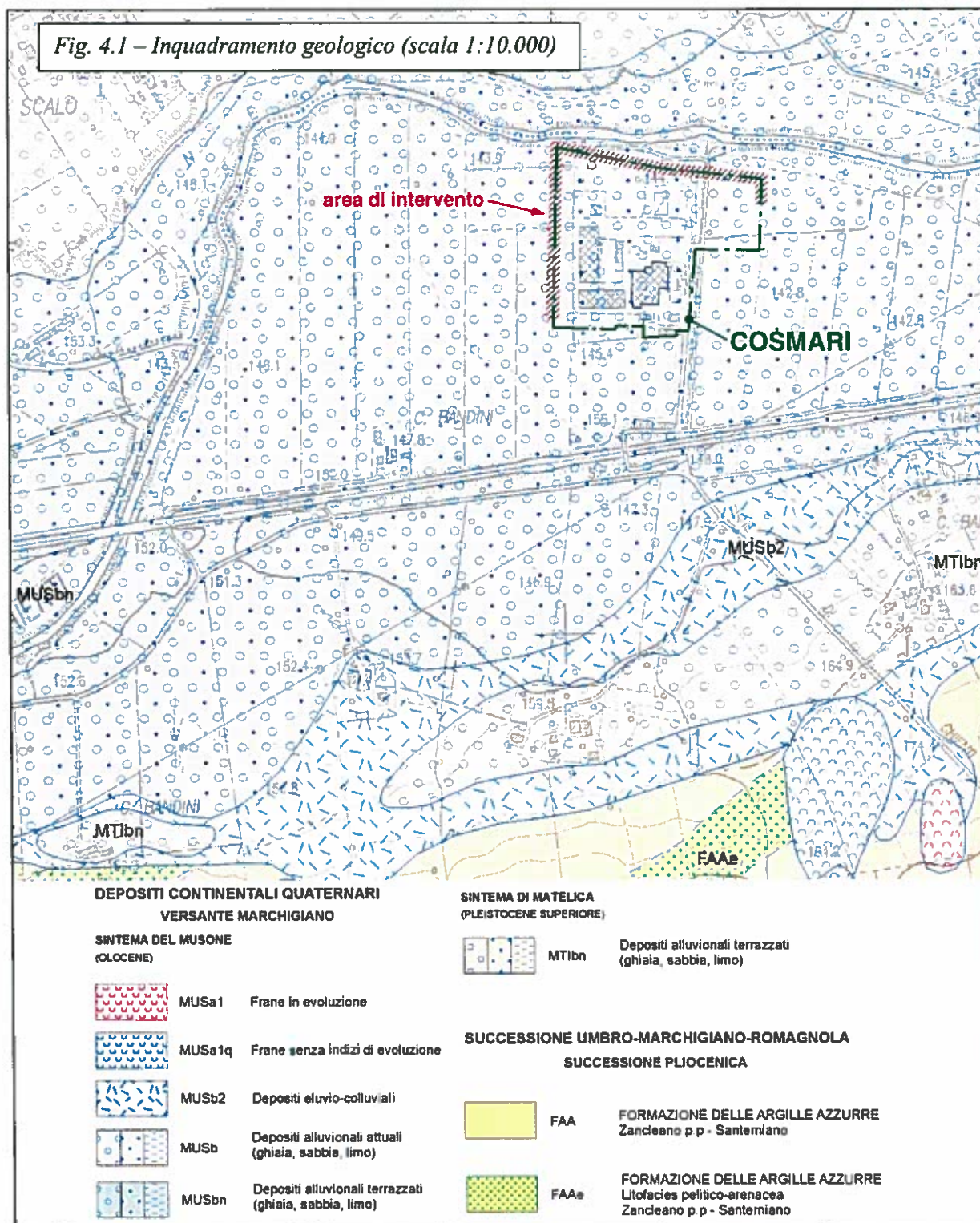
Dal punto di vista geologico-stratigrafico, il terreno di sedime dell'area di intervento e di un suo intorno significativo è costituito dai depositi alluvionali terrazzati legati ai processi di sedimentazione operati dal vicino fiume Chienti (MUSbn - età: *Olocene*).

Tali depositi si presentano litologicamente e tessituralmente piuttosto eterogenei, sia in senso laterale che verticale e di natura prevalentemente ghiaioso-sabbiosa.

Tali depositi, aventi localmente uno spessore medio complessivo pari a circa 10-13 metri, poggiano in discordanza angolare su un substrato costituito prevalentemente da argille siltoso-marnose sovraconsolidate ascrivibili alla Formazione delle argille azzurre (FAA - età: *Pliocene inferiore*).

Il substrato presenta un assetto giaciturale monoclinale con debole inclinazione verso E-NE.

Nell'area investigata, sulla base delle conoscenze attuali, non si segnala la presenza di lineazioni tettoniche significative che possano rappresentare un elemento di pericolosità geologica e sismica per l'area investigata.





#### **4. GEOMORFOLOGIA E STABILITA' DELL'AREA**

In figura 4.1 viene riportato un inquadramento geomorfologico dell'area studiata tratto dalla carta geomorfologica regionale (progetto CARG sez. 303130) in scala 1:10.000.

Tale area, ubicata in corrispondenza dell'ampia piana alluvionale posta alla destra idrografica del fiume Chienti, si presenta allo stato attuale nel complesso sub-pianeggiante interna ad un'area fortemente antropizzata costituita dall'impianto del COSMARI, come visibile nella foto seguente.



I principali elementi geomorfologici sono rappresentati dalle scarpate d'erosione fluviale presenti ai due lati dell'alveo. Le scarpate, localmente interessate da erosione in atto, delimitano l'alveo fluviale che è incassato di circa 2,5-3,0 metri rispetto alla piana alluvionale circostante. Sul lato nord dell'impianto, adiacente all'alveo del F. Chienti, la distanza delle opere in progetto dal ciglio di scarpata di erosione fluvio-torrentizia risulta progressivamente crescente verso est e variabile da 10 a 50 metri.

Dai rilievi effettuati, nell'area interessata dagli interventi ed in un suo intorno significativo, non sono state riscontrati forme, depositi e processi morfogenetici legati sia all'azione delle acque correnti superficiali che alla gravità in atto o potenziali tali da pregiudicarne l'attuale stabilità.

Tuttavia, i rischi di un eventuale arretramento della scarpata di erosione dovrà essere attentamente valutata nella progettazione delle opere, almeno per i tratti più prossimi al corso d'acqua.

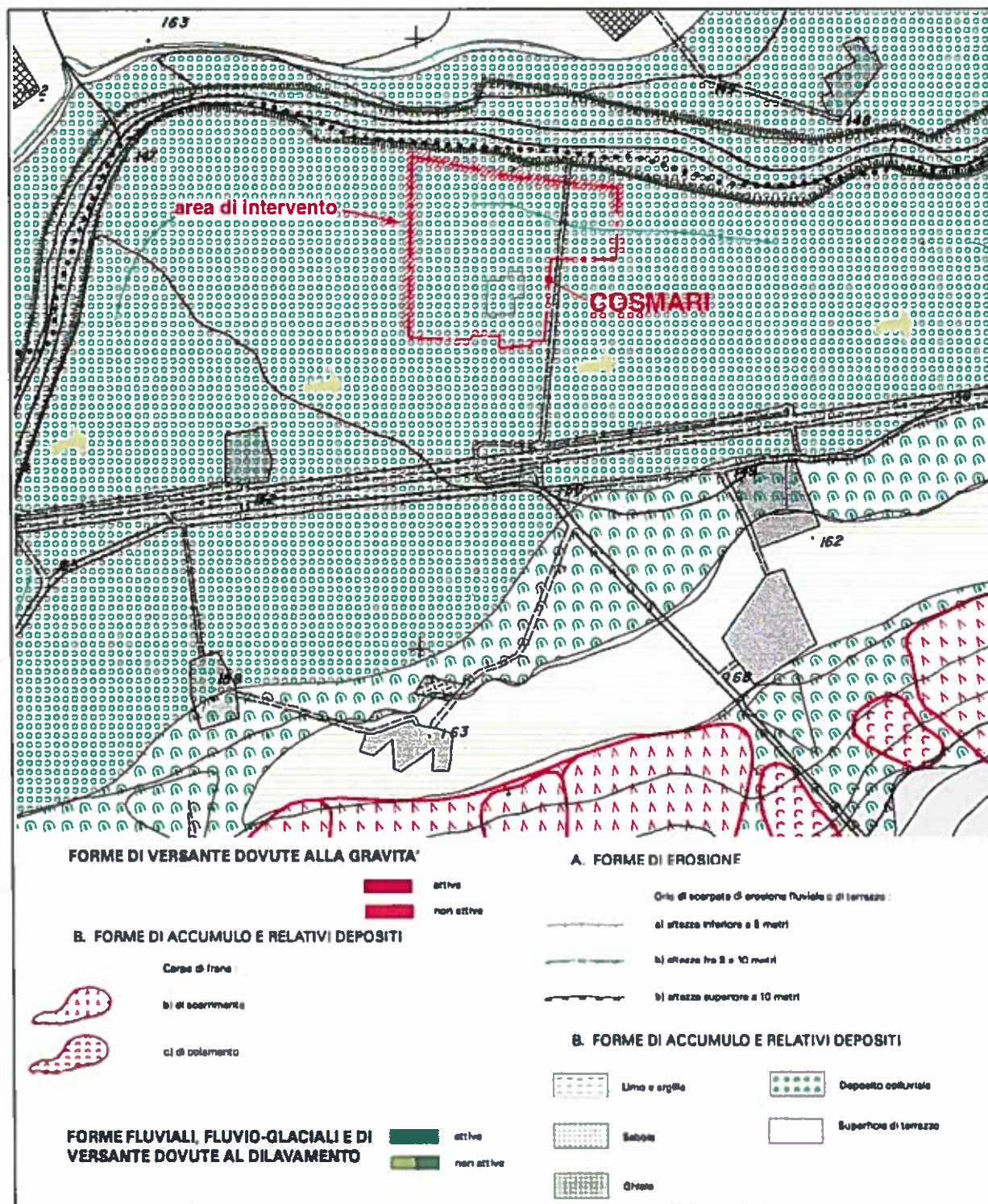


Fig. 4.1 – Inquadrimento geomorfologico



Dall'analisi della carta del rischio idrogeologico del vigente P.A.I. Piano di Assetto Idrogeologico regionale (adottato con Delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino n. 42 del 7/5/2003 e succ. modif. e integrazioni) risulta che nell'area studiata non sono perimetrate aree a rischio per frana mentre gran parte dell'impianto del COSMARI rientra in un'area a rischio esondazione (E-19-0012 – Fig. 4.2). Le caratteristiche idrologiche-idraulica del sito vengono illustrate nel successivo paragrafo.

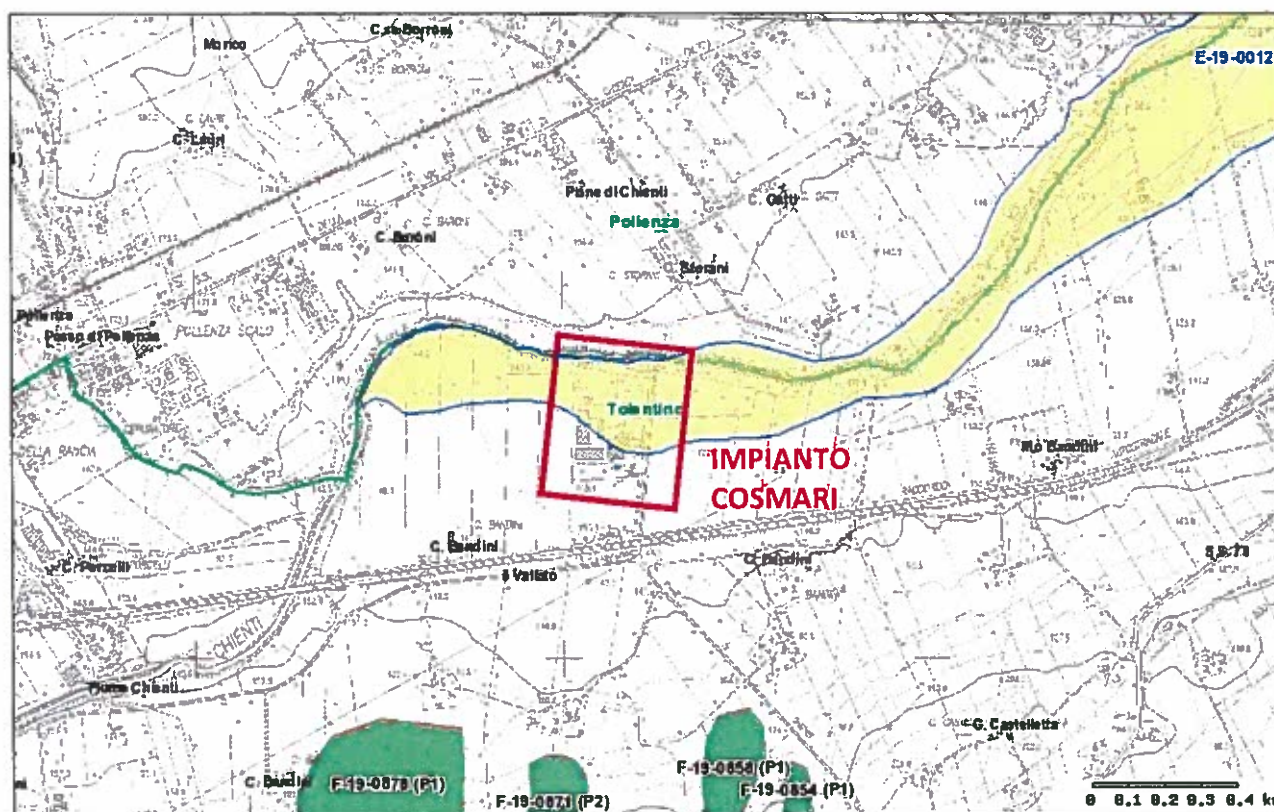


Fig. 4.2 – Stralcio P.A.I. Regione Marche

Infine, dall'esame del sistema informativo territoriale della provincia di Macerata (<http://www.sit.provincia.mc.it>) è stato verificato che l'area di intervento non è soggetta a vincolo idrogeologico ai sensi del R.D.L. n. 3267 del 30 dicembre 1923 e della L.R. n. 6 del 23 febbraio 2005.

## 5. IDROLOGIA

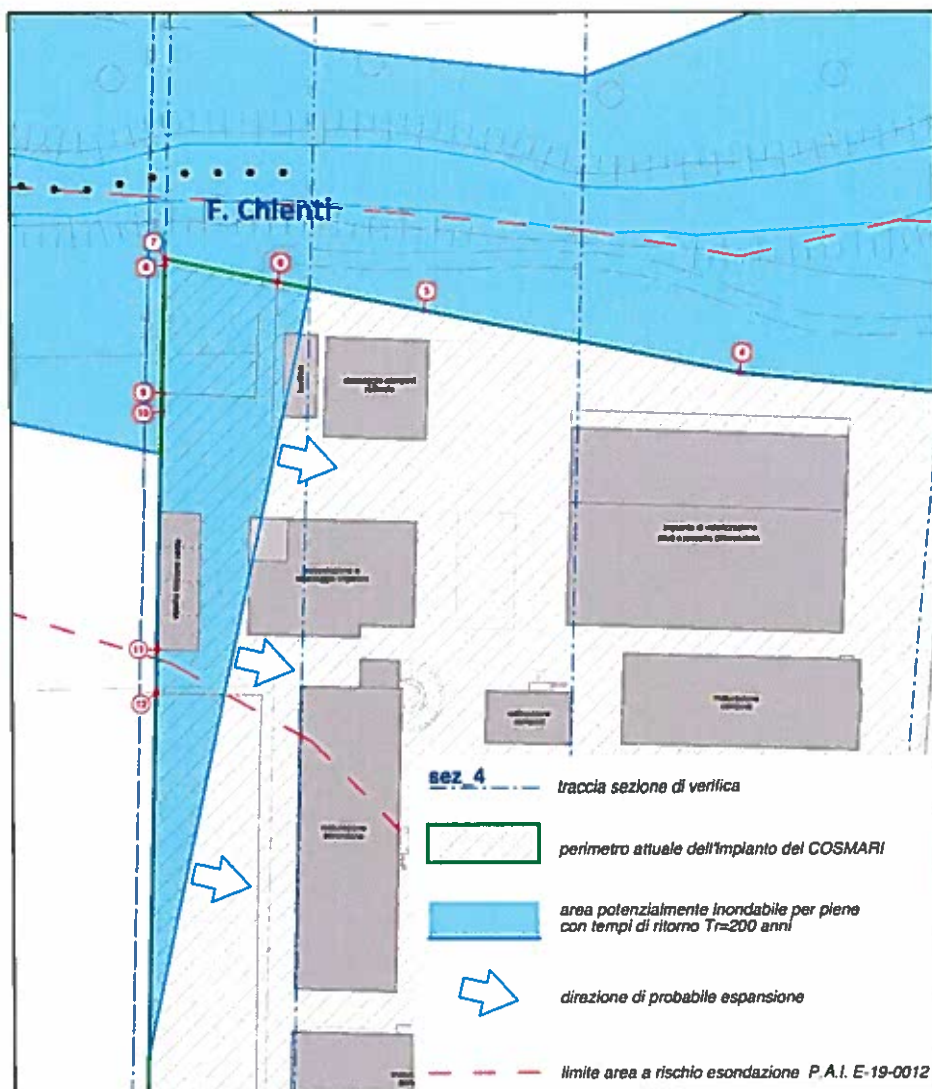
L'area di intervento non è direttamente attraversata da vie preferenziali di scorrimento delle acque correnti superficiali.

L'elemento idrologico principale che caratterizza l'area studiata è costituito dal fiume Chienti che scorre immediatamente a nord ad una distanza variabile tra 10 e 50 metri dal perimetro attuale dell'impianto.

Per quanto riguarda il rischio di esondazione, in base a quanto riportato nel Piano Assetto Idrogeologico (PAI) della regione Marche, l'area di intervento è soggetto a rischio di esondazione "medio - R2" (E-19-0012), che interessa gran parte dell'impianto esistente (Fig. 4.2).

Tale problematica è stata recentemente analizzata nel dettaglio nello "Studio idrologico e idraulico del F. Chienti per la verifica della compatibilità idraulica dell'impianto del COSMARI ricadente in parte in un'area a rischio inondazione del P.A.I. Piano Assetto Idrogeologico della Regione Marche (E-19-0012)" redatto dallo scrivente studio nel 2013-2014 per la verifica della compatibilità idraulica dell'impianto del COSMARI. In particolare l'obiettivo era, all'esito della verifica, l'elaborazione di una proposta di mitigazione così come richiesto per gli impianti esistenti operanti con autorizzazioni soggette a rinnovo (*procedura di VIA e rinnovo AIA*). Le opere di mitigazione proposte in sede di procedura di VIA e di rinnovo AIA per la messa in sicurezza dell'impianto del COSMARI, sono state approvate e la progettazione delle stesse costituiscono l'oggetto della presente relazione.

Dalle verifiche idrauliche analitiche è risultato che, in corrispondenza della sezione ubicata all'inizio dell'area di pertinenza del COSMARI, il livello di piena supera la quota del muro di recinzione dell'impianto, determinando la possibile inondazione di una porzione dello stesso come schematizzato nello stralcio seguente.



*Fig. 5.1 – Stralcio planimetria aree inondabili allo stato attuale per piene con  $Tr=200$ anni*

Il profilo idraulico ottenuto dall'analisi mostra come a causa della riduzione dell'area di deflusso in corrispondenza dell'impianto, si abbia un rallentamento della corrente (velocità minima) ed un conseguente innalzamento del livello di massima piena, che si propaga per un tratto a monte.

Il muro di protezione idraulica nell'angolo nord-ovest dell'impianto ha una quota inferiore rispetto al tratto di muro più a valle, dove non si verificano rischi di esondazione.



Nello stralcio planimetrico sopra riportato (fig. 5.1) attraverso delle frecce schematiche sono indicate le zone di possibile espansione della piena all'interno dell'impianto, in cui sono comunque ipotizzabili tiranti molto limitati e scarsamente significativi in quanto le acque tenderebbero comunque a ridefluire verso il fiume.

Sulla base delle verifiche eseguite sono stati pertanto proposti interventi di mitigazione del rischio di esondazione (innalzamento dei muri esistenti, realizzazione di nuovi muri in c.a., ecc.) schematizzati nella planimetria seguente. Tali interventi, schematizzati nella planimetria di tav. EB.1, sono attualmente oggetto di progettazione esecutiva ed a cui si riferisce la presente indagine geologica e geotecnica.

Per quanto riguarda le verifiche di compatibilità idraulica previste dalla L.R.22/2011 e dalla DGR 53/2014 si precisa quanto segue:

- trattandosi di opere lineari, la variazione di permeabilità superficiale indotta risulta limitata e trascurabile ai fini del calcolo dell'invarianza idraulica,
- la compatibilità idraulica è insita nella tipologia delle opere progettate e verificate ai fini della mitigazione del rischio idraulico. In particolare nelle verifiche eseguite nello studio idraulico del 2013-2014, è stato accertato che l'esecuzione delle opere in progetto, oltre a garantire la sicurezza idraulica dell'impianto del COSMARI, non modificano in sostanza le condizioni di rischio attualmente esistenti sia a monte che a valle dell'impianto, considerando anche che tali aree sono a destinazione agricola e già oggetto di perimetrazione da parte del P.A.I.

## **6. INDAGINI E CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA**

Nella planimetria di tav. EB.1 è stata riportata l'ubicazione di tutte le indagini disponibili per l'area dell'impianto del COSMARI, costituite da sondaggi geognostici (R), trincee ispezionabili (Sc), prove penetrometriche dinamiche (PR/DPSH), e sondaggi elettrici verticali (SEV).

E' stata anche reperita una indagine HVSR (*tromino*) per la definizione del VS<sub>30</sub> di sito, eseguita sul lato sud-est dell'impianto.

Si riportano in allegato (all. A) tutte le indagini più prossime all'area di pertinenza progettuale, utili alla ricostruzione del modello geologico-stratigrafico.

Per gli interventi in progetto, anche in relazione alla buona conoscenza geologico-stratigrafica del sito derivante dalle numerose indagini realizzate nelle varie fasi di costruzione del COSMARI ed alla tipologia delle opere in progetto, non sono stati ritenuti necessari ulteriori approfondimenti geognostici.

Sulla base di tutti i dati disponibili per l'area in oggetto sono state distinte, dall'alto verso il basso, le seguenti unità litotecniche omogenee.

#### UNITA' DELLA COPERTURA (età: *attuale-Olocene*)

(tvr) Terreno vegetale e di riporto. Il terreno vegetale è rappresentato da limi sabbiosi e/o sabbie limose a luoghi con ghiaie sparse, localmente prevalenti, e resti vegetali recenti. I terreni di riporto sono invece costituiti principalmente da limi argilloso-sabbiosi e sabbie limose con rare ghiaie oltre a ghiaie in matrice limosa e/o limoso-sabbiosa costituenti le massicciate ed i sottofondi dell'attuale piazzale e manufatti esistenti. Lo spessore di tale terreni risulta molto variabile con massimi in direzione della recinzione attuale sul lato fiume (1,5 m).

(a) Depositi alluvionali terrazzati (MUSbn), derivanti dall'opera di sedimentazione fluviale operata dal vicino Fiume Chienti, che si rinvergono in tutta la piana alluvionale in cui risulta l'impianto del COSMARI. In tali depositi, che localmente presentano in media uno spessore complessivo di circa 10-13 metri, vengono distinte le seguenti unità principali omogenee dal punto di vista granulometrico e tessiturale:

(a1) Depositi alluvionali a granulometria prevalentemente fine, costituiti da sabbie, sabbie limose, limi sabbiosi e/o sabbioso-argillosi di colore variabile dall'avana al nocciola-giallastro con zonature ocracee e grigio chiaro, resti vegetali ossidati, frammenti di fossili dulcicoli e localmente ghiaie sparse. Sul lato nord tali depositi sono stati rinvenuti in superficie in un'orizzonte ipotizzato arealmente esteso e continuo, di spessore massimo superiore ai 4,0 m e progressivamente decrescente verso il F. Chienti. Altri livelli, arealmente meno estesi, marcatamente lenticolari e di spessore comunque

limitato, possono riscontrarsi a varie profondità intercalati ai depositi alluvionali a granulometria più grossolana di seguito descritti.

(a2) Depositi alluvionali a granulometria prevalentemente grossolana, costituiti da ghiaie eterometriche a granulometria medio-grossolana in matrice sabbiosa o sabbioso-limosa, localmente abbondante, con subordinate intercalazioni lenticolari sabbioso-limose e ciottoli anche grossolani. Le ghiaie, a struttura clast-supported, sono costituite da elementi a spigoli sub-arrotondati, poligenici a dominanza calcarea. Tali depositi si rinvencono fino al passaggio con il sottostante substrato e possono essere caratterizzati da uno stato di addensamento variabile da scarso a medio.

#### UNITA' DEL SUBSTRATO (età: Pliocene)

(FAA) Formazione delle argille azzurre, costituita da argille siltose e siltoso-marnose sovraconsolidate di colore grigio con a luoghi sottili intercalazioni sabbioso-arenacee, variamente alterate e fratturate nella porzione più superficiale (circa 0,5÷1,5 m) in cui possono assumere una colorazione grigio-avana. Nell'area del COSMARI tale formazione si rinviene ad una profondità variabile in media tra 10 e 14,0 m dall'attuale piano campagna.

Nelle sezioni di tav. EB.2 viene schematizzato il modello geologico-geotecnico di riferimento per il sito oggetto di intervento. In particolare la ricostruzione stratigrafica è stata eseguita per le diverse opere in progetto in relazione alla loro posizione: sezz. G1-G2 per il muro in c.a. su pali del lato nord, G3 per il muro in c.a. con terrapieno di protezione sul lato ovest.

Per tutte le ricostruzioni eseguite si ribadisce comunque l'estrema eterogeneità litologica e tessiturale che può caratterizzare i depositi alluvionali, con frequenti e imprevedibili interdigitazioni laterali e geometrie marcatamente lenticolari, come spesso verificato nell'intensa pratica locale dello scrivente Studio.

## 7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni rilevati nel corso delle indagini geognostiche, sono stati utilizzati sia i dati derivanti dalla elaborazione delle prove disponibili per il sito in oggetto, oltre che tratti dalla bibliografia tecnica esistente.

### UNITA' DELLA COPERTURA (età: attuale - Olocene)

#### (tvr) Terreni di riporto

Per tali terreni si omette la caratterizzazione in quanto generalmente ininfluenti ai fini progettuali, anche in relazione al loro limitato spessore. In sede di progetto risulterà opportuno considerare le caratteristiche dei terreni effettivamente utilizzati per i rinterri a tergo dei muri.

#### (al<sub>1</sub>) Depositi alluvionali a granulometria prevalentemente fine,

Trattasi di terreni sciolti, normalmente consolidati, da incoerenti a debolmente coerenti, per i quali si assume:

##### sabbie limose e limi sabbiosi

$\gamma = 1,80 \div 1,90 \text{ g/cm}^3$	<i>peso di volume</i>
NSPT = 5÷20	<i>numero di colpi SPT</i>
$\varphi' = 25^\circ - 28^\circ$	<i>angolo di attrito</i>
$c' = 0,0 \div 0,1 \text{ Kg/cm}^2$	<i>coesione drenata</i>
$E = 35 \div 200 \text{ kg/cm}^2$	<i>modulo di elasticità</i>
$V_s = 120 \div 230$	<i>velocità media delle onde di taglio (m/sec)</i>

#### (al<sub>2</sub>) Depositi alluvionali a granulometria prevalentemente grossolana,

Trattasi di terreni sciolti, incoerenti, disuniformi, da scarsamente a mediamente addensati, GW secondo la classifica descrittiva U.S.C.S., per i quali si assume:

$\gamma = 1,85 \div 1,95 \text{ g/cm}^3$	<i>peso di volume</i>
--	-----------------------

$$NSPT = 20 \div >50$$

*numero di colpi SPT*

$$c = 0,0 \text{ Kg/cm}^2$$

*coesione*

$$\varphi = 30^\circ \div 35^\circ$$

*angolo di attrito*

$$E = 200 \div 400 \text{ kg/cm}^2$$

*modulo di elasticità*

$$Vs = 230 \div 480$$

*velocità media delle onde di taglio (m/sec)*

Per quanto riguarda le ghiaie sabbiose i dati disponibili evidenziano nel complesso un deposito ad addensamento variabile e localmente molto sciolto, anche con brusche variazioni laterali di addensamento.

#### UNITA' DEL SUBSTRATO (età: Pliocene)

##### (FAA) Formazione delle argille azzurre.

Trattasi di terreni prevalentemente coesivi, sovraconsolidati, di consistenza e plasticità medio-alte per i quali si assume:

$$\gamma = 2,05 \div 2,10 \text{ g/cm}^3$$

*peso di volume*

$$Cu = 2,0 \div 4,5 \text{ Kg/cm}^2$$

*coesione non drenata*

$$\varphi' = 25^\circ - 27^\circ$$

*angolo di attrito*

$$c' = 0,2 \div 0,4 \text{ Kg/cm}^2$$

*coesione drenata*

$$Eed = 40 \div 300 \text{ Kg/cm}^2$$

*modulo di compress. edometrica*

$$Vs = 300 \div 600 \text{ m/s}$$

*velocità media delle onde di taglio*

I valori minori si riferiscono alla porzione più superficiale di tale unità (1.0.1.5m) può presentarsi variamente alterata e fratturata.

## **8. IDROGEOLOGIA**

In relazione alle caratteristiche di permeabilità relativa dei terreni esistono condizioni favorevoli all'instaurarsi di una falda acquifera all'interno dei depositi alluvionali.

Tale falda di subalveo, di tipo freatico, viene attualmente sfruttata all'interno dell'impianto del COSMARI mediante pozzi di emungimento in cui sono stati misurati, in fase di emungimento,



livelli a profondità superiori ai 6,0 m, mentre in condizioni indisturbate è stata reperita una misurazione del livello pari a -3,20 metri dal p.c.

Nel 2000 lo scrivente studio ha redatto una indagine per la individuazione delle caratteristiche idrogeologiche dell'area sulla quale sorge l'impianto del COSMARI per la predisposizione di una rete di monitoraggio ai fini della prevenzione dei rischi di inquinamento delle acque sotterranee.

Nella figura seguente (fig. 8.1) viene riportato uno stralcio della carta delle isofreatiche in cui è visibile l'andamento della superficie della falda freatica riferita ad un periodo di morbida (marzo 1999).

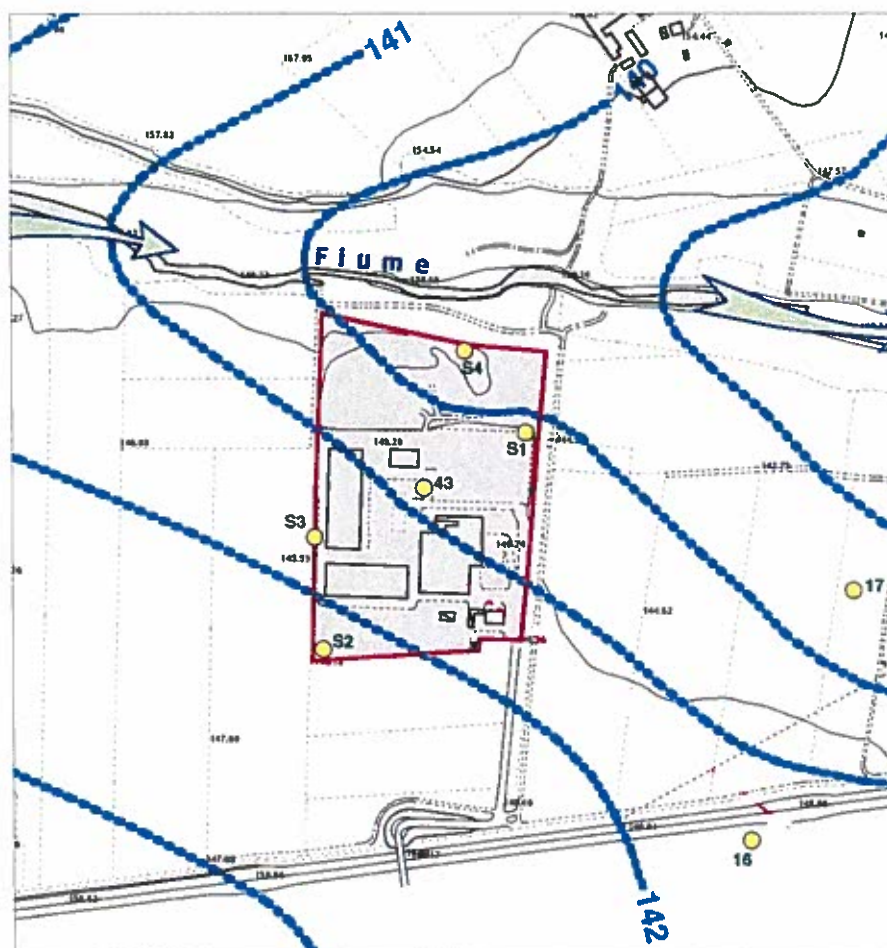


Fig. 8.1 – Stralcio carta isofreatiche (Goequipe, 2000)

Da tale figura risulta un generale approfondimento della falda in direzione nord-est, concordante con la direzione di flusso principale della stessa verso il fiume Chienti, che costituisce l'elemento di drenaggio principale anche per quanto riguarda le acque sotterranee.

Nel corso della realizzazione degli scavi reperiti non sono state evidenziate manifestazioni idriche almeno fino alle profondità investigate (4.0 metri), mentre nella prova penetrometrica PR3 è stato rilevato un livello di falda a circa 6.2 metri di profondità.

Nelle sezioni stratigrafiche è stato pertanto ipotizzato il massimo livello di falda per l'area di intervento sul lato ovest ad una profondità di 3,0 metri dal piano di campagna attuale, mentre per il lato nord ad una profondità variabile tra 5 e 6,0 m dal piazzale attuale dell'impianto.

In generale non sono ipotizzabili interferenze negative delle opere in progetto con il locale regime idrico sotterraneo, anche se non si esclude la necessità dell'adozione di particolari accorgimenti tecnici nel caso di adozione di fondazioni profonde su pali trivellati, nella fase di realizzazione delle stesse.

Inoltre, in relazione alla vulnerabilità della falda di subalveo, a causa dell'elevata permeabilità dei terreni superficiali, dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti tecnici atti a scongiurare fenomeni d'inquinamento.

## **9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E INDICAZIONI PROGETTUALI**

Le verifiche allo stato attuale, prima descritte, hanno evidenziato che il rischio di inondazione relativo all'impianto del Cosmari nello stato attuale è legato a criticità puntuali, dovute alla insufficienza in alcuni tratti delle opere di recinzione, quindi facilmente superabile. L'intervento di mitigazione proposto prevede, pertanto, la realizzazione e/o l'innalzamento dei muri in c.a. esistenti fino ad una quota che garantisca un adeguato margine di sicurezza (almeno 100cm sopra i livelli di massima piena).

In particolare sono previste tre tipologie di opere di mitigazione di seguito descritte:

- 1) realizzazione di un muro sul lato ovest in prosecuzione di quelli già realizzati, a cui è stato associato un terrapieno di protezione sul lato esterno,

2) sopraelevazione dei muri in c.a. esistenti sull'angolo nord-ovest, che attualmente presentano una quota inferiore a quella derivante dal franco di sicurezza imposto.

3) realizzazione ex novo di un muro in c.a. fondato su pali sul lato nord verso il fiume Chienti, che prosegue anche sul lato est per il tratto necessario.

La protezione idraulica dell'impianto del COSMARI verrà inoltre completata con la realizzazione di adeguati sistemi antiriflusso in corrispondenza delle condotte sia dell'impianto stesso che di quelle superficiali che scaricano verso il fiume Chienti a valle delle opere di mitigazione ad una quota inferiore a quella di sicurezza prevista.

Dall'elaborazione di tutti i dati acquisiti è possibile formulare alcune indicazioni utili alla progettazione degli interventi:

- l'area in questione non è direttamente interessata da processi morfogenetici in atto e/o potenziali e risulta pertanto morfologicamente stabile;
- è stata rilevata la presenza di una falda di subalveo a profondità superiori ai 3,0-5,0 metri dal piano di campagna;
- dal punto di vista stratigrafico l'area di intervento è caratterizzata dalla presenza di un substrato argilloso reperibile ad una profondità dell'ordine dei 10-13 metri, ricoperto da depositi alluvionali ghiaiosi e subordinatamente sabbioso-limosi. Superficialmente è stata rilevata la presenza di terreni di riporto eterogenei di spessore comunque limitato.
- ad eccezione dei terreni di riporto, tutti i litotipi rilevati nell'area in oggetto possono risultare idonei terreni fondazione in relazione alle caratteristiche dimensionali e strutturali dei manufatti in progetto ed all'entità dei carichi trasmessi, anche se i terreni ottimali da tale punto di vista sono comunque rappresentati dai depositi alluvionali a granulometria prevalentemente grossolana (ghiaie sabbiose) e dal substrato (argille siltose sovraconsolidate).

In considerazione di quanto sopra esposto e della tipologia delle opere in progetto (muri di contenimento in c.a.), per la scelta delle fondazioni si osserva quanto segue:

- per il muro sul lato ovest, in relazione alla distanza dall'alveo del Fiume Chienti e trattandosi pertanto di una zona di eventuale espansione della piena dove possono escludersi fenomeni di erosione diretta da parte del corso d'acqua, potranno essere adottate fondazioni di tipo superficiale intestate nei depositi alluvionali a granulometria grossolana o medio-fine. Tuttavia, per evitare fenomeni di sifonamento la fondazione dovrà essere dotata di in setto di ammorsamento spinto più in profondità.
- per la realizzazione dei nuovi muri sul lato nord, vista la vicinanza dell'alveo del F. Chienti ed al fine di scongiurare fenomeni potenziali di erosione e scalzamento al piede anche in concomitanza degli eventi di piena, si consiglia invece la realizzazione di fondazioni profonde su pali trivellati adeguatamente intestate dei depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi. In tal caso risulterà necessario considerare la potenziale influenza della falda acquifera in sede esecutiva adottando soluzioni tecniche atte ad evitare il franamento delle pareti del foro ed il dilavamento del calcestruzzo.

### 9.1- Azioni sismiche

Per quanto riguarda la macrozonazione sismica del territorio nazionale il comune di TOLENTINO in cui ricade l'area in oggetto, ai sensi della D.G.R. n.1046 del 29/07/2003 *"Indirizzi generali per la prima applicazione dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274/2003 – Individuazione e formazione dell'elenco delle zone sismiche nella Regione Marche"*, risulta classificato in **zona 2**, che rappresenta la *"pericolosità sismica di base"* del sito in questione.

Ai fini dell'azione sismica di progetto si fa riferimento alla normativa vigente costituita dal D.M. 14/01/2008 (Norme tecniche per le costruzioni) e la relativa circolare esplicativa del 02/02/2009 n.617/ C.S.LL.PP..

Tale normativa (punto 3.2.2) prevede la valutazione dell'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale.

Per la verifica dei parametri sismici dei terreni presenti nel sito (velocità onde di S di taglio) è stata reperita una prova di tomografia sismica HVSR realizzata mediante *"Tromino®"*, realizzata

all'estremità sud-orientale dell'impianto. Nel caso specifico è risultato un valore di  $V_{s30}$  pari a 339 m/sec che, in relazione alla relativa omogeneità del locale assetto stratigrafico, può essere considerato rappresentativo per tutta l'area del COSMARI e quindi anche per quella attualmente oggetto di intervento.

In linea generale, sulla base dei profili di progetto ed al modello geotecnico di riferimento, è possibile definire una categoria di suolo di fondazione (C) ai sensi della tab. 3.2.II del DM 14/01/2008.

**Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo**

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Nella situazione di progetto la valutazione della categoria di suolo di fondazione deve essere necessariamente eseguita in funzione del profilo finale previsto e soprattutto della tipologia di fondazione per ogni singola struttura.

Per quanto riguarda invece la componente topografica della risposta sismica locale, in considerazione della morfologia sub-pianeggiante dell'area di intervento, la stessa può essere ricompresa nella "categoria topografica - TI" (tabella 3.2.IV - DM 14/01/2008).



**Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche**

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

## 9.2 - Terre e rocce da scavo

Per quanto riguarda La gestione delle terre e rocce da scavo è attualmente disciplinata dal Dlgs 152/2006 e successive modifiche e integrazioni e dal regolamento di cui al Decreto del Ministero dell'Ambiente n. 161 del 10/08/2012.

Recentemente la Legge 9 agosto 2013, n. 98, di conversione DL. n. 69/2013, ha integrato il D.Lgs n. 152/2006. L'art. 41, comma 2 e l'art. 41 bis definiscono la normativa applicabile alle terre e rocce da scavo affinché non siano gestite come rifiuti ma come sottoprodotti, con riferimento alla tipologia di cantiere/attività dalle quali sono prodotte.

Nel caso specifico sono previsti movimenti terra connessi alla realizzazione delle opere di fondazione, che risultano intestate nei depositi alluvionali di natura prevalentemente ghiaioso-sabbiosa. Tali terreni potranno essere poi interamente riutilizzati nello stesso progetto per la realizzazione del terrapieno di protezione sul lato ovest. Gli altri movimenti terra riguardano lo splateamento provvisorio dell'area per la realizzazione delle fondazioni, terreni che verranno successivamente riallocati nella stesso sito.

Pertanto, nell'ipotesi di un completo riutilizzo in sito nello stesso progetto dei terreni provenienti dagli scavi, è applicabile l'art. 185 comma 1 lett. c) del D.lgs 152/2006, come sostituito dall'art.13 del D.lgs 205/2010, il quale prevede che “...il suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale escavato nel corso di attività di costruzione, ove sia certo che esso verrà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato...” non rientra nel campo di applicazione della parte quarta dello stesso decreto.

La valutazione del rispetto delle caratteristiche di qualità ambientale delle terre, ai sensi dell'art. 41 bis, comma 2, sarà a carico del produttore che dovrà comunque presentare prima dell'inizio degli scavi, una dichiarazione sostitutiva di atto notorio (DPR n. 445/00) all'ARPA territorialmente competente.

Si evidenzia che ai fini della definizione di materiali di scavo nelle terre potrà esservi la presenza di elementi antropici in misura comunque non superiore al 20%.

Tolentino, settembre 2016

# Indagini geognostiche e geofisiche disponibili

- Rn Sondaggio geognostico
- PRn Prova penetrometrica dinamica
- Scn Trincea ispezionabile
- SEV2 Sondaggio elettrico verticale
- HVSR Ubicazione indagine HVSR ("Tromino")
- Pozzo
- Area in cui è stata riscontrata la presenza di terreni di riporto eterogenei

## OPERE IN PROGETTO

- muro in c.a. con terrapieno di protezione
- innalzamento muro esistente
- muro in c.a. su pali
- sistemi antiriflusso

**Geoequipe**  
GEOLOGIA - INGEGNERIA

**ese**  
Sistema Qualità Certificato  
UNI EN ISO 9001  
Cert. n. 8175 GEOE  
ICHEL Reg. n. IT-37310

Studio Tecnico Associato - via S. Perini, 55 - 62029 Tolentino (MC)

TOLENTINO (MC)

**OPERE DI MITIGAZIONE RISCHIO IDRAULICO IMPIANTO TRATTAMENTO RIFIUTI IN LOC. PIANE DI CHIENTI DI TOLENTINO 1° STRALCIO**

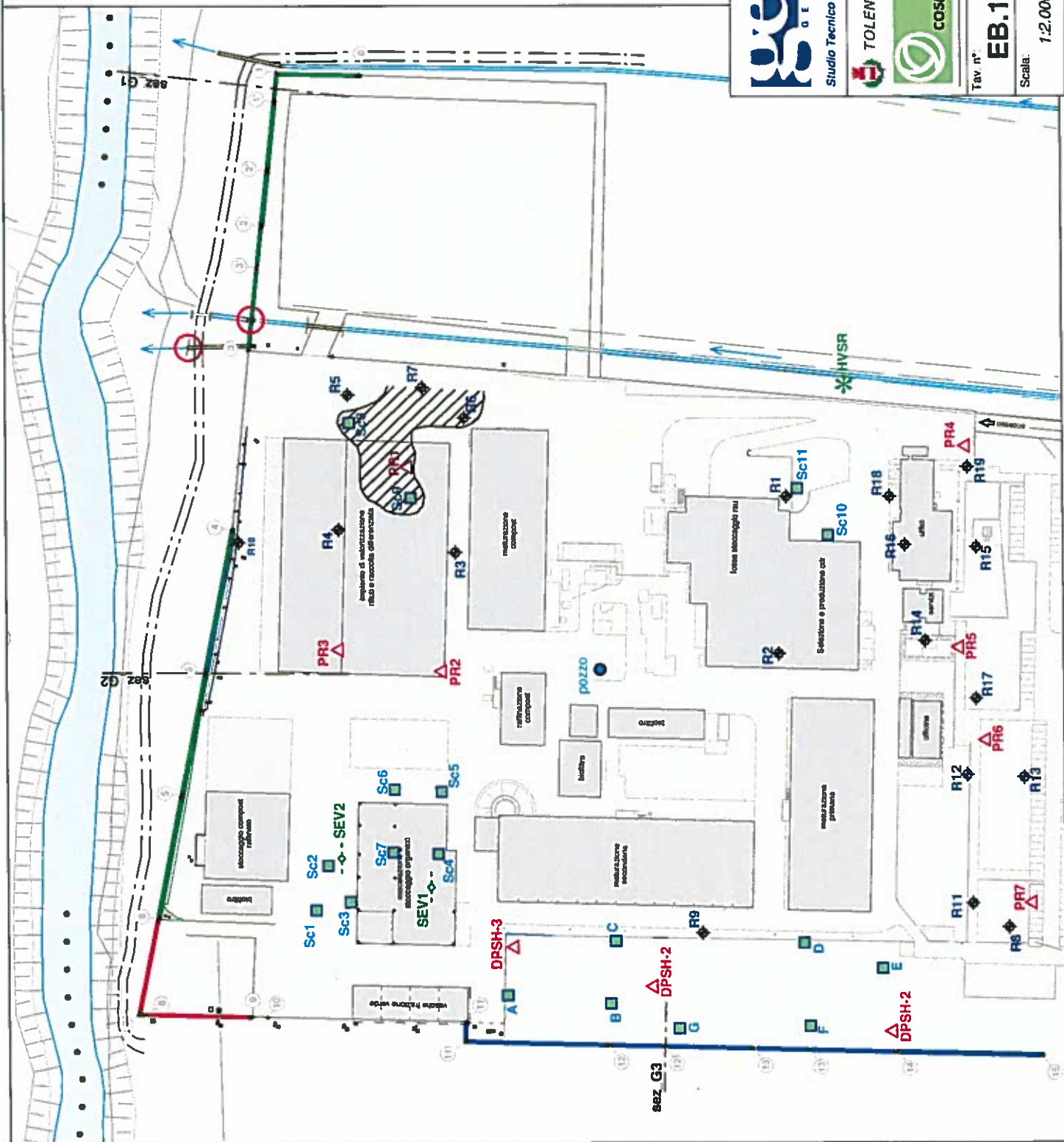


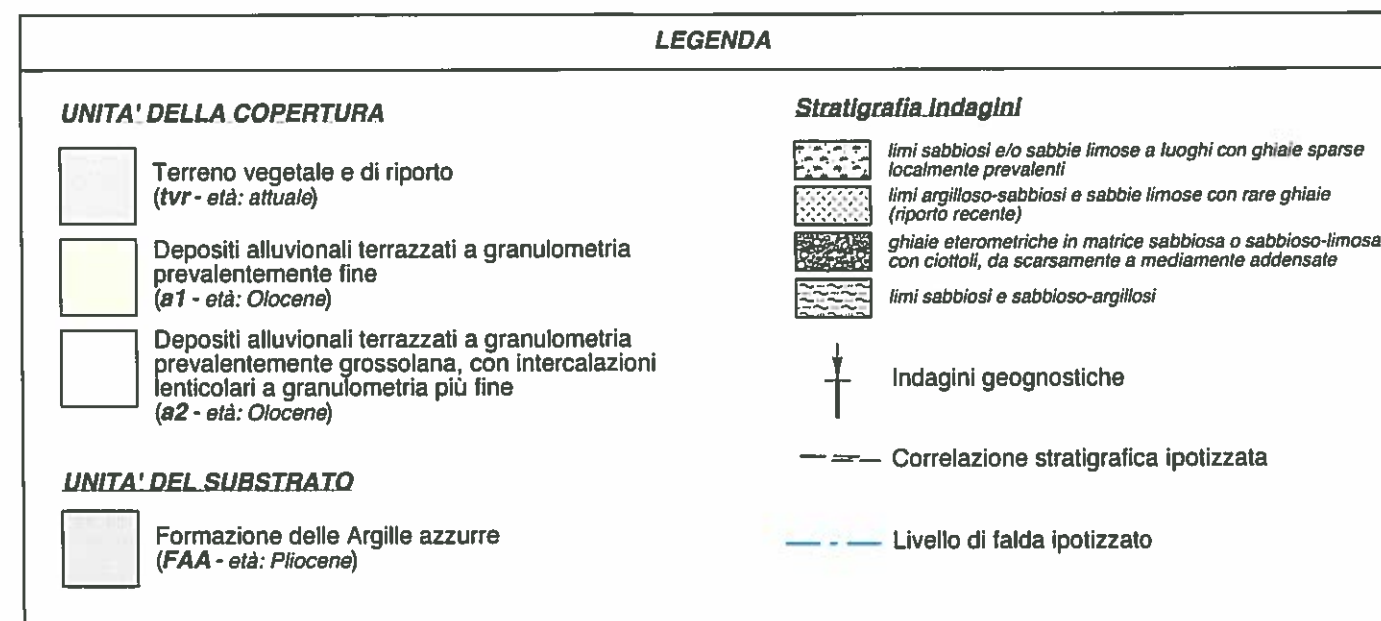
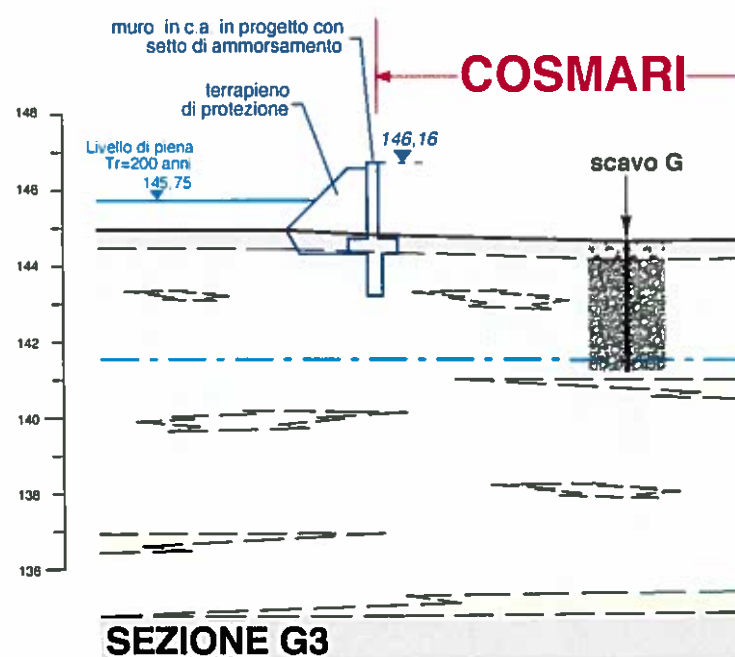
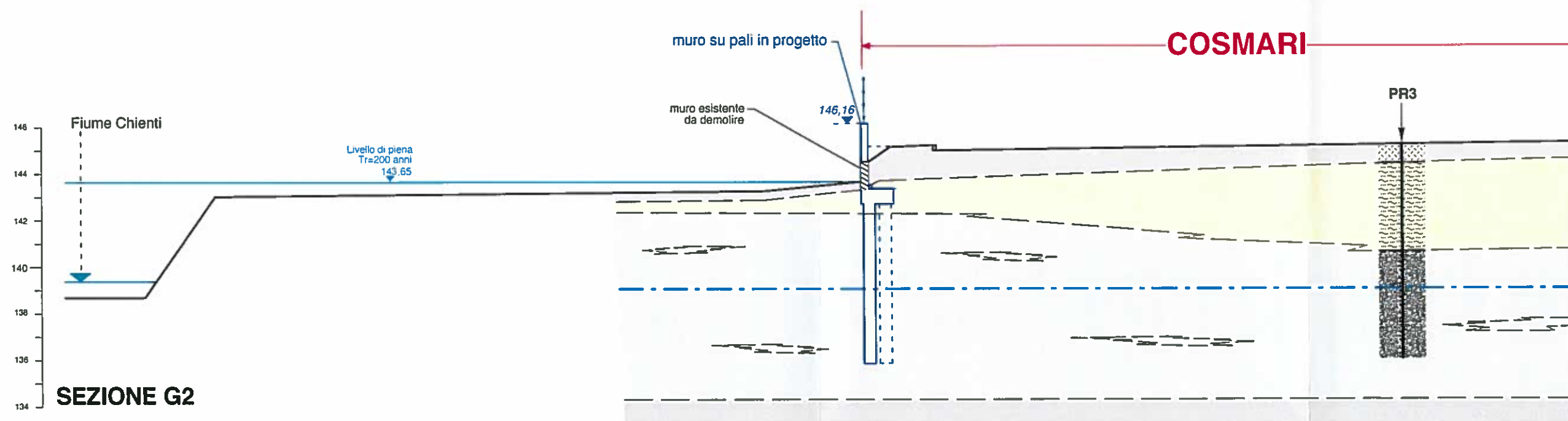
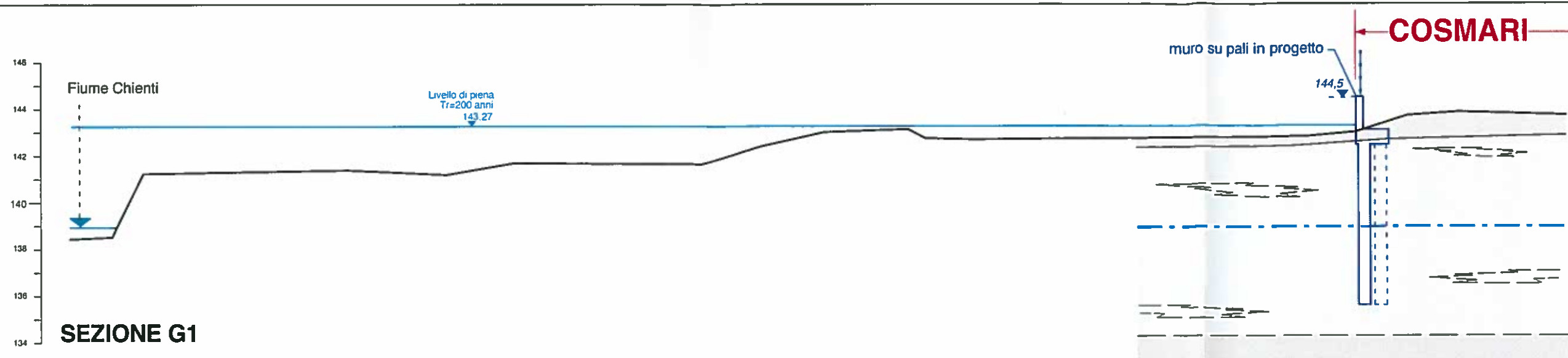
INDAGINI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE: planimetria ubicazione indagini

Tav. n° **EB.1**

Scala: 1:2.000

ID elaborato: 16\_019\_T\_A\_EB-1





**geoequipe**  
GEOLOGIA - INGEGNERIA

Studio Tecnico Associato - via S. Perini, 55 - 62029 Tolentino (MC)

**esq** **NCT**  
Sistema Qualità Certificato  
UNI EN ISO 9001  
Cert. n. 9175 GEDE  
IQNet Reg. n. IT-37310

**TOLENTINO (MC)**

**COSMARI**

**OPERE DI MITIGAZIONE RISCHIO IDRAULICO IMPIANTO TRATTAMENTO RIFIUTI IN LOC. PIANE DI CHIANTI DI TOLENTINO 1° STRALCIO**

Tav. n° **EB.2** INDAGINI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE: sezioni stratigrafiche

Scala: 1:200 ID elaborato: 16\_019\_T\_A\_EB-2

<p><i>Comune di Tolentino (MC)</i> OPERE DI MITIGAZIONE RISCHIO IDRAULICO IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI IN LOC. PIANE DI CHIANTI PROGETTO ESECUTIVO <i>Committente: COSMARI</i> <b><u>INDAGINI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE</u></b>  <i><u>Relazione geologica e geotecnica</u></i></p>	
---	--

## **Allegato (A)**

### **INDAGINI REPERITE**





**Geodrill** s.a.s.  
Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.  
**SERVIZI GEOLOGICI**  
Via Roma, 14 Tel/Fax 0732678668  
60043 Cerreto d'Esi (AN)  
P. IVA. 02334920424  
E-Mail: a\_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, 10 maggio 2012

**COMMITTENTE:** Studio Tecnico Geoequipe  
**CANTIERE:** CON.SMA.RI. - Tolentino (MC)

## **PROVA DPSH: SCHEDA TECNICA E LEGENDA**

### **caratteristiche tecniche del penetrometro**

Tipo di attrezzatura: DPSH penetrometro dinamico super pesante

Peso del maglio: 63,5 Kg

Altezza di caduta: 75 cm

Penetrazione standard: 20 cm

Dimensioni punta: area = 20 cm<sup>2</sup>      angolo = 90°

Dimensioni aste: diametro = 32 mm      lunghezza = 1,00 m

Peso aste: 6,15 Kg

Peso massa passiva: 4,2 Kg

### **legenda per la rappresentazione grafica**

H =      profondità

NC =      numero di colpi

q<sub>d</sub> =      resistenza alla penetrazione dinamica

### **legenda per la caratterizzazione geomeccanica**

NC<sub>m</sub> =      numero di colpi medio per quel determinato strato

C =      coefficiente di correlazione fra il numero di colpi dello SPT e quelli del DPSH

N<sub>spt equiv</sub> =      numero di colpi dello SPT equivalenti ricavati per correlazione

Dr =      densità relativa (Skempton, 1986)

φ =      angolo di attrito interno (De Mello - Japanese National Railway)

E =      modulo di elasticità (Schmertmann, Webb)

Ed =      modulo edometrico (Stroud e Butler 1975, Buisman-Sanglerat)

γ =      peso unità di volume

V<sub>s</sub> =      velocità delle onde di taglio (Iyisan, 1996)

K<sub>o</sub> =      modulo di reazione (Navfac)

ν =      modulo di Poisson

C<sub>u</sub> =      coesione non drenata (Terzaghi e Peck, Schmertmann 1975)



**Geodril** s.a.s

Dr Geol Valeriano Bassani & C

**SERVIZI GEOLOGICI**

Via Roma, 14 Tel/Fax 0732678888

60043 Cerreto d'Esi(AN)

P.IVA. 02334920424

E-Mail a\_geodril@libero.it

Cerreto d'Esi, 10 maggio 2012

COMMITTENTE: Studio Tecnico Geoequipe

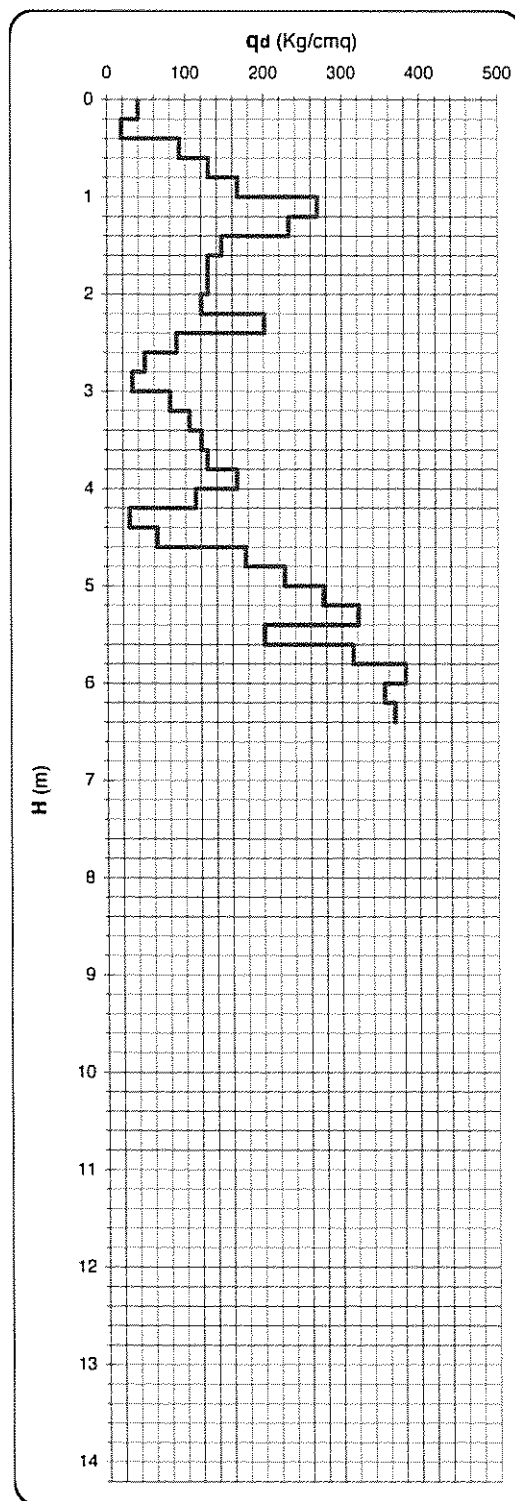
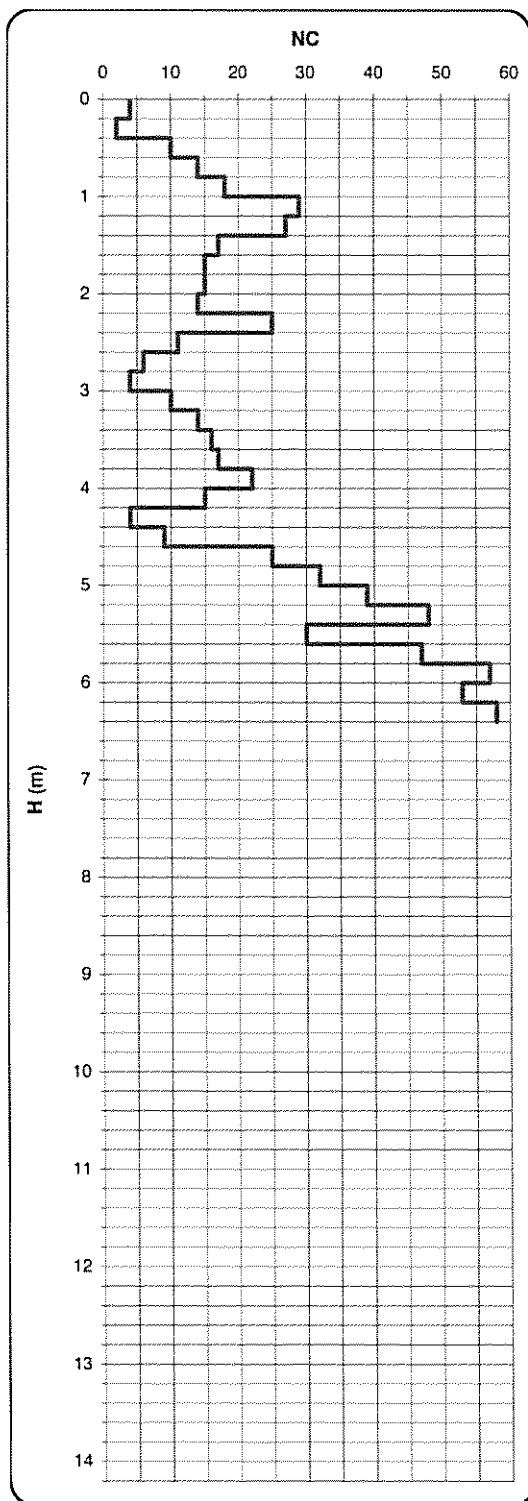
CANTIERE: CON.SMA.RI. - Tolentino (MC)

PROVA N.1 del 09/05/12

PROF.: 6,40 m

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA**

H (m)	NC	q <sub>d</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.2	4	40.14
0.4	2	18.53
0.6	10	92.63
0.8	14	129.68
1.0	18	166.73
1.2	29	268.61
1.4	27	232.23
1.6	17	146.22
1.8	15	129.02
2.0	15	129.02
2.2	14	120.42
2.4	25	200.70
2.6	11	88.31
2.8	6	48.17
3.0	4	32.11
3.2	10	80.28
3.4	14	105.37
3.6	16	120.43
3.8	17	127.95
4.0	22	165.59
4.2	15	112.90
4.4	4	28.34
4.6	9	63.76
4.8	25	177.10
5.0	32	226.69
5.2	39	276.28
5.4	48	321.16
5.6	30	200.72
5.8	47	314.47
6.0	57	381.37
6.2	53	354.61
6.4	58	367.65
6.6		
6.8		
7.0		
7.2		
7.4		
7.6		
7.8		
8.0		
8.2		
8.4		
8.6		
8.8		
9.0		
9.2		
9.4		
9.6		
9.8		
10.0		
10.2		
10.4		
10.6		
10.8		
11.0		
11.2		
11.4		
11.6		
11.8		
12.0		
12.2		
12.4		
12.6		
12.8		
13.0		
13.2		
13.4		
13.6		
13.8		
14.0		
14.2		



[illegible]



Cerreto d'Esi, 10 maggio 2012

**COMMITTENTE:** Studio Tecnico Geoequipe  
**CANTIERE:** CON.SMA.RI. - Tolentino (MC)

**PROVA DPSH: SCHEDA TECNICA E LEGENDA**

**caratteristiche tecniche del penetrometro**

Tipo di attrezzatura: DPSH penetrometro dinamico super pesante

Peso del maglio: 63,5 Kg

Altezza di caduta: 75 cm

Penetrazione standard: 20 cm

Dimensioni punta: area = 20 cm<sup>2</sup> angolo = 90°

Dimensioni aste: diametro = 32 mm lunghezza = 1,00 m

Peso aste: 6,15 Kg

Peso massa passiva: 4,2 Kg

**legenda per la rappresentazione grafica**

H = profondità

NC = numero di colpi

q<sub>d</sub> = resistenza alla penetrazione dinamica

**legenda per la caratterizzazione geomeccanica**

NC<sub>m</sub> = numero di colpi medio per quel determinato strato

C = coefficiente di correlazione fra il numero di colpi dello SPT e quelli del DPSH

N<sub>spt equiv</sub> = numero di colpi dello SPT equivalenti ricavati per correlazione

Dr = densità relativa (Skempton, 1986)

φ = angolo di attrito interno (De Mello - Japanese National Railway)

E = modulo di elasticità (Schmertmann, Webb)

Ed = modulo edometrico (Stroud e Butler 1975, Buisman-Sanglerat)

γ = peso unità di volume

V<sub>s</sub> = velocità delle onde di taglio (Iyisan, 1996)

Ko = modulo di reazione (Navfac)

ν = modulo di Poisson

C<sub>u</sub> = coesione non drenata (Terzaghi e Peck, Schmertmann 1975)



**Geodril** s.a.s

Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.

**SERVIZI GEOLOGICI**

Via Roma, 14 Tel/Fax 0732678888

60043 Cerreto d'Esi (AN)

P. IVA 02334920424

E-Mail: a\_geodril@libero.it

Cerreto d'Esi, 10 maggio 2012

COMMITTENTE: Studio Tecnico Geoequipe

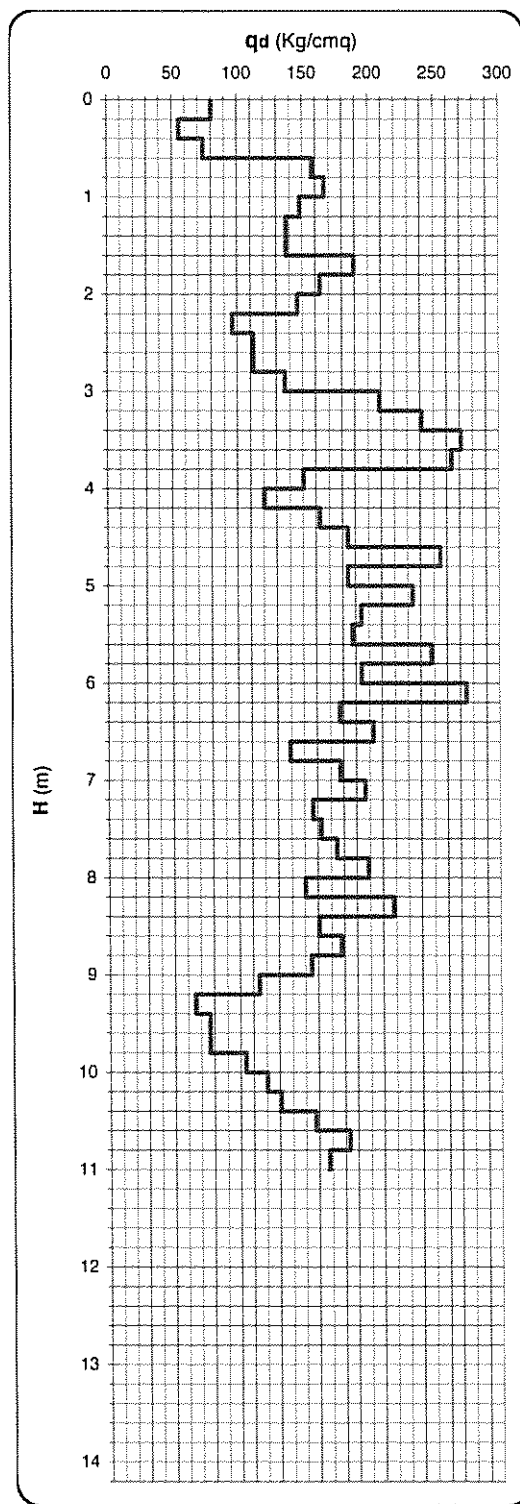
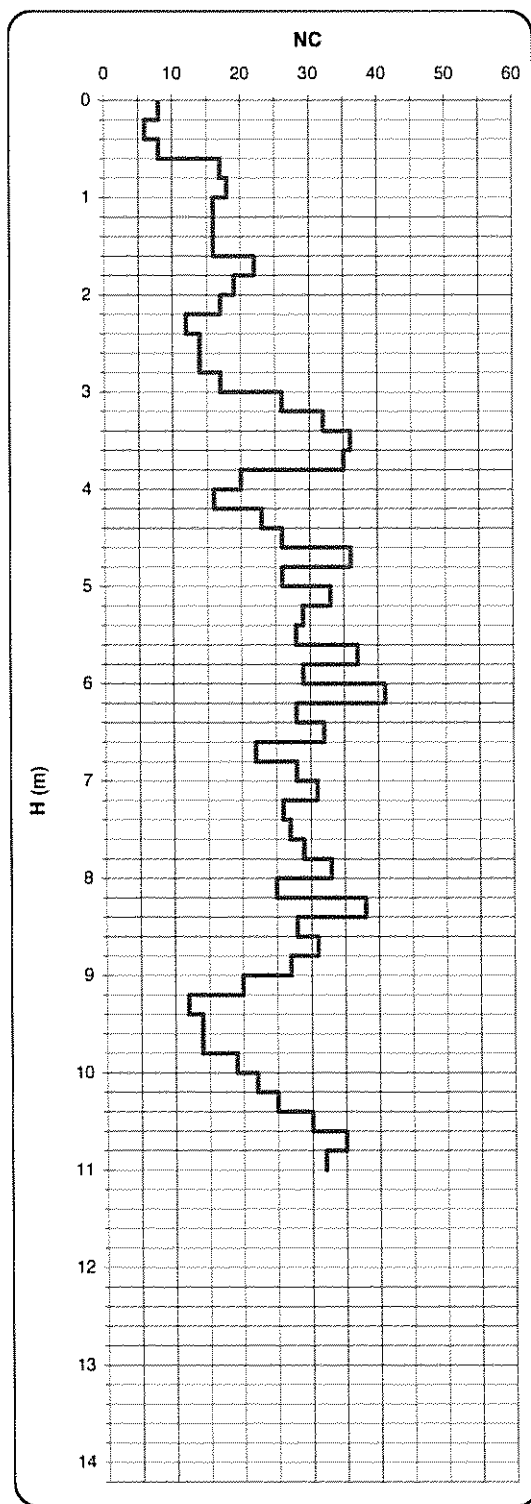
CANTIERE: CON.SMA.RI. - Tolentino (MC)

PROVA N.2 del 09/05/12

PROF.: 11,00 m

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA**

H (m)	NC	q <sub>d</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.2	8	80.27
0.4	6	55.58
0.6	8	74.10
0.8	17	157.46
1.0	18	166.73
1.2	16	148.20
1.4	16	137.62
1.6	16	137.62
1.8	22	189.23
2.0	19	163.42
2.2	17	146.22
2.4	12	96.34
2.6	14	112.39
2.8	14	112.39
3.0	17	136.48
3.2	26	208.73
3.4	32	240.85
3.6	36	270.96
3.8	35	263.43
4.0	20	150.53
4.2	16	120.43
4.4	23	162.93
4.6	26	184.19
4.8	36	255.03
5.0	26	184.19
5.2	33	233.78
5.4	29	194.03
5.6	28	187.34
5.8	37	247.56
6.0	29	194.03
6.2	41	274.32
6.4	28	177.49
6.6	32	202.84
6.8	22	139.45
7.0	28	177.49
7.2	31	196.50
7.4	26	156.57
7.6	27	162.59
7.8	29	174.64
8.0	33	198.72
8.2	25	150.55
8.4	38	217.94
8.6	28	160.59
8.8	31	177.79
9.0	27	154.85
9.2	20	114.71
9.4	12	65.70
9.6	14	78.65
9.8	14	76.65
10.0	19	104.02
10.2	22	120.44
10.4	25	130.92
10.6	30	157.10
10.8	35	183.29
11.0	32	167.58
11.2		
11.4		
11.6		
11.8		
12.0		
12.2		
12.4		
12.6		
12.8		
13.0		
13.2		
13.4		
13.6		
13.8		
14.0		
14.2		



[illegible]



Cerreto d'Esi, 10 maggio 2012

COMMITTENTE: Studio Tecnico Geoequipe  
CANTIERE: CON.SMA.RI. - Tolentino (MC)

## PROVA DPSH: SCHEDA TECNICA E LEGENDA

### caratteristiche tecniche del penetrometro

Tipo di attrezzatura: DPSH penetrometro dinamico super pesante

Peso del maglio: 63,5 Kg

Altezza di caduta: 75 cm

Penetrazione standard: 20 cm

Dimensioni punta: area = 20 cm<sup>2</sup> angolo = 90°

Dimensioni aste: diametro = 32 mm lunghezza = 1,00 m

Peso aste: 6,15 Kg

Peso massa passiva: 4,2 Kg

### legenda per la rappresentazione grafica

H = profondità

NC = numero di colpi

q<sub>d</sub> = resistenza alla penetrazione dinamica

### legenda per la caratterizzazione geomeccanica

NC<sub>m</sub> = numero di colpi medio per quel determinato strato

C = coefficiente di correlazione fra il numero di colpi dello SPT e quelli del DPSH

N<sub>spt equiv</sub> = numero di colpi dello SPT equivalenti ricavati per correlazione

Dr = densità relativa (Skempton, 1986)

φ = angolo di attrito interno (De Mello - Japanese National Railway)

E = modulo di elasticità (Schmertmann, Webb)

Ed = modulo edometrico (Stroud e Butler 1975, Buisman-Sanglerat)

γ = peso unità di volume

V<sub>s</sub> = velocità delle onde di taglio (Iyisan, 1996)

Ko = modulo di reazione (Navfac)

ν = modulo di Poisson

C<sub>u</sub> = coesione non drenata (Terzaghi e Peck, Schmertmann 1975)





**Geodril** s.a.s

Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.

**SERVIZI GEOLOGICI**

Via Roma, 14 Tel/Fax 0732678888

60043 Cerreto d'Esi (AN)

P. IVA 02334920424

E-Mail: a\_geodril@libero.it

Cerreto d'Esi, 10 maggio 2012

COMMITTENTE: Studio Tecnico Geoequipe

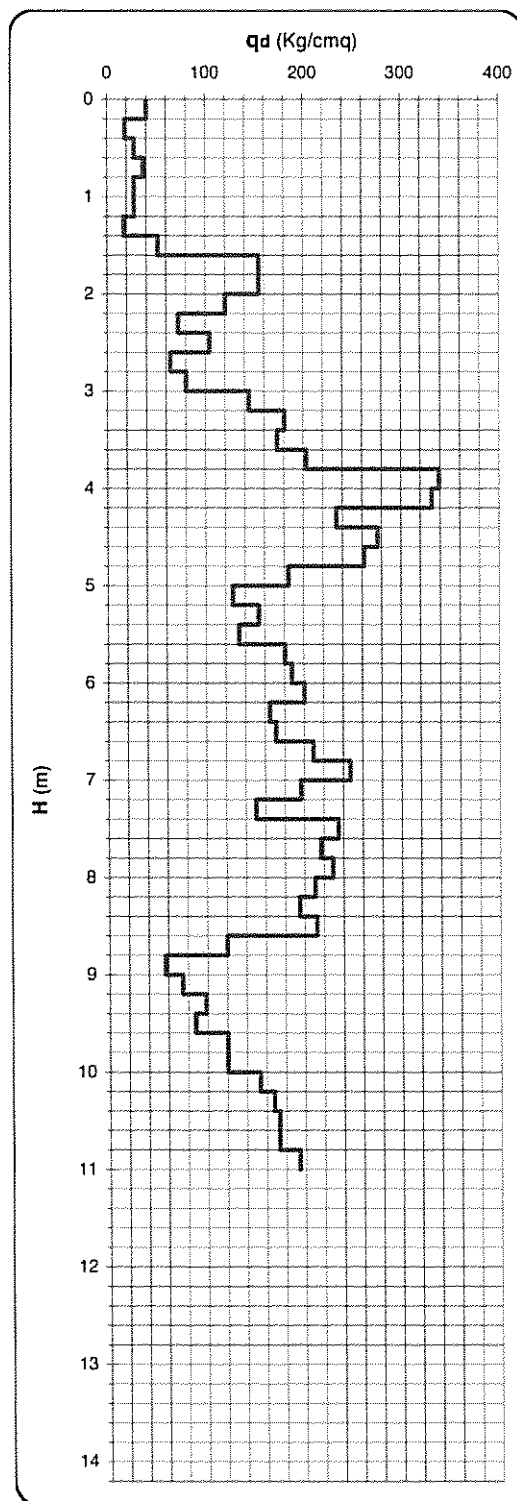
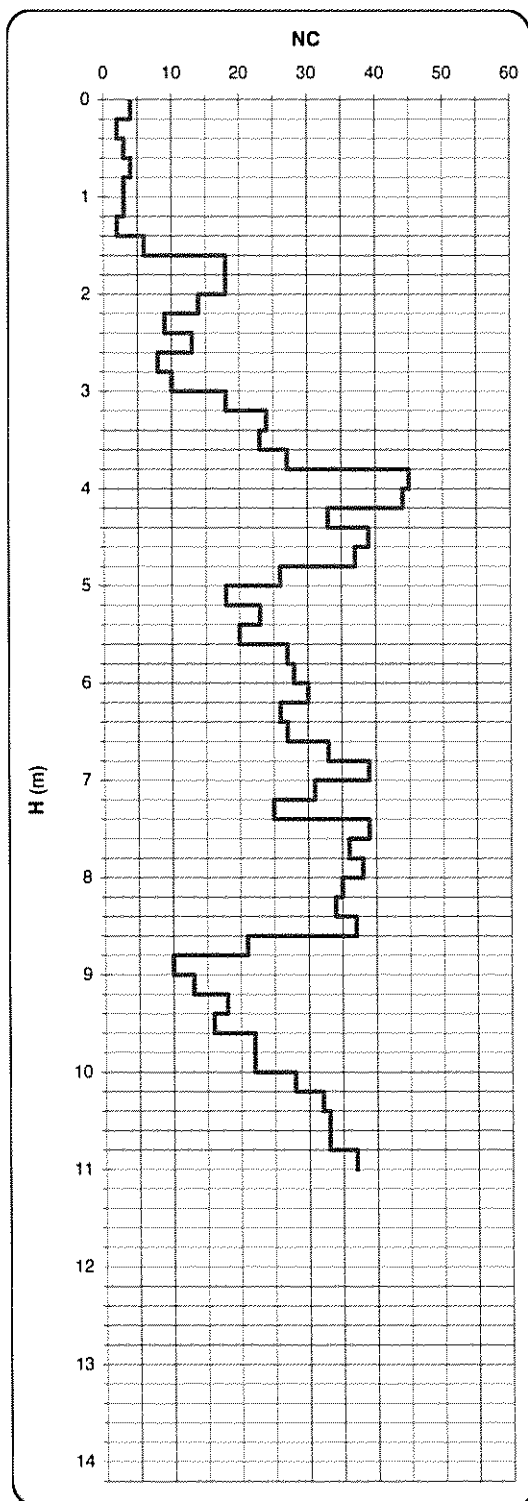
CANTIERE: CON.SMA.RI. - Tolentino (MC)

PROVA N.3 del 09/05/12

PROF.: 11,00 m

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA**

H (m)	NC	q <sub>d</sub> (Kg/cm²)
0.2	4	40.14
0.4	2	18.53
0.6	3	27.79
0.8	4	37.05
1.0	3	27.79
1.2	3	27.79
1.4	2	17.20
1.6	6	51.61
1.8	18	154.82
2.0	18	154.82
2.2	14	120.42
2.4	9	72.25
2.6	13	104.37
2.8	8	64.23
3.0	10	80.28
3.2	18	144.51
3.4	24	180.64
3.6	23	173.11
3.8	27	203.22
4.0	45	338.70
4.2	44	331.17
4.4	33	233.78
4.6	39	276.28
4.8	37	262.11
5.0	26	184.19
5.2	18	127.51
5.4	23	153.89
5.6	20	133.81
5.8	27	180.65
6.0	28	187.34
6.2	30	200.72
6.4	26	164.81
6.6	27	171.15
6.8	33	209.18
7.0	39	247.21
7.2	31	195.50
7.4	25	150.55
7.6	39	234.86
7.8	36	216.79
8.0	38	228.83
8.2	35	210.77
8.4	34	195.00
8.6	37	212.21
8.8	21	120.44
9.0	10	57.35
9.2	13	74.56
9.4	19	98.54
9.6	16	87.60
9.8	22	120.44
10.0	22	120.44
10.2	28	153.29
10.4	32	167.58
10.6	33	172.81
10.8	33	172.81
11.0	37	193.76
11.2		
11.4		
11.6		
11.8		
12.0		
12.2		
12.4		
12.6		
12.8		
13.0		
13.2		
13.4		
13.6		
13.8		
14.0		
14.2		



[illegible]



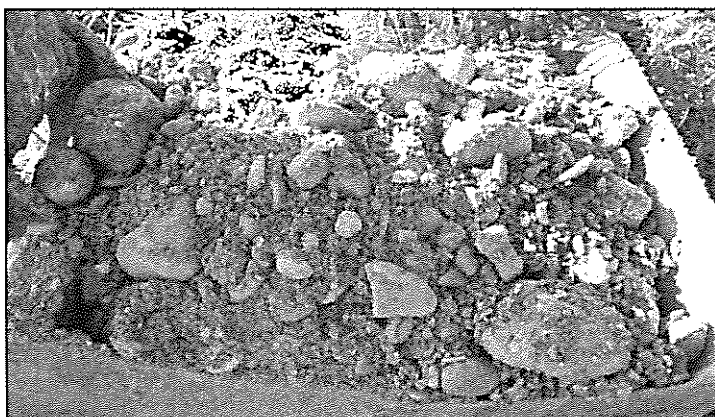
STRATIGRAFIA		DESCRIZIONE LITOLOGICA	Pocket penetrometer (Kg/cmq)	OSSERVAZIONI
	QUOTE (m) p.c. parz.			
1	0,3 0,3	limi sabbiosi e/o sabbie limose di colore nocciola scuro con resti vegetali recenti e rare ghiaie calcaree <b>TERRENO VEGETALE (TV)</b>		
2	1,6 1,3	limi sabbiosi di colore nocciola-giallastro con screziature grigie e ocracee; locali aumenti della frazione sabbiosa con prevalenza di sabbie limose <b>DEPOSITI ALLUVIONALI (A1)</b>	1,5	
3	3,5	ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa di colore avana giallastro con ciottoli anche grossolani, scarsamente addensate <b>DEPOSITI ALLUVIONALI (A2)</b>		da 3,0 m molto umide
4				
5				

NOTE:

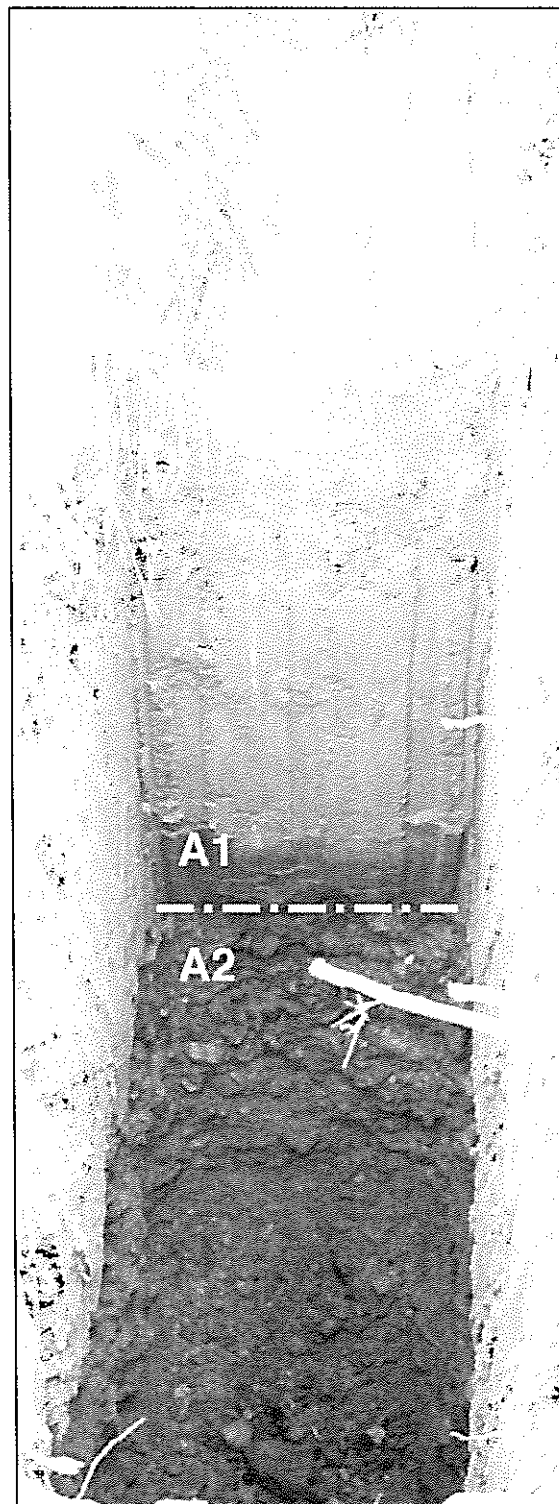
### Documentazione fotografica



Ubicazione scavo



Particolare materiale estratto: ghiaie sabbiose  
alluvionali con ciottoli (A2)



Particolare trincea



## SCAVO ISPEZIONABILE B

Comune di: TOLENTINO (MC)

Località: Piane di Chienti

Committente: COSMARI

Data: 08/05/2012

Metodo di scavo: escavatore meccanico

foglio 1 di 2

STRATIGRAFIA		DESCRIZIONE LITOLOGICA		Pocket penetrometer (Kg/cmq)	OSSERVAZIONI
QUOTE (m)				0 1 2 3 4 f.s.	
p.c.	parz.				
0,1	0,1	ghiaie con sabbie e limi di colore nocciola scuro <b>TERRENO VEGETALE (TV)</b>			
		ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa di colore nocciola, scarsamente addensate, con ciottoli <b>DEPOSITI ALLUVIONALI (A2)</b>			
0,7	0,6	al passaggio elementi ghiaiosi con patine nerastre o ferruginose ossidate di colore ocraceo			
1					
		ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa di colore avana giallastro con ciottoli anche grossolani, scarsamente addensate <b>DEPOSITI ALLUVIONALI (A2)</b>			
2					
3	3,0 2,3	ghiaie eterometriche in matrice sabbioso-limosa di colore avana-nocciola localmente abbondante, mediamente addensate e con rari ciottoli, <b>DEPOSITI ALLUVIONALI (A2)</b>			
	3,5				
4					
5					

da-2,8 m molto umide

NOTE:



### Documentazione fotografica



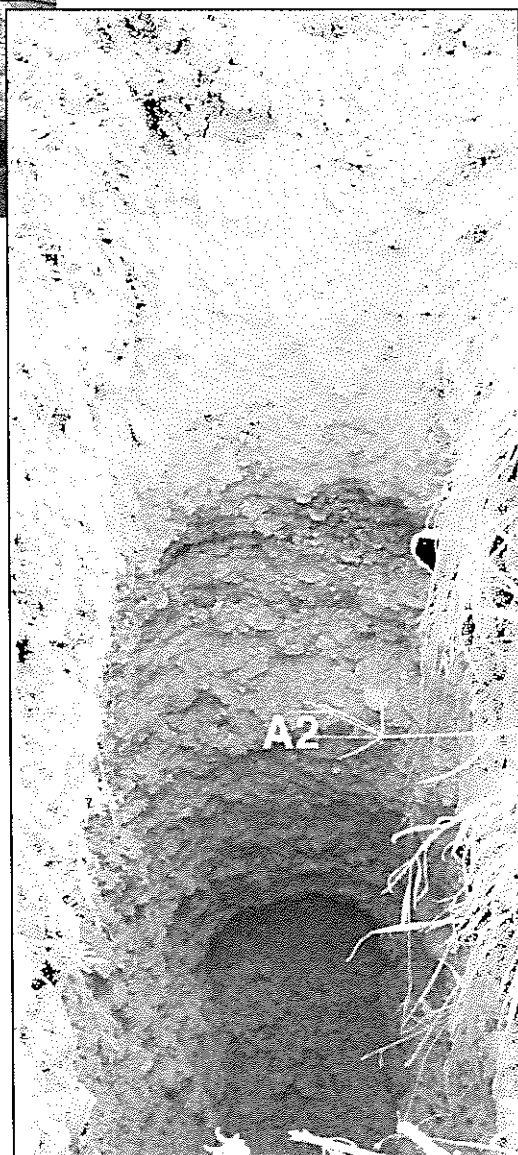
Ubicazione scavo



Particolare materiale estratto: ghiaie sabbiose alluvionali con ciottoli (A2)



Particolare dell'orizzonte con elementi ghiaiosi con patine nerastre



Particolare trincea

## SCAVO ISPEZIONABILE C

Comune di: TOLENTINO (MC)

Località: Piane di Chienti

Committente: COSMARI

Data: 08/05/2012

Metodo di scavo: escavatore meccanico

foglio 1 di 2

STRATIGRAFIA		DESCRIZIONE LITOLOGICA	Pocket penetrometer (Kg/cmq)	OSSERVAZIONI
	QUOTE (m) p.c. parz.			
1	0,5 1,1	limi sabbioso-argillosi di colore nocciola-marrone con rare ghiaie sparse <i>TERRENO VEGETALE E DI RIPORTO (TV/R)</i>  limi sabbiosi di colore nocciola con ghiaie sparse <i>DEPOSITI ALLUVIONALI (A1)</i>	1,5-2,0	
2	0,6	ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa di colore avana giallastro con ciottoli anche grossolani, scarsamente addensate; localmente elementi ghiaiosi con patine nerastre o ferruginose ossidate di colore ocraceo <i>DEPOSITI ALLUVIONALI (A2)</i>		
3	3,5			da-3,0 m molto umide
4				
5				

NOTE:

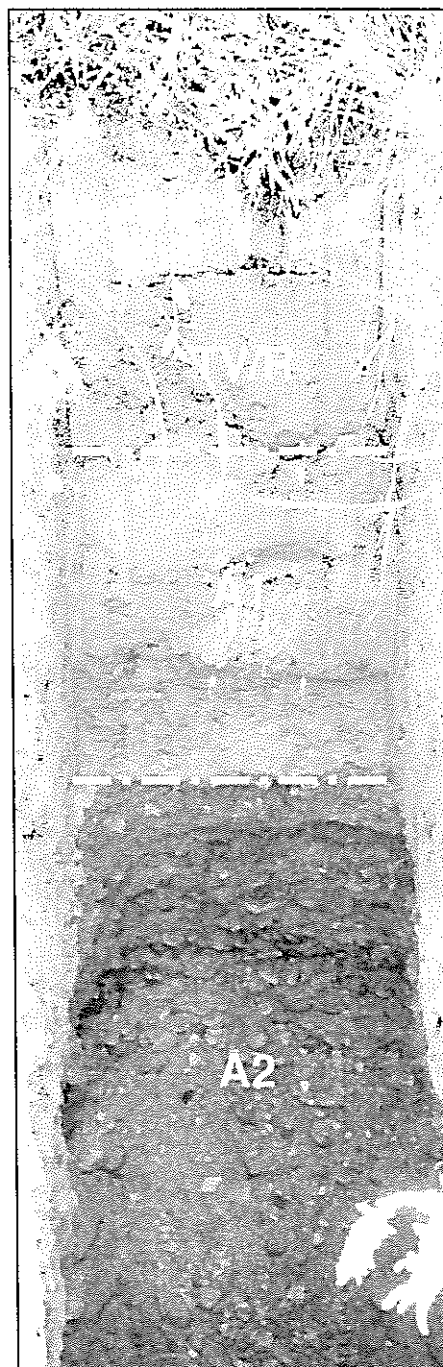
### Documentazione fotografica



Ubicazione scavo



Particolare materiale estratto



Particolare trincea





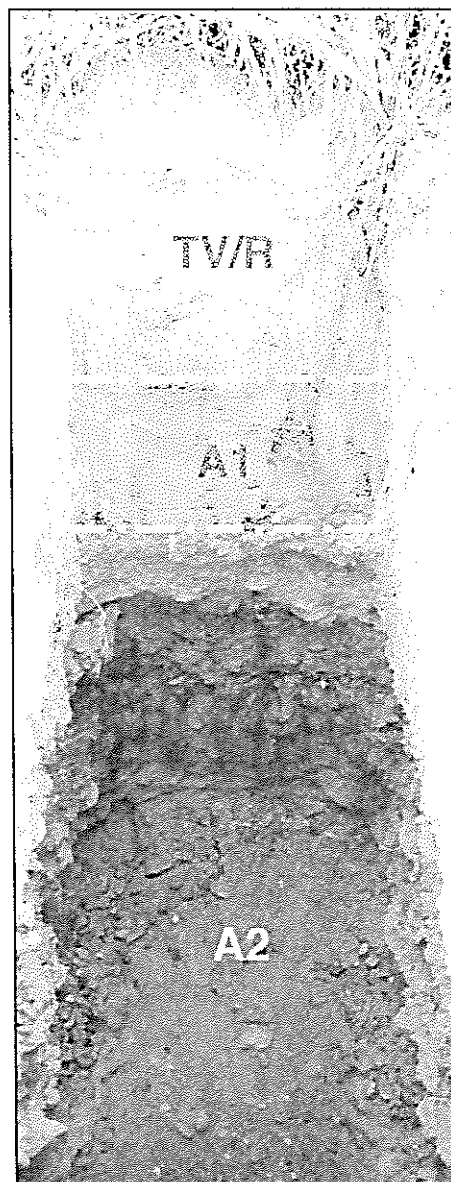
### Documentazione fotografica



Ubicazione scavo



Particolare materiale estratto



Particolare trincea



STRATIGRAFIA			DESCRIZIONE LITOLOGICA	Pocket penetrometer (Kg/cmq)	OSSERVAZIONI
QUOTE (m)					
p.c.	parz.				
1			limi sabbiosi di colore marrone con ghiaie sparse TERRENO VEGETALE (TV)		geometria lenticolare con aumento di spessore in direzione est
	0,4	0,4			
			limi sabbiosi e sabbie limose di colore nocciola-giallastro con screziature grigie e/o ocracee DEPOSITI ALLUVIONALI (A1)		
	0,8	0,4			
	1,2	0,8			
2					
			ghiaie eterometriche in abbondante matrice sabbiosa di colore avana giallastro, sciolte o scarsamente addensate, con ciottoli e piccole lenti sabbioso-limose DEPOSITI ALLUVIONALI (A2)		
3					
4					
5					

NOTE:

NOTE:


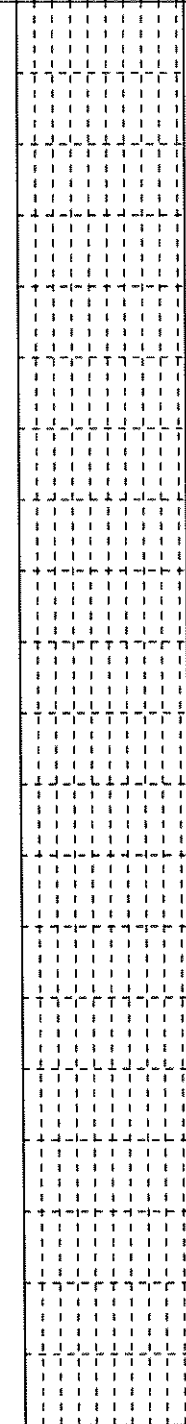
### Documentazione fotografica



Ubicazione scavo



Particolare trincea

STRATIGRAFIA			DESCRIZIONE LITOLOGICA	Pocket penetrometer (Kg/cmq)	OSSERVAZIONI
QUOTE (m)					
p.c.	parz.				
	0,4	0,4	limi sabbiosi di colore marrone con ghiaie sparse <i>TERRENO VEGETALE (TV)</i>		
	0,8	0,4	limi sabbiosi e sabbie limose di colore nocciola-giallastro con screziature grigie e/o ocracee <i>DEPOSITI ALLUVIONALI (A1)</i>		
2			ghiaie eterometriche in abbondante matrice sabbiosa di colore avana giallastro, sciolte o scarsamente addensate, con ciottoli e piccole lenti sabbioso-limose <i>DEPOSITI ALLUVIONALI (A2)</i>		
3					
	3,3				
4					
5					

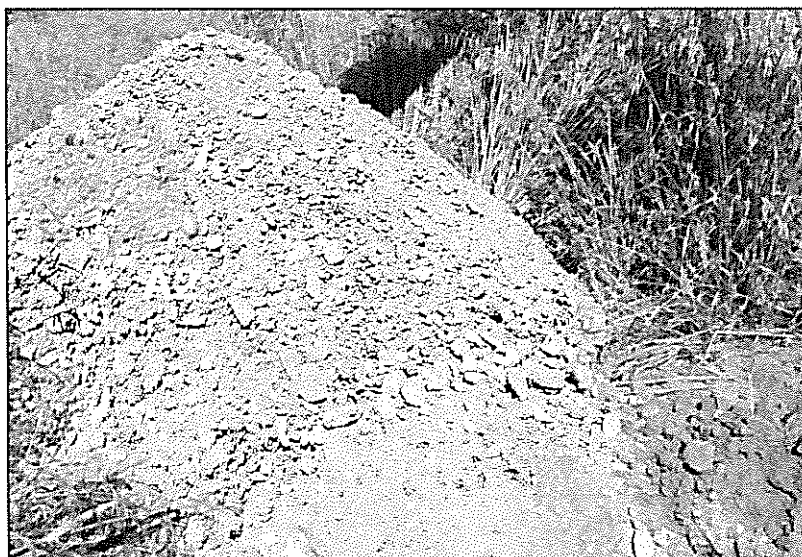
NOTE:

NOTE:

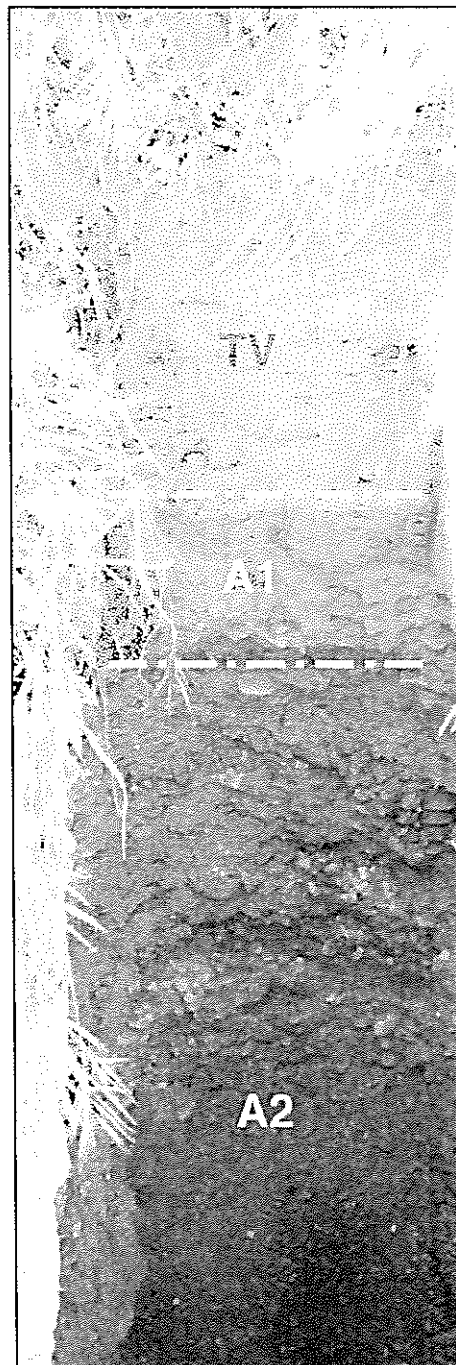
### Documentazione fotografica



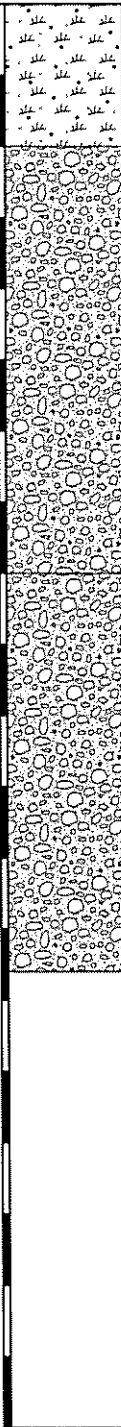
*Ubicazione scavo*



*Particolare materiale estratto*



*Particolare trincea*

STRATIGRAFIA		DESCRIZIONE LITOLOGICA	Pocket penetrometer (Kg/cmq)	OSSERVAZIONI	
QUOTE (m)					
p.c.	parz.				
	0,5	0,5	limi sabbiosi e sabbie con ghiaie di colore marrone nocciola <b>TERRENO VEGETALE (TV)</b>		
1				ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa molto scarsa di colore avana-giallastro, scarsamente addensate, con ciottoli <b>DEPOSITI ALLUVIONALI (A2)</b>	
2	2,0	1,5		da -2,0 metri aumento della matrice sabbiosa e molto umide	
3					

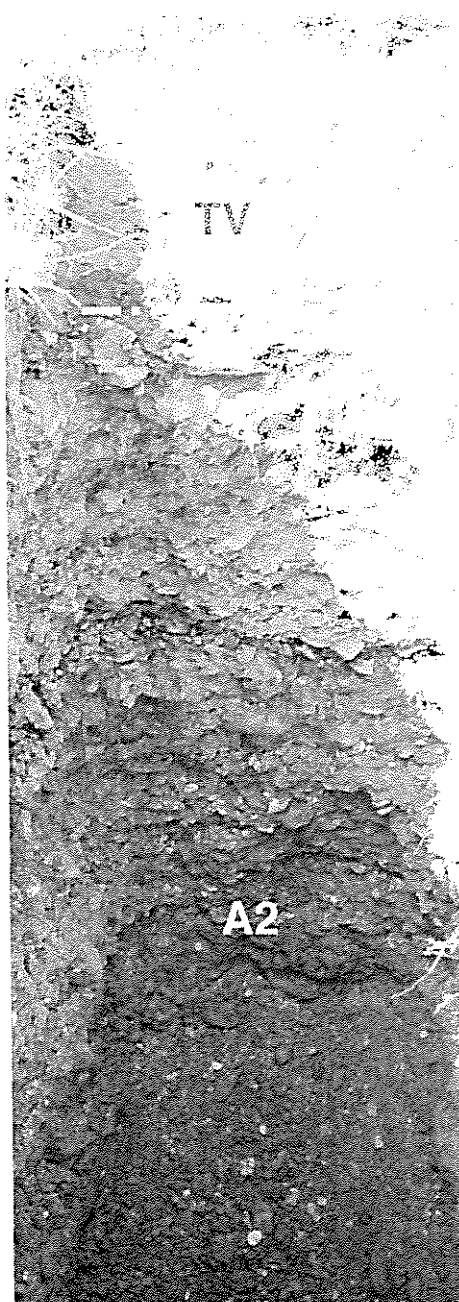
### Documentazione fotografica



*Ubicazione scavo*



*Particolare materiale estratto*



*Particolare trincea*



## Introduzione e riferimenti normativi

Scopo dell'indagine HVSR, eseguita mediante tromografo digitale, è la determinazione della categoria sismica del suolo per il calcolo dell'azione sismica di progetto in funzione del parametro  $V_{s30}$  (velocità di propagazione delle onde S nei primi 30 metri di profondità) nel rispetto di:

O.P.C.M. 3274/03 e successive modifiche ed integrazioni; e D.M. 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni).

L'intero territorio nazionale è stato suddiviso in 4 zone sismiche individuate dal valore  $a_g$  dell'accelerazione di picco al suolo, normalizzata rispetto all'accelerazione di gravità. I valori di  $a_g$  (convenzionali), si riferiscono all'accelerazione di picco in superficie per suolo di tipo A (Tab.:1), in cui il moto sismico non subisce variazioni sostanziali, contrariamente a ciò che accade nei suoli di tipo B,C,D,E,S1 e S2. I fattori che influenzano questo fenomeno sono l'intensità e la frequenza del moto stesso, le caratteristiche geotecniche, sismiche e lo spessore di suolo attraversato dal treno di onde per giungere in superficie.

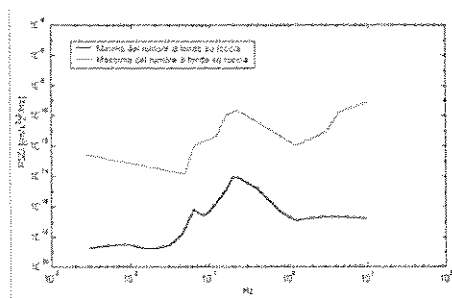
L'indagine eseguita con tale metodologia MISURA DIRETTAMENTE le frequenze caratteristiche di sito permettendo così di effettuare un'analisi di amplificazione sismica locale al fine di ottenere una valutazione reale e diretta dello spettro di risposta del terreno, elemento di fondamentale importanza nello studio del fenomeno di doppia risonanza edificio-struttura descritto più avanti.

La Normativa, infatti, in assenza di una specifica analisi di amplificazione sismica locale introduce un fattore di amplificazione  $S$  e periodi  $T$  che definiscono lo spettro di risposta di un oscillatore semplice con smorzamento pari al 5%, per ricavare indirettamente quello stesso parametro che con la presente tecnica andiamo a misurare direttamente.

### Cenni sulla tecnica utilizzata (tecnica dei rapporti spettrali)

La tecnica HVSR, (Horizontal to Vertical Spectral Ratio o tecnica di Nakamura), è una prospezione geofisica non invasiva che attraverso la misura del "rumore sismico", ovunque presente sulla superficie terrestre, fornisce dati sulle frequenze caratteristiche del sito investigato. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte da terremoti nel campo prossimo all'epicentro. Tale tecnica, essendo una misurazione sismica passiva, non richiede la produzione di impulsi generati ad hoc come nel caso di sismica attiva.

Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale e in assenza di vento, lo spettro in frequenza del rumore di fondo, in un terreno roccioso e pianeggiante, ha l'andamento illustrato in Fig.1, dove la curva blu rappresenta il rumore di fondo minimo di riferimento, mentre la curva verde rappresenta il massimo di tale rumore, e dove i picchi a 0.14 e 0.07 Hz sono prodotti dalle onde oceaniche sulle coste.



**Fig.1: Modelli standard del rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra**



Cerreto d'Esi il 23 novembre 2010  
Comm.: Geoequipe  
Cant.: CON.SMA. RI. – Tolentino (MC)  
Indagine HVSR - N°: 1 del: 23/11/2010

Tali componenti spettrali vengono attenuate relativamente poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di guida d'onda. A questo rumore di fondo, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ecc.) e naturali, che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce. I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde S, il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione dalla velocità di queste ultime.

### Strumentazione impiegata

Le misure di microtremore ambientale, della durata minima di 12 minuti, sono effettuate con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento Tromino, 10 x 7 x 14 cm per 1,1 kg di peso) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, fornito di GPS interno e senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

### Stratigrafia sismica da indagini a stazione singola

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di *contrasto di impedenza*. Per *strato* si intende cioè un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso. Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo. Inizialmente, alcuni ricercatori, proposero di utilizzare anche l'ampiezza del picco come indicatore sintetico dell'amplificazione sismica locale, direttamente utilizzabile per la microzonazione.

Studi recenti hanno dimostrato che ulteriori picchi a frequenza maggiori di quelle del bedrock sono riconducibili a contrasti di impedenza interni alla copertura sedimentaria (es. Baumbach et al., 2002) e picchi a frequenze minori di quella del bedrock sono invece riconducibili a contrasti di impedenza interni al bedrock stesso (es. Guillier et al., 2005). Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVSR può essere, in linea di principio, usato come strumento stratigrafico.

### Basi teoriche del metodo H/V

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente semplici in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D). Consideriamo il sistema di Fig. 2 in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità ( $\rho_1$  e  $\rho_2$ ) e le diverse velocità delle onde sismiche ( $V_1$  e  $V_2$ ). Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati.

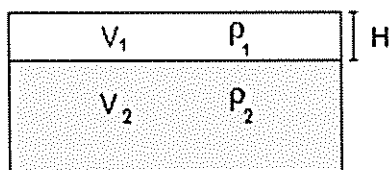


Fig. 2: Mezzo a 2 strati caratterizzati da densità  $\rho$  e velocità di propagazione  $V$



Cerreto d'Esi il 23 novembre 2010  
Comm.: Geoequipe  
Cant.: CON.SMA. RI. – Tolentino (MC)  
Indagine HVSR - N°: 1 del: 23/11/2010

L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente ( $l$ ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore  $H$  del primo strato. La frequenza fondamentale di risonanza ( $f_r$ ) dello strato 1 relativa alle onde S (o P) è pari a:

$$(f_r) = V_{s1}/4H \quad (f_r) = V_{p1}/4H \quad [1]$$

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh. Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume, poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S. Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione [1]. L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) il contenuto in frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La situazione, nel caso di un suolo reale, è spesso più complessa. Innanzitutto il modello di strato piano al di sopra del bedrock si applica molto raramente. Poi, la velocità aumenta con la profondità, possono esserci eterogeneità laterali importanti ed infine la topografia può non essere piana. L'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici, nei casi reali, sfrutta quindi la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli 'sintetici', cioè con quelli calcolati relativamente al campo d'onde completo di un modello 3D. L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini. In questo lavoro i segnali sono stati analizzati non solo attraverso i rapporti spettrali H/V ma anche attraverso gli spettri delle singole componenti, e nei casi più significativi, le curve HVSR sono state invertite secondo la procedura descritta da Arai e Tokimatsu (2004).

#### **Procedura di analisi dati**

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

- le curve HVSR, ottenute col software Grilla in dotazione al tomografo TROMINO, con parametri:
  - ⇒ larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
  - ⇒ lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale,
  - ⇒ rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine / media a lungo termine) superiore a 2,
  - ⇒ rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti.
- le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto (ottenute dopo analisi con gli stessi parametri del punto precedente).

Nei casi particolarmente semplici (copertura + bedrock o bedrock like) le profondità  $h$  delle discontinuità sismiche sono state ricavate tramite la formula seguente:

$$H = \left[ \frac{V_0^2 (1 - a^2)}{4v_1^2} + 1 \right]^{1/(1-a)} - 1$$

in cui  $V_0$  è la velocità al tetto dello strato,  $a$  un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e  $v_1$  la frequenza fondamentale di risonanza. Nei casi più complessi (la maggioranza) si sono invertite le

curve HVSR creando una serie di modelli teorici da confrontare con quello sperimentale, fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali. In questo lavoro per l'inversione delle curve HVSR si sono seguite le procedure descritte in Arai e Tokimatsu (2004), usando il modo fondamentale delle onde di Rayleigh e Love. Si fa notare che ai fini di questi modelli le  $V_p$  e la densità  $\rho$  dei mezzi sono quasi ininfluenti pertanto i valori di  $V_p$  e  $\rho$  che si sono impiegati vanno considerati come puramente indicativi.

### La stima della frequenza di risonanza degli edifici

L'applicabilità pratica della semplice formula [1] per il calcolo delle frequenze fondamentali di risonanza dei suoli è stata dimostrata in molti studi sia nell'ambito della prospezione geofisica che nell'ambito ingegneristico. Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula seguente:

$$freq. naturale edificio \approx 10 \text{ Hz} / \text{numero piani.} \quad [2]$$

È la coincidenza di risonanza tra terreno e struttura, espressa dalla relazione seguente:

$$freq. naturale edificio \approx freq. naturale coperture \quad [3]$$

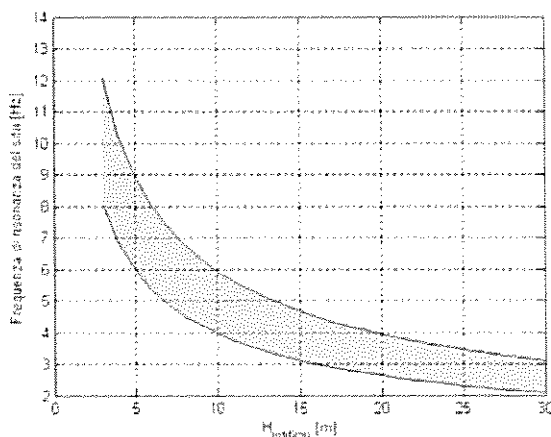
ad essere particolarmente pericolosa, perché dà luogo alla massima amplificazione. La combinazione della [1], [2] e della [3] porta alla

$$10 \text{ Hz} / \text{numero piani} \approx V_s / (4H). \quad [4]$$

da cui si può ricavare una relazione di prima approssimazione tra il numero di piani dell'edificio e lo spessore delle coperture nel sito dell'edificio stesso che possono determinare situazioni pericolose e devono quindi essere oggetto di studi approfonditi. Se consideriamo, ad esempio, una fascia di velocità delle onde di taglio tipica dei terreni alluvionali medio-fini (200-300 m/s), possiamo riscrivere la [4] come:

$$10 \text{ Hz} / \text{numero piani} \approx 200-300 \text{ m/s} / (4H). \quad [5]$$

Recenti studi Italiani di Masi et al. (2007) cfr. Figura 3, effettuati su un gran numero di edifici in c.a. mettendo in relazione le frequenze di oscillazione caratteristiche con le altezze, hanno evidenziato alcune deviazioni rispetto alla [5].



**Fig 3: Relazione tra altezza di un edificio in c.a. e frequenza di risonanza del sito investigato: la zona in blu indica l'area più vulnerabile dal punto di vista dei fenomeni di doppia risonanza.**



Cerreto d'Esse il 23 novembre 2010  
 Comm.: Goequipe  
 Cant.: CON.SMA. RI. - Tolentino (MC)  
 Indagine HVSR - N°: 1 del: 23/11/2010

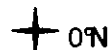
# **Comm: GEOEQUIPE - Cant.: CON.SMA.RI. - Tolentino (MC)**

Instrument: TEP-0040/01-09

Start recording: 23/11/10 09:33:36 End recording: 23/11/10 09:47:37

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS location: 013°23.3558 E, 43°14.3077 N (162.4 m)



UTC time (synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 samples

Satellite no.: 04

Trace length: 0h14'00". Analyzed 74% trace (manual window selection)

Sampling frequency: 128 Hz

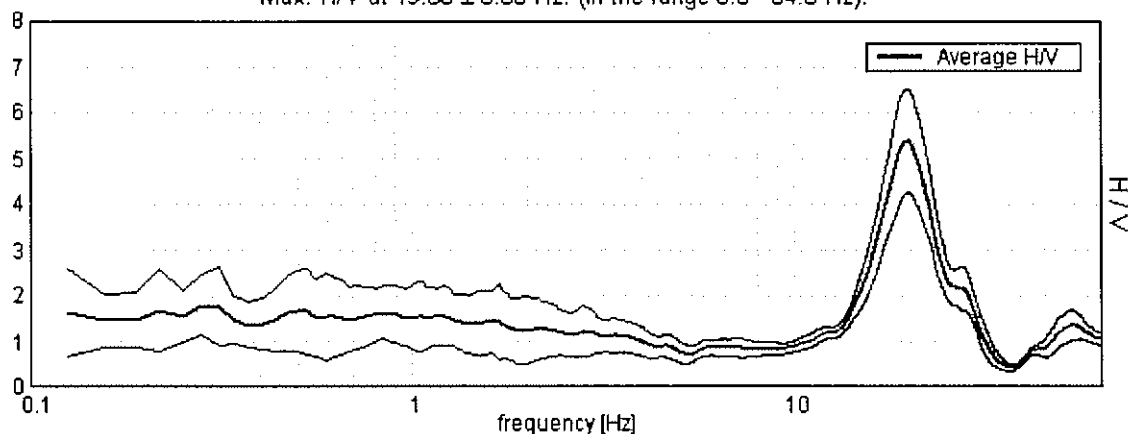
Window size: 20 s

Smoothing window: Triangular window

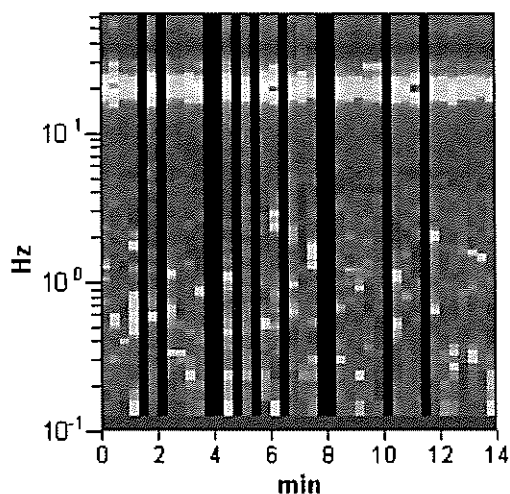
Smoothing: 10%

## **HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**

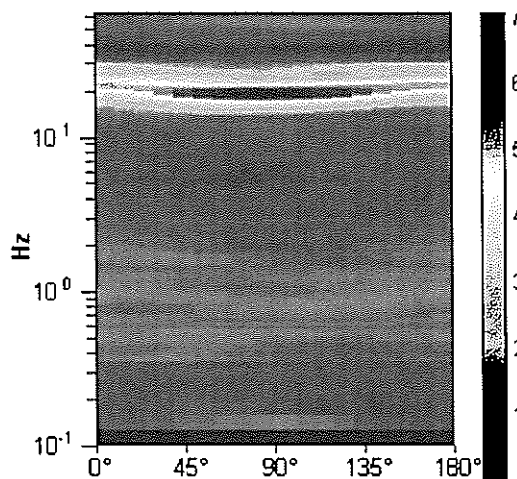
Max. H/V at  $19.88 \pm 0.06$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



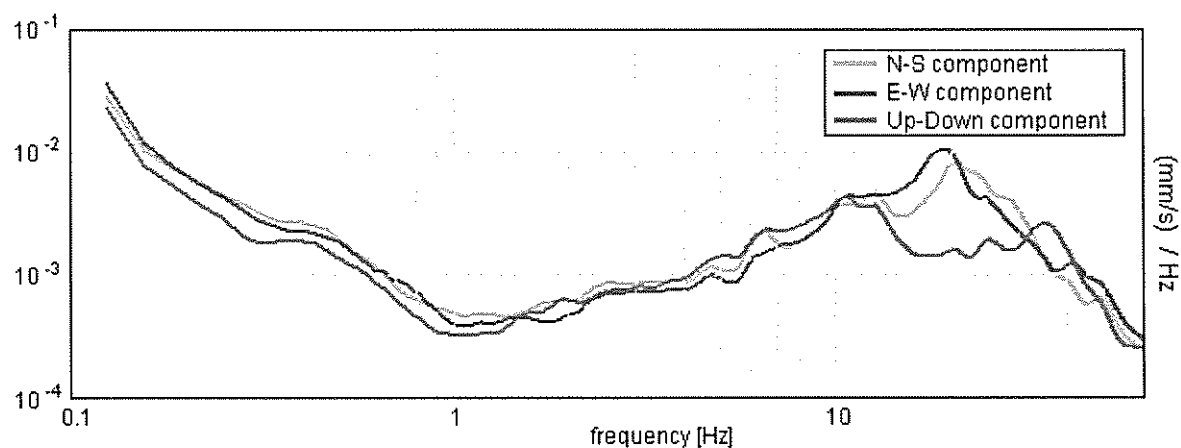
## **H/V TIME HISTORY**



## **DIRECTIONAL H/V**

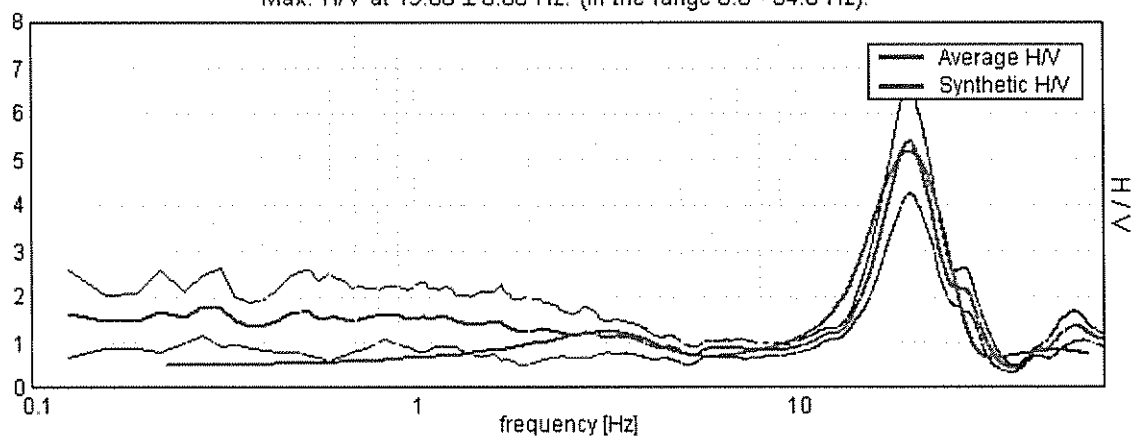


### SINGLE COMPONENT SPECTRA



### EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V

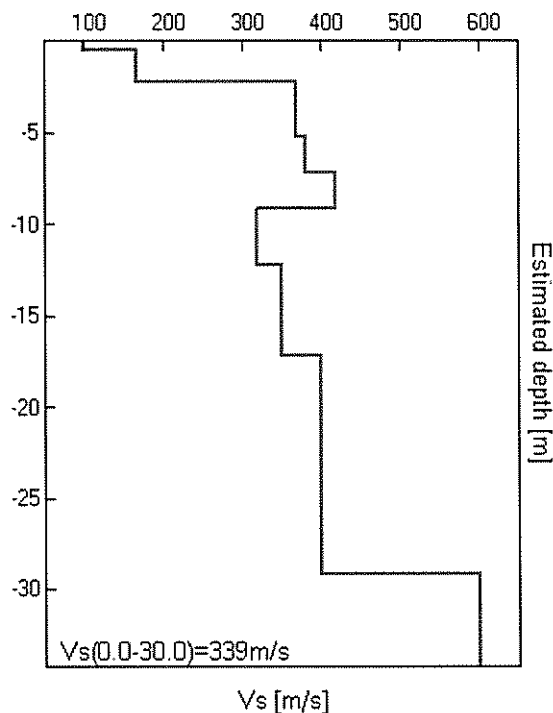
Max. H/V at  $19.88 \pm 0.06$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.50	0.50	100	0.35
2.20	1.70	165	0.35
5.20	3.00	370	0.35
7.20	2.00	380	0.35
9.20	2.00	420	0.35
12.20	3.00	320	0.35
17.20	5.00	350	0.35
29.20	12.00	400	0.35
inf.	inf.	600	0.35

$V_s(0.0-30.0)=339\text{m/s}$





Categorie di suolo di fondazione ai sensi del decreto 20/03/2003	
A	Formazioni litate o snodi omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s30}$ superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.
B	Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 560 m/s e 800 m/s (coefficiente resistenza penetrometrica $N_{60} > 50$ a cessione non drenata $c_u > 250$ kPa).
C	Depositi di sabbie e ghiaie moderatamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di $V_{s30}$ compresi tra 180 m/s e 560 m/s ( $15 < N_{60} < 50$ , $70$ kPa $< c_u < 250$ kPa).
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a moderatamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{s30}$ minori di 180 m/s ( $N_{60} < 15$ , $c_u < 70$ kPa).
E	Profili di terreni coesivi da snodi superficiali alluvionali, con valori di $V_{s30}$ simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 m e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{s30}$ superiore ad 800 m/s.
S1	Depositi coesivi da argille che includono uno strato spesso almeno 10 m di argille limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $PI > 40$ ) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30}$ minori di 180 m/s e 10 kPa ( $c_u < 20$ kPa).
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

NOTA: la categoria di sottosuolo viene stabilita in funzione del valore di  $V_{s30}$  calcolato a partire dalla quota del Piano Campagna.

#### Commento sul profilo delle velocità.

L'analisi del profilo delle velocità mostra una successione di terreni caratterizzati da:

**sismostrato 1:** ha uno spessore complessivo di m.9,20 riconducibile alla alluvionale.

**sismostrato 2:** da a m. 9,20 correlabile nella porzione più superficiale alla frazione alterata della formazione, poi alla formazione che, man mano che ci si approfondisce, manifesta migliori proprietà geofisiche con velocità delle Vs stimata a m/s 600.



Cerreto d'Esi il 23 novembre 2010  
Comm.: Geoequipe  
Cant.: CON.SMA. RI. – Tolentino (MC)  
Indagine HVSR - N°: 1 del: 23/11/2010

[According to the Sesame, 2005 guidelines. Please read carefully the *Griffa* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at  $19.88 \pm 0.06$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

### Criteria for a reliable HVSR curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$19.88 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$12322.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 955 times	OK	

### Criteria for a clear HVSR peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	15.813 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	24.344 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.38 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$10.001561 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.03096 < 0.99375$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5429 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$

Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



**geoequipe**

STUDIO TECNICO ASSOCIATO  
GEOLOGIA E INGEGNERIA AMBIENTALE

Sede legale:  
Via V. Varano, 10 - 62032 CAMERINO (MC)  
tel./fax 0737/686591 (P.IVA 00817500432)

Sede operativa e corrispondenza:  
Via del Vallato, 2 - 62028 TOLENTINO (MC)  
tel./fax 0733/968606-958098

SCAVO n. 1

Comune di: TOLENTINO (MC)

Località: Plane di Chienti

Committente: Dott. Ing. Vincenzo Felici

Data: 10/02/1998

Metodo: escavatore meccanico

STRATIGRAFIA			DESCRIZIONE LITOLOGICA	Campioni (1)		Pocket penetrometer (Kg/cmq)	Osservazioni
QUOTE (m)		Acqua (2)		Quote dal p.c.			
p.c.	parz.						
1	0,5	0,5	Terreno vegetale				
			Sabbie e sabbie limose di colore giallastro con resti vegetali ossidati				
			A luoghi aumento della componente limosa				
2	1,8	1,3	Ghiale medio-grossolane in matrice sabbiosa di colore avana-giallastro, a luoghi abbondante, con ciottoli (Ø max 10-20 cm).				
			A luoghi sottili livelli limoso-sabbiosi				
3	3,0	1,2	Sabbie limose di colore grigio-giallastro				Umido
							Umido
4	3,7	0,7	Ghiale medio-grossolane in matrice sabbiosa di colore avana				Umido
	4,0						
5							

NOTE:

(1) prelievo campioni: ☐ rimaneggiati ☒ indisturbati

(2) manifestaz. idriche: ☒ falda (liv. statico) \* percolazioni



**geoequipe**

STUDIO TECNICO ASSOCIATO  
GEOLOGIA E INGEGNERIA AMBIENTALE

Sede legale:  
via V. Varano, 10 - 62032 CAMERINO (MC)  
tel./fax 0737/936591 (P.IVA 00817500432)

Sede operativa e corrispondenza:  
via del Vallato, 2 - 62029 TOLentino (MC)  
tel./fax 0733/963606-958098

SCAvo n. 2

Comune di: TOLentino (MC)

Località: Piane di Chienti

Committente: Dott. Ing. Vincenzo Felici

Data: 10/02/1998

Metodo: escavatore meccanico

STRATIGRAFIA			DESCRIZIONE LITOLOGICA	Campioni (1)		Pocket penetrometer (Kg/cmq)	OSSERVAZIONI
QUOTE (m)		Acqua (2)					
p.c.	parz.			Quote dal p.c.			
1	0,4	0,4	Terreno vegetale				
			Sabbie di colore avana giallastro con resti vegetali ossidati, tracce di radici e frammenti fossili (gasteropodi)				
2	1,4	1,0					
			Ghiaie medio-grossolane in matrice sabbiosa di colore avana-giallastro, con ciottoli				
3	3,1	1,7					
			Sabbie limose di colore grigio-giallastro  A luoghi aumento della componente limosa				
4	3,8	0,7					
	4,0		Ghiaie medio-grossolane in matrice sabbiosa di colore avana				
5							

NOTE:

(1) prelievo campioni: ☐ in maneggianti ☒ indisturbati

(2) manifestaz. idriche: ☒ falda (liv. statico) ☒ percolazioni



**geoequipe**

STUDIO TECNICO ASSOCIATO  
GEOLOGIA E INGEGNERIA AMBIENTALE

Sede legale:  
via V. Varano, 10 - 62052 CAMERINO (MC)  
tel./fax 0737/636591 (P.IVA 00817500432)

Sede operativa e corrispondenza:  
via del Vallato, 2 - 62029 TOLENTINO (MC)  
tel./fax 0733/968606-998093

SCAVO n. 3

Comune di: TOLENTINO (MC)

Località: Plane di Chienti

Committente: Dott. Ing. Vincenzo Felici

Data: 10/02/1998

Metodo: escavatore meccanico

STRATIGRAFIA			DESCRIZIONE LITOLOGICA	Campioni (1)		Pocket penetrometer (Kg/cm <sup>2</sup> )	OSSERVAZIONI
QUOTE (m)		Acqua (2)					
p.c.	parz.	Quote dal p.c.					
1			Terreno di riporto: sabbie limose con ghiaie, frammenti di laterizi, aggregati bituminosi e materiale plastico				
	0,4	0,4	Sabbie e sabbie limose di colore marrone-giallastro				
2			Ghiaie medie in matrice sabbiosa scarsa, con rari ciottoli				
	1,3	0,9					
3			Sabbie e sabbie limose di colore grigio-giallastro con zonature ocracee  A luoghi aumento della componente limosa				
	3,0	1,7					
4			Ghiaie fini in matrice sabbiosa di colore avana				
	3,7	0,7					
5							
	4,0						

NOTE:

(1) prelievo campioni: ☐ rimaneccati ☒ indisturbati

(2) manifestaz. idriche: ☒ falda (liv.statico) \* percolazioni



**geoequipe**

STUDIO TECNICO ASSOCIATO  
GEOLOGIA E INGEGNERIA AMBIENTALE

Sede legale:  
via V. Varano, 10 - 62052 CAMERINO (MC)  
tel./fax 0737/56591 (P.IVA 00817500432)

Sede operativa e corrispondenza:  
via del Vallano, 2 - 62029 TOLENTINO (MC)  
tel./fax 0733/968606-958098

SCAVO n. 4

Comune di: TOLENTINO (MC)

Località: Plane di Chienti

Committente: Dott. Ing. Vincenzo Felici

Data: 10/02/1998

Metodo: escavatore meccanico

STRATIGRAFIA			DESCRIZIONE LITOLOGICA	Campioni (1)	Pocket penetrometer (Kg/cmq)	OSSERVAZIONI
QUOTE (m)		Acqua (2)				
p.c.	parz.	Quote dal p.c.				
1			Terreno di riporto: sabbie limose con ghiaie, frammenti di laterizi e materiale plastico			
	0,8	0,8	Sabbie e sabbie limose di colore marrone-giallastro			
2	1,2	0,4				
			Ghiaie medio-grossolane in matrice sabbiosa, con rari ciottoli			
3	2,8	1,6				
	3,0	0,2	Sabbie e sabbie limose di colore grigio-giallastro			Umido
4			Ghiaie medio-grossolane in matrice sabbiosa di colore avana, con sottili lenti e livelli limoso-sabbiosi			Bagnato
	4,0					Molto bagnato
5						

NOTE:

(1) prelievo campioni: ☐ rimaneggiati ☐ indisturbati

(2) manifestaz. idriche: ☐ falda (liv. statico) \* percolazioni





**Sede operativa e corrispondenza:**  
via del Vallato, 2 - 62029 TOLENTINO (MC)  
tel./fax 0733/958606-958098

Metodo: escavatore meccanico

NOTE:

(1) prelievo campioni: ☒ Irimaneggiati ☐ Indisturbati

(2) manifestaz. idriche:  $\Sigma$  falda (liv. statico) \* percolazioni



**geoequipe**

STUDIO TECNICO ASSOCIATO  
GEOLOGIA E INGEGNERIA AMBIENTALE

Sede legale:  
via V. Varano, 10 - 62032 CAMERINO (MC)  
tel./fax 0737/636591 (P.IVA 00817500432)

Sede operativa e corrispondenza:  
via del Vallato, 2 - 62029 TOLENTINO (MC)  
tel./fax 0733/948606-958098

SCAVO n. 6

Comune di: TOLENTINO (MC)

Località: Piane di Clienti

Committente: Dott. Ing. Vincenzo Felici

Data: 10/02/1998

Metodo: escavatore meccanico

STRATIGRAFIA			DESCRIZIONE LITOLOGICA	Campioni (1)		Pocket penetrometer (Kg/cmq)	OSSERVAZIONI	
QUOTE (m)				Acqua (2)				
p.c.	parz.			Quote dal p.c.				
					f.s.			
			0	1	2	3	4	
	0,3	0,3	Terreno di riporto: sabbie limose con ghiale e frammenti di laterizi					
			Sabbie e sabbie limose di colore marrone-giallastro					
1	1,0	0,7						
2								
			Ghiale medio-grossolane in matrice sabbiosa, con ciottoli					
3								
4		4,0						

NOTE:

(1) prelievo campioni: ☐ intonacati ☐ induriti

(2) manifestaz. idriche: ☐ falda (liv. statico) \* percolazioni



**geoequipe**

STUDIO TECNICO ASSOCIATO  
GEOLOGIA E INGEGNERIA AMBIENTALE

Sede legale:  
via V. Varano, 10 - 62032 CAMERINO (MC)  
tel./fax 0737/636591 (P.IVA 00817500432)

Sede operativa e corrispondenza:  
via del Vallato, 2 - 62029 TOLentino (MC)  
tel./fax 0733/958606-958098

SCAVO n. 7

Comune di: TOLentino (MC)

Località: Plane di Chienti

Committente: Dott. Ing. Vincenzo Felici

Data: 10/02/1998

Metodo: escavatore meccanico

STRATIGRAFIA			DESCRIZIONE LITOLOGICA	Campioni (1)	Acqua (2)	Pocket penetrometer (Kg/cmq)	Osservazioni
QUOTE (m)							
p.c.	poz.						
Quote dal p.c.							
1			Terreno di riporto: sabbie limose con ghiaie e frammenti di laterizi				
	0,4	0,4	Sabbie e sabbie limose di colore marrone-giallastro				
2			Ghiaie medio-grossolane in matrice sabbiosa scarsa, con ciottoli a luoghi abbondanti				
	1,1	0,7	Franamento delle pareti dello scavo				
3							
							Bagnato
4			Da -3,5 m aumento della matrice sabbiosa				
	4,0						Bagnato
5							

NOTE:

(1) prelievo campioni: ☐ rimaneggiati ☒ indisturbati

(2) manifestaz. idriche: ☒ falda (liv. statico) \* percolazioni



**geoequipe**

STUDIO TECNICO ASSOCIATO  
GEOLOGIA E INGEGNERIA AMBIENTALE

Sede legale:  
via V. Varano, 10 - 62032 CAMERINO (MC)  
tel./fax 0737/636591 (P.IVA 00817500432)

Sede operativa e corrispondenza:  
via del Vallato, 2 - 62039 TOLENTINO (MC)  
tel./fax 0733/968606-958098

## SCAVO n. 8

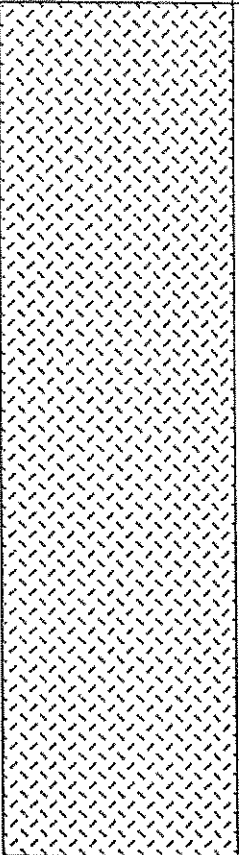
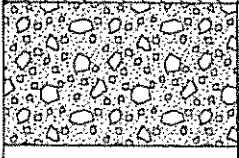
Comune di: TOLENTINO (MC)

Località: Piane di Chienti

Committente: Dott. Ing. Vincenzo Felici

Data: dicembre 1996

Metodo di escavazione: escavatore meccanico

Scala 1:5	Stratigrafia	QUOTE (m)		Descrizione litologica	Osservazioni
		p.c.	parz.		
1				Limi sabbiosi con ghiaie, aggregati bituminosi e materiale plastico (TERRENI DI RIPORTO)	
2					
3		3,0	3,0	Ghiaie medio-grossolane mediamente addensate, con ciottoli, in matrice sabbiosa (DEPOSITI ALLUVIONALI)	
4		3,5			
5					



**geoequipe**

STUDIO TECNICO ASSOCIATO  
GEOLOGIA E INGEGNERIA AMBIENTALE

*Sede legale:*

via V. Varano, 10 - 62033 CAMERINO (MC)  
tel./fax 0737/636391 (P.IVA 00817500432)

*Sede operativa e corrispondenza:*

via del Vallato, 2 - 62039 TOLENTINO (MC)  
tel./fax 0733/968606-958608

## SCAVO n. 9

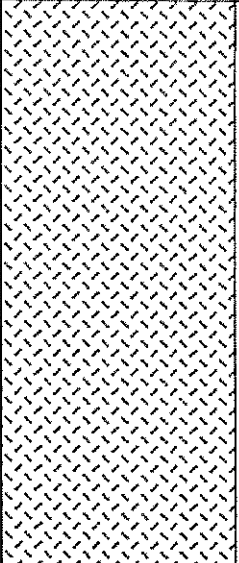
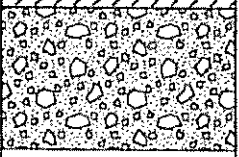
Comune di: TOLENTINO (MC)

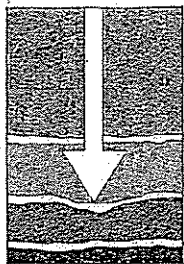
Località: Piane di Chienti

Committente: Dott. Ing. Vincenzo Felici

Data: dicembre 1996

Metodo di escavazione: escavatore meccanico

Scala 1:5	Stratigrafia	QUOTE (m)		Descrizione litologica	Osservazioni
		p.c.	parz.		
1				Limi sabbiosi con ghiaie, aggregati bituminosi e materiale plastico (TERRENI DI RIPORTO)	
2		2,0	2,0	Ghiaie medio-grossolane mediamente addensate, con ciottoli, in matrice sabbiosa (DEPOSITI ALLUVIONALI)	
		2,5			
3					
4					
5					



**Gestecno** s.a.s.  
di Francesco Pascarella

LABORATORIO GEOTECNICO

(iscrizione A.L.G.I. n. 95)

SISTEMI DI MONITORAGGIO  
PROVE IN SITO

via Monte Primo, 12 62022 Castelraimondo (MC)  
tel. e fax 0737/642174 - partita IVA 01137480438  
trib. Camerino n. 1559 - C.C.I.A.A. MC n. 0118704

Castelraimondo, il 12 febbraio 1998

COMMITTENTE: studio geologico Geoequipe

CANTIERE: CON.SMA.RI - Tolentino (MC)

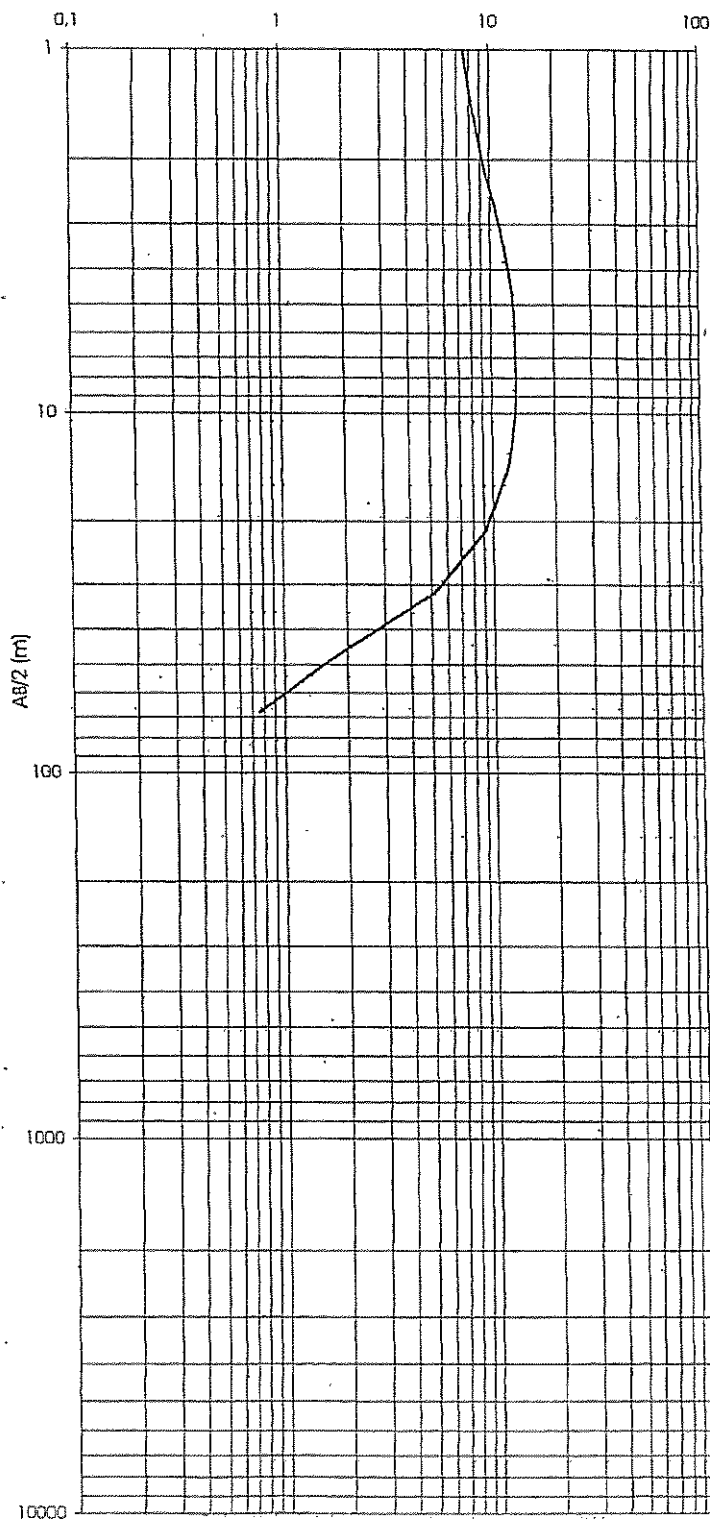
**SONDAGGIO ELETTRICO VERTICALE N. 1**

**Elettrostratigrafia**

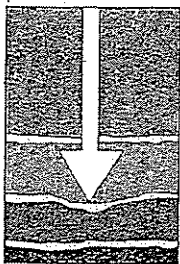
m 0	simb. graf.	resistività	spessore	descriz. litolog. sommaria
1		7	1,3	terreno vegetale
2		24	1,4	alluvioni prevalentem. grossolane
3		14	10,5	alluvioni prevalentem. grossolane sature
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10		0,5		substrato conduttivo
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

**Sondaggio elettrico (curva di campagna)**

resistività apparente ( $\Omega m$ )







**Gestecno** s.r.l.  
di Francesco Pascarella

LABORATORIO GEOTECNICO  
(iscrizione A.L.G.I. n. 95)  
SISTEMI DI MONITORAGGIO  
PROVE IN SITO

via Monte Primo, 12 62022 Castelraimondo (MC)  
tel. e fax 0737/642174 - partita IVA 01137480438  
trib. Camerino n. 1559 - C.C.I.A.A. MC n. 0118704

Castelraimondo, 12 febbraio 1998

COMMITTENTE: studio geologico Geoequipe

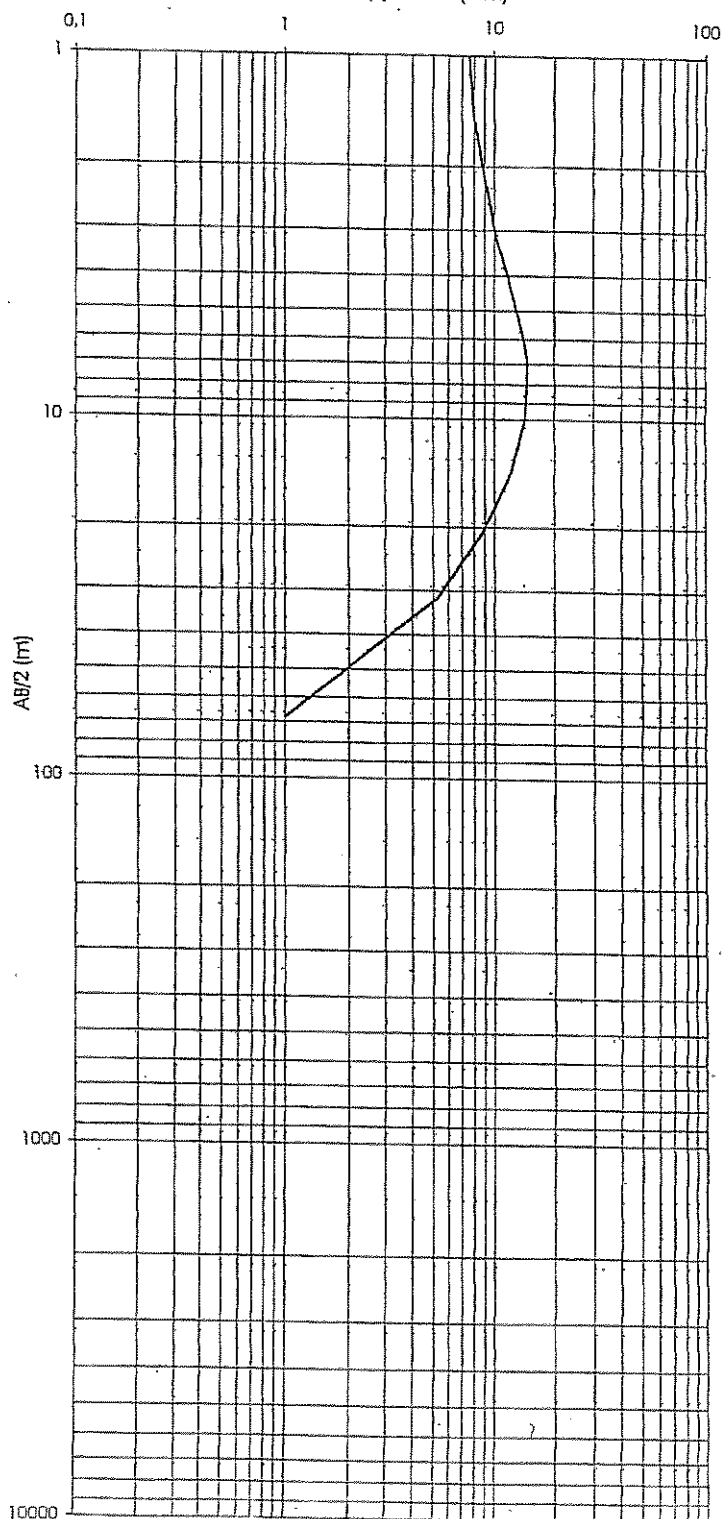
CANTIERE: CON.SMA.RI - Tolentino (MC)

## SONDAGGIO ELETTRICO VERTICALE N. 2

### Elettrostratigrafia

m.0	simb. graf.	resistività	spessore	descriz. litolog. sommata
1		7,2	1,4	terreno vegetale
2		25	3,3	alluvioni prevalentem. grossolane
3				
4				
5		8	9,1	alluvioni prevalentem. grossolane sature
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14		0,6		substrato conduttivo
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

### Sondaggio elettrico (curva di campagna) resistività apparente ( $\Omega m$ )



## METODOLOGIA

Nella configurazione elettrodica usata ("Quadrupolo di Schlumberger"), i quattro elettrodi vengono posti simmetricamente lungo una linea retta (direzione dello stendimento), con gli elettrodi di corrente (A e B) posti all'esterno, e quelli di misura del potenziale (M e N) all'interno (Fig. 1).

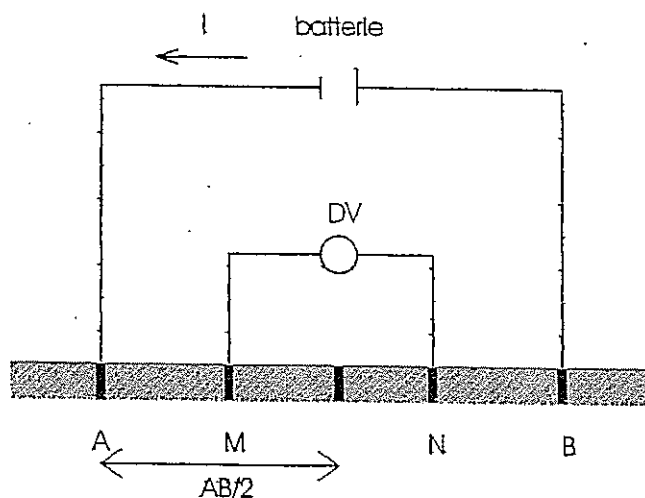


Fig. 1 - Quadrupolo di Schlumberger

Quando il rapporto tra la distanza degli elettrodi di misura del potenziale e quelli di corrente diviene piccolo, vengono spostati all'esterno anche gli elettrodi di potenziale, altrimenti la differenza di potenziale sarebbe troppo piccola per poter essere misurata con sufficiente accuratezza.

All'atto dello spostamento vengono eseguite misure "conjugate" con le due aperture di misura del potenziale per la stessa distanza degli elettrodi di corrente (2 stazioni di "embray-age").

La strumentazione operativa di campagna si componeva di un Georesistivimetro PASI modello E2 DIGIT, predisposto per l'energizzazione automatica del terreno (max 99 test), con inversione di corrente nella linea AB, ed eliminazione automatica dei potenziali spontanei.

Per l'energizzazione sono state impiegate pile a secco da 90 Volts, dotate di prese intermedie di tensione; inoltre, completavano la strumentazione di campagna:

- n°2 elettrodi di rame (circuito di potenziale MN)
- n°2 elettrodi in acciaio inox (circuito di corrente AB)
- n°2 arganelli con 300 metri di cavo per lo stendimento del circuito AB
- n°2 arganelli con 100 metri di cavo per lo stendimento del circuito MN

## ELABORAZIONE DATI

L'interpretazione delle curve di resistività relative ai sondaggi elettrici eseguiti è stata effettuata, dopo opportuno filtraggio manuale delle curve di campagna, per comparazione con gli abachi Orellana-Mooney e van Dam-Meulenkamp, e con il metodo del "punto ausiliario" di Ebert. Inoltre è stato effettuato il controllo di interpretazione al calcolatore elettronico, con restituzione del "modello ottimizzato".

Tale operazione ha permesso di scegliere e verificare il metodo interpretativo, in modo tale da ottenere la minima percentuale probabile di errore, e quindi, la più vicina corrispondenza tra i risultati dell'interpretazione e la litostratigrafia del sottosuolo, ciò in dipendenza dei limiti intrinseci del metodo geoelettrico.

STRATIGRAFIA			DESCRIZIONE LITOLOGICA	Campioni (1)		Pocket penetrometer (Kg/cmq)	OSSERVAZIONI
	QUOTE (m)			Acqua (2)	Ls.		
	p.c.	parz.					
1	0,8	0,8	TERRENO VEGETALE: sabbie e sabbie limose avana, molto compatte, con concrezioni carbonatiche millimetriche				Asciutto
2							Asciutto
3							Leggermente umido
4			GHIAIE medio-grossolane, mediamente addensate, con ciottoli, in matrice sabbiosa a luoghi abbondante				Umido
5				* 4,5			Percolazioni
6	6,0	5,2	LIMI ARGILLOSO-SABBIOSI di colore grigio, scarsamente consistenti	Σ 4,7			Bagnato
7	6,7	0,7	GHIAIE medio-grossolane in matrice sabbioso-limosa abbondante				
	7,0	0,3	LIMI ARGILLOSO-SABBIOSI di colore grigio, scarsamente consistenti				Molto umido
	7,5	0,5	SABBIE LIMOSE avana-giallastre, scarsamente addensate				
8	8,0	0,5	GHIAIE medio-grossolane in matrice sabbioso-limosa				Bagnato
	8,5						
9							
10							
			Sondaggio reperito R3				

Sondaggio reperito R3

NOTE: (1) prelievo campioni: ☐ rimaneggiati ☒ indisturbati

(2) manifestaz. idriche: Σ fondo (liv. statico) \* percolazioni



**geoequipe**  
studio geologico - tecnico

CAMERINO - via V. Varnano, 10 (tel./fax 0737/28591) (sede legale)  
TOLENTINO - v.le G. Matteotti, 39 (tel./fax 0733/988605)

Cod. Fisc. e P. IVA 03817500432

SONDAGGIO n. 2

Comune di: Tolentino (MC)

Località: Piane di Chienti

Committente:

Data: 02/08/1996

Metodo di perforaz.: ☒ rotazione ☐ percussione

Sondaggio

reperito R4

STRATIGRAFIA			DESCRIZIONE LITOLOGICA	Campioni (1)		Pocket penetrometer (Kg/cm <sup>2</sup> )	OSSERVAZIONI
QUOTE (m)		Acqua (2)					
p.c.	porz.	Quote dal p.c.					
						0 1 2 3 4	
1	0,8	0,8	TERRENO VEGETALE: sabbie e sabbie limose avana, molto compatta, con concrezioni carbonatiche millimetriche				Asciutto
2			GHIAIE medio-grossolane,mediamente addensate, con ciottoli, in matrice sabbiosa a luoghi abbondante				Asciutto
3	3,4	2,6					Leggermente umido
4	3,9	0,5	SABBIE LIMOSE avana-giallastre, scarsamente addensate	*	4,0		Umido
5			GHIAIE medio-grossolane in matrice sabbioso-limosa abbondante				Percolazioni
6	6,5	2,6		Σ	6,0		Molto umido
7							Bagnato
8	9,0	2,5	LIMI ARGILLOSO-SABBIOSI di colore grigio, scarsamente consistenti				Molto umido
9	9,5	0,5	SABBIE LIMOSE avana-giallastre, scarsamente addensate				
10			GHIAIE medio-grossolane in matrice sabbioso-limosa				Bagnato

NOTE:

(1) prelievo campioni: 

rimaneggiati  indisturbati

(2) manifestaz. idriche: Σ (alto (liv.statico) \* percolazioni

NOTE:

(1) prelievo campioni: ☐ rimaneggiati ☒ indisturbati

(2) manifestaz. idriche: Σ (alido (liv. statico)) \* percolazioni



geoequipe  
studio geologico - tecnico

CAMERINO - via V. Varino, 10 tel./fax 0737/36591 (sede legale)  
TOLENTINO - via G. Matteotti, 39 (tel./fax 0733/958506)

Cod. Fisc. e P. IVA 00817500432

SONDAGGIO n. 3

Comune di: Tolentino (MC)

Località: Piane di Chienti

Committente:

Data: 02/08/1996

Metodo di perforaz.: ☒ rotazione ☐ percussione

STRATIGRAFIA			DESCRIZIONE LITOLOGICA	Campioni (1)		Pocket penetrometer (Kg/cmq)	OSSERVAZIONI
QUOTE (m)				Acqua (2)	Quota dal p.c.		
p.c.	parz.						
1	0,7	0,7	TERRENO VEGETALE: sabbie e sabbie limose avana, molto compatte, con concrezioni carbonatiche millimetriche			0 1 2 3 4	Asciutto
2							Asciutto
3							Leggermente umido
4			GHIAIE medio-grossolane,mediamente addensate, con ciottoli, in matrice sabbiosa a luoghi abbondante	*	4,0		Umido
5				Σ	5,0		Percolazioni
6	6,0*						Bagnato
7			* Impossibilità di avanzamento per il ripetuto crollo delle pareti del foro di sondaggio a causa di abbondanti venute d'acqua				
8							
9							
10			Sondaggio reperito R5				

NOTE:

(1) prelievo campioni: ☐ rimaneccati ☒ indisturbati

(2) manifestaz. idriche: ☒ falda (liv. statico) \* percolazioni



**geoequipe**

studio geologico - tecnico

CAMERINO - via V. Varma, 10 tel./fax 0737/38591 (sesto legale)  
TOLentino - via G. Matteotti, 35 tel./fax 0733/958606

Cod. Fisc. e P. IVA 00817500432

SONDAGGIO n. 4

Comune di: Tolentino (MC)

Località: Piane di Chienti

Committente:

Data: 02/08/1996

Metodo di perforaz.: ☒ rotazione ☐ percussione

STRATIGRAFIA			DESCRIZIONE LITOLOGICA	Campioni (1)		Pocket penetrometer (Kg/cm <sup>2</sup> )	OSSERVAZIONI
QUOTE (m)		Acqua (2)		Quota dal p.c.			
p.c.	parz.						
1	0,6	0,6	TERRENO VEGETALE: sabbie e sabbie limose avana. molto compatte, con concrezioni carbonatiche millimetriche				Asciutto
2			TERRENO DI RIPORETO: ghiaie in matrice limosa con aggregati bituminosi e materiale plastico				Asciutto
3	2,5	1,9					Umido
4							Molto umido
5			GHIAIE medio-fini, mediamente addensate, in matrice sabbiosa abbondante	* 4,0			Percolazioni
6				Σ 4,5			
7	6,7	4,2					Bagnato
8	8,0	1,3	SABBIE E SABBIE LIMOSE avana-giallastre, scarsamente addensate, con rari inclusi calcarei millimetrici				
	8,5		GHIAIE medio-grossolane, mediamente addensate, in matrice sabbiosa				Bagnato
9							
10							

Sondaggio reperito R6

NOTE: (1) prelievo campioni: □ rimaneccgiati ■ indisturbati (2) manifestaz. Idriche: Σ faldo (liv. statico) \* percolazioni

Sondaggio reperito R6

NOTE:

(1) prelievo campioni: ☐ rimaneggiati ☒ indisturbati

(2) manifestaz. idriche: Σ falda (liv. statico) \* percolazioni





**geoequipe**

STUDIO TECNICO ASSOCIATO  
GEOLOGIA E INGEGNERIA AMBIENTALE

Sede legale:  
via V. Varesino, 10 - 62032 CAMERINO (MC)  
tel./fax 0737/636591 (PJYA 80817300432)

Sede operativa e corrispondenza:  
via del Vallaro, 1 - 62029 TOLENTINO (MC)  
tel./fax 0733/968005-958098  
E-mail: geoequipe@inter.italia.it

SONDAGGIO n. ....

Comune di: Tolentino (MC)

Località: Piane di Chienti

Committente: CON.SMA.RI

Data: settembre 1998

Metodo perforaz: rotary a secco Ø 400

STRATIGRAFIA			DESCRIZIONE LITOLOGICA	Campioni (1)		Pocket penetrometer (Kg/cmq)	OSSERVAZIONI
QUOTE (m)				Acqua (2)			
p.c.	parz.			Quota dal p.c.			
1			Terreno vegetale e di riporto eterogeneo con abbondanti frammenti eterometrici di laterizi e di calcestruzzo				
2							
	2,4	2,4					
3			Limi sabbiosi nocciola con infiltrazioni argillose grigiastre				
	3,7	1,3					
4							
5			Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa con ciottoli	*	4,8		limitate percolazioni
6				Σ	5,4		livello di falda a fine perforazione
			DEPOSITI ALLUVIONALI				
7			Limi sabbiosi nocciola - grigiastri				
	6,8	3,1					
	7,3	0,5	Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa con ciottoli				
8							
	8,0	0,7	Limi sabbiosi grigiastri				
	8,3	0,3					
9			Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa con ciottoli				
	9,2	0,9					
	9,8	0,6	Limi sabbiosi grigiastri				
10							

(segue)

Sondaggio reperito R7

Sondaggio reperito R7

NOTE:

(1) prelievo campioni: □ rimaneccati ■ indisturbati

(2) manifestaz. idriche: Σ falda (liv. statico) \* percolazioni



**geoequipe**

STUDIO TECNICO ASSOCIATO  
GEOLOGIA E INGEGNERIA AMBIENTALE

Sede legale :  
via V. Vanzoni, 10 - 62012 CAMERINO (MC)  
tel./fax 0737/636591 (P.IVA 00817340432)

Sede operativa e cartografia:  
via del Vallato, 3 - 62029 TOLentino (MC)  
tel./fax 0733/968606-9580198  
E-mail: geoequipe@mercini.it

SONDAGGIO n.

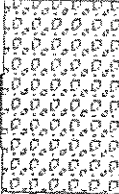

Comune di: Tolentino (MC)

Località: Plane di Chienti



Committente: CON.SMA.RI

Data: settembre 1998

Metodo perforaz: rotary a secco Ø 400

STRATIGRAFIA			DESCRIZIONE LITOLOGICA		Campioni (1)		Pocket penetrometer (Kg/cmq)					OSSERVAZIONI	
	QUOTE (m)				Acqua (2)	Quote dal p.c.							
	p.c.	parz.					0 1 2 3 4						
11		11.3	1.5	Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa con ciottoli	DEPOSITI ALLUVIONALI								
12				Argille siltose sovraconsolidate grigio scuro	SUBSTRATO								compatte
13		13.3											
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													

Sondaggio reperito R7

NOTE: (1) prelievo campioni:  rimaneccgiati  indisturbati (2) manifestaz. idriche: SZ falda (liv. statico) \* percolazioni

Sondaggio reperito R7

NOTE:

(1) prelievo campioni:



rimaneggiati



indisturbati

(2) manifestaz. idriche: SZ falda (liv. statico)

\* percolazioni



geoequipe

STUDIO TECNICO ASSOCIATO  
GEOLOGIA E INGEGNERIA AMBIENTALE

Sede legale:  
via V. Varano, 10 - 62031 CAMERINO (MC)  
tel./fax 0737/636591 - P.IVA 03017500432

Sede operativa corrispondenza:  
via del Vallaro, 3 - 62029 TOLentino (MC)  
tel./fax 0733/968606-958098  
E-mail: geoequipe@mercato.it

SONDAGGIO n.

Comune di: Tolentino (MC)

Località: Piane di Chienti

Committente: CON.SMA.RI

Data: settembre 1998

Metodo perforaz: carotaggio a distruzione Ø 120

STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA		Campioni (1)	Pocket penetrometer (Kg/cmq)	Osservazioni
	QUOTE (m)		Acqua (2)		
	p.c.	parz.	Quote dal p.c.		
1				0 1 2 3 4	
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12	11,2	11,2			
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

Ghiaie eterometrice in matrice  
sabbiosa con intercalazioni  
di livelli o lenti di limi sabbiosi  
(DEPOSITI ALLUVIONALI)

Argille siltose sovraconsolidate  
(SUBSTRATO)

Sondaggio reperito R8

NOTE: (1) prelievo campioni: ☐ rimaneggiati ☒ indisturbati (2) manifestaz. idriche: ☒ falda (liv. statico) \* percolazioni



geoequipe

STUDIO TECNICO ASSOCIATO  
GEOLOGIA E INGEGNERIA AMBIENTALE

Sede legale:  
via V. Veneto, 181 - 62033 CAMERINO (MC)  
tel./fax 0737/636591 (P.IVA 03817510432)

Sede operativa e cartografia:  
via del Vallato, 2 - 62039 TOLentino (MC)  
tel./fax 0733/255606-958098  
E-mail: geoequipe@mercato.it

SONDAGGIO n.

Comune di: Tolentino (MC)

Località: Piane di Chienti

Committente: CON.SMA.RI

Data: settembre 1998

Metodo perforaz: carotaggio a distruzione Ø 120

STRATIGRAFIA			DESCRIZIONE LITOLOGICA	Campioni (1)		Pocket penetrometer (Kg/cm²)	OSSERVAZIONI
QUOTE (m)				Acqua (2)			
p.c.	poz.	Quote dal p.c.		Quote dal p.c.	f.s.		
1			Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa con intercalazioni di livelli o lenti di limi sabbiosi (DEPOSITI ALLUVIONALI)				
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11	11.0	11.0	Argille siltose sovraconsolidate (SUBSTRATO)				
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

Sondaggio reperito R9

NOTE: (1) prelievo campioni: □ rimaneccgiati ■ indisturbati (2) manifestaz. idriche: ∞ falda (liv. statico) \* percolazioni

Sondaggio reperito R9

NOTE: (1) prelieva campioni: ☐ rimaneccati ☐ indisturbati (2) manifestaz. idriche: ☐ falda (liv. statica) \* percolazioni



geoequipe

STUDIO TECNICO ASSOCIATO  
GEOLOGIA E INGEGNERIA AMBIENTALE

Viale Trento, 1  
via V. Veneto, 10 - 62012 CAMERINO (MC)  
tel./fax 0737/605301 - 10.154 (0817/904131)

Sezione operativa e commerciale  
via del Vallone 2 - 62029 TOLentino (MC)  
tel./fax 0733/966005-938098  
E-mail: geoequipe@intercam.it

SONDAGGIO n.

Comune di: Tolentino (MC)

Località: Piane di Chienti

Committente: CON.SMA.RI

Data: settembre 1998

Metodo perforaz: carotaggio a distruzione Ø 120

STRATIGRAFIA			DESCRIZIONE LITOLOGICA	Campioni (1)	Acqua (2)	Pocket penetrometer (Kg/cmq)	Osservazioni
QUOTE (m)		Quote dal p.c.					
p.c.	parz.						
1			Ghiale eterometriche in matrice sabbiosa con intercalazioni di livelli o lenti di limi sabbiosi (DEPOSITI ALLUVIONALI)				
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11	10.7	10.7	Argille siltose sovraconsolidate (SUBSTRATO)				
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

Sondaggio reperito R10

Sondaggio reperito R10

NOTE:

(1) prelievo campioni:



rimaneggiati



indisturbati

(2) manifestaz. idriche:

Σ fondo (liv. statico)

\* percolazioni

# STUDIO DI GEOLOGIA

Dott. Geol. Anna Rita Ferioli

Via Vignoli n. 75 - 62036 Pieve Torina (MC)  
Tel. 0737/518072  
cod. fisc. FRLNRT67M52B474U  
P. IVA 01351880438.

## Sondaggio reperito R11

SONDAGGIO n. I

Comune di: TOLENTINO

Località: PIANE DI CHIENZI

Committente: CON.SMA.RI.

Data: 30/04/2001

Metodo di perforaz.: ☒ rotazione ☐ percussione

STRATIGRAFIA			DESCRIZIONE LITOLOGICA	Metodo di perforaz.:		Campioni (1)	Acqua (2)	Pocket penetrometer (Kg/cm <sup>2</sup> )	OSSERVAZIONI
	QUOTE (m)			f.s.					
	p.c.	parz.							
1	0,4	0,4	Limi argilloso-sabbiosi di colore marrone con frammenti di laterizi e frustoli vegetali	TERRENI DI RIPORTO					
2	2,0	1,6	Limi sabbiosi di colore marrone con clasti calcarei e frammenti di laterizi						
3	2,4	0,4	Sabbie e/o sabbie limose nocciola con screziature oceree, con ghiaie sparse e concrezioni carbonatiche						
4	3,8	1,4	Ghiaie eterometriche subarrotondate e ciottoli (φ 10-15 cm) in matrice sabbiosa limosa con concrezioni carbonatiche						Umido
5	3,95	0,15	Sabbie limose e/o limi sabbiosi						Molto umido
6	4,9	0,95	Ghiaie eterometriche subarrotondate in matrice sabbioso-limosa a luoghi abbondante		*	4,4			
7	5,0	0,1	Sabbie limose e/o limi sabbiosi		Σ	4,9			
8			Ghiaie eterometriche subarrotondate in scarsa matrice sabbioso-limosa con ciottoli (φ 10-15 cm)	DEPOSITI ALLUVIONALI					Fronamento delle pareti del foro a causa della presenza di abbondanti percolazioni idriche
9	9,0	4,0	Sabbie limose e/o limi sabbiosi di colore grigio con ghiaie sparse						
10	9,5	0,5	Ghiaie eterometriche in matrice sabbioso-limosa						
	9,8	0,3	Argille siltose grigio-avana sovraconsolidate						

NOTE: (1) prelievo campioni: □ rimaneggiati ■ indisturbati

(2) manifestaz. idriche: Σ falda (liv. statico) \* percolazioni

NOTE:

(1) prelievo campioni: ☐ rimane giati ☒ indisturbati

(2) manifestaz. idriche: Σ falda (liv. statico) \*: percolazioni



# Sondaggio reperito R11

STUDIO DI GEOLOGIA

Dott. Geol. Anna Rita Ferioli

Via Vignoli n. 75 - 62036 Pieve Torina (MC)  
Tel. 0737/518072  
cod. fisc FRLNRT67M52B474U  
P.IVA 01351880418.

SONDAGGIO n. 1

Comune di: TOLENTINO  
Località: PIANE DI CHIENZI  
Committente: CON.SMA.RI.  
Data: 30/04/2001

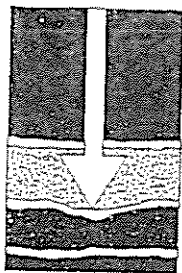
Metodo di perforaz.: ☒ rotazione ☐ percussione

STRATIGRAFIA			DESCRIZIONE LITOLOGICA	Campioni (1)			Pocket penetrometer (Kg/cmq)	Osservazioni
QUOTE (m)				Acqua (2)				
p.c.	parz.			Quote dal p.c.				
11		11,0	1,2				3,5-3,75	
12		12,0						
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								

NOTE:

(1) prelievo campioni: ☐ rimaneggiati ☒ indisturbati

(2) manifestaz. idriche: ☒ folda (liv. statica) ☒ percolazioni



# Gestecno

di Francesco Pascarella

LABORATORIO GEOTECNICO

(iscrizione A.L.G.I. n. 95)

SISTEMI DI MONITORAGGIO

PROVE IN SITO

via Monte Primo, 12 62022 Castelraimondo (MC)  
tel. e fax 0737/642174 - partita IVA 01137480438  
trib. Camerino n. 1559 - C.C.L.A.A. MC n. 0118704

Castelraimondo, il 27 agosto 1996

COMMITTENTE: studio geologico Geoequipe

CANTIERE: loc. Plane di Chienti - Tolentino (MC)

PROVA DPSH: SCHEDA TECNICA E LEGENDA

## caratteristiche tecniche del penetrometro

Tipo di attrezzatura: DPSH penetrometro dinamico super pesante

Peso del maglio: 63,5 Kg

Altezza di caduta: 75 cm

Penetrazione standard: 20 cm

Dimensioni punta: area = 20 cm<sup>2</sup>      angolo = 90°

Dimensioni aste: diametro = 32 mm      lunghezza = 1,00 m

Peso aste: 6,15 Kg      Peso massa passiva: 4,2 Kg

## legenda per la rappresentazione grafica

H = profondità

NC = numero di colpi

Q<sub>d</sub> = resistenza alla penetrazione dinamica

## legenda per la caratterizzazione geomeccanica

NC<sub>m</sub> = numero di colpi medio per quel determinato strato

C = coefficiente di correlazione fra il numero di colpi dello SPT e quelli del DPSH

N<sub>spt equiv</sub> = numero di colpi dello SPT equivalenti ricavati per correlazione

σ<sub>v eff</sub> = pressione verticale efficace

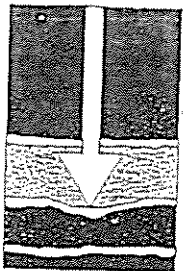
Dr = densità relativa (Gibbs e Holtz)

φ = angolo di attrito interno (Muromachi e al., 1974)

E = modulo di elasticità (Schmerimann)

C<sub>u</sub> = coesione non drenata (Terzaghi e Peck)

M = modulo di compressibilità edometrica (Menzelbach e Malcev)



# Gestecno

di Francesco Pascarella

LABORATORIO GEOTECNICO  
(iscrizione A.L.G.I. n. 95)  
SISTEMI DI MONITORAGGIO  
PROVE IN SITO

via Monte Primo, 12 62022 Castelraimondo (MC)  
tel. e fax 0737/642174 - partita IVA 01137480438  
trib. Camerino n. 1559 - C.C.I.A.A. MC n. 0118704

Castelraimondo, il 27 agosto 1996

COMMITTENTE: studio geologico Geosquippe  
CANTIERE: loc. Piane di Chienti - Tolentino (MC)

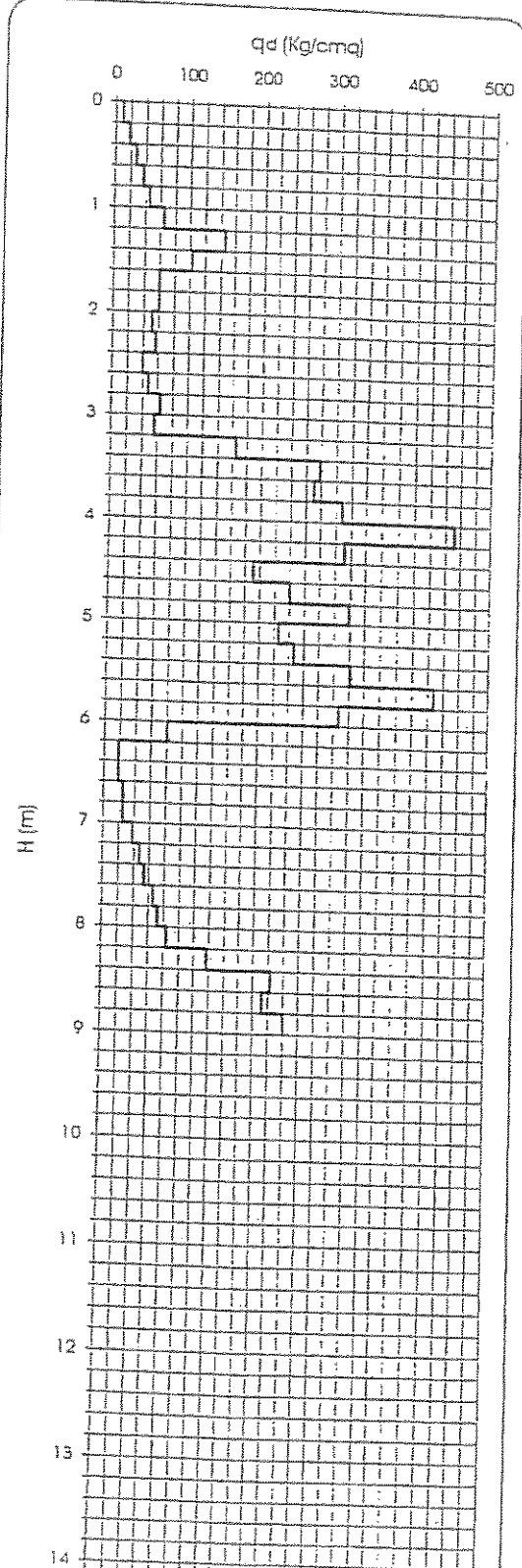
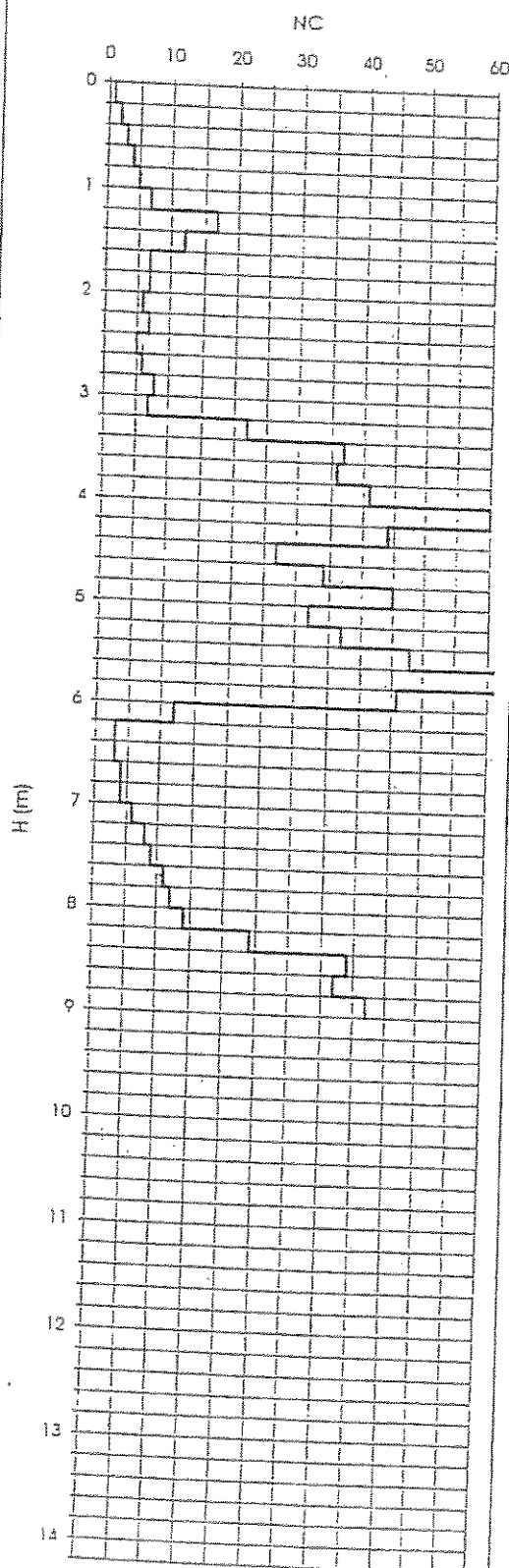
PROVA N. 1 del 26/08/96

PROF.: 9,00 m

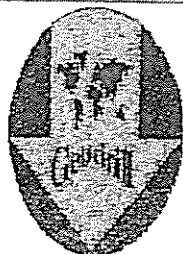
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA

PR1

H (m)	NC	q <sub>d</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.2	1	10.03
0.4	2	18.53
0.6	3	27.79
0.8	4	37.05
1.0	5	46.31
1.2	7	64.84
1.4	17	146.22
1.6	12	103.22
1.8	7	60.21
2.0	7	60.21
2.2	6	51.61
2.4	7	56.20
2.6	5	40.14
2.8	6	48.17
3.0	8	64.23
3.2	7	56.20
3.4	22	165.59
3.6	37	278.49
3.8	36	270.96
4.0	41	308.59
4.2	60	451.60
4.4	44	311.70
4.6	27	191.27
4.8	34	240.66
5.0	45	318.79
5.2	32	226.69
5.4	37	247.56
5.6	48	321.16
5.8	64	428.21
6.0	46	307.77
6.2	12	80.29
6.4	3	19.02
6.6	3	19.02
6.8	4	25.36
7.0	4	25.36
7.2	6	38.03
7.4	8	48.18
7.6	9	54.20
7.8	11	66.24
8.0	12	72.26
8.2	14	84.31
8.4	24	137.65
8.6	39	223.68
8.8	37	212.21
9.0	42	240.88
9.2		
9.4		
9.6		
9.8		
10.0		
10.2		
10.4		
10.6		
10.8		
11.0		
11.2		
11.4		
11.6		
11.8		
12.0		
12.2		
12.4		
12.6		
12.8		
13.0		
13.2		
13.4		
13.6		
13.8		
14.0		
14.2		







**Geodrill**

Dr. Geol. David Grün

PENETROMETRE,  
SONDAGGI A ROTAZIONE,  
PROVE DI CARICO SU PIASTRA

Via Verdi, 12/A 60043 Cerreto d'Esi (AN)  
tel. e fax 0732/678888 p.iva 01531180428

Cerreto d'Esi, 20 settembre 2000

COMMITTENTE: Dr.ssa Geol. Annarita Ferioli  
CANTIERE: CON.SMA.RI.

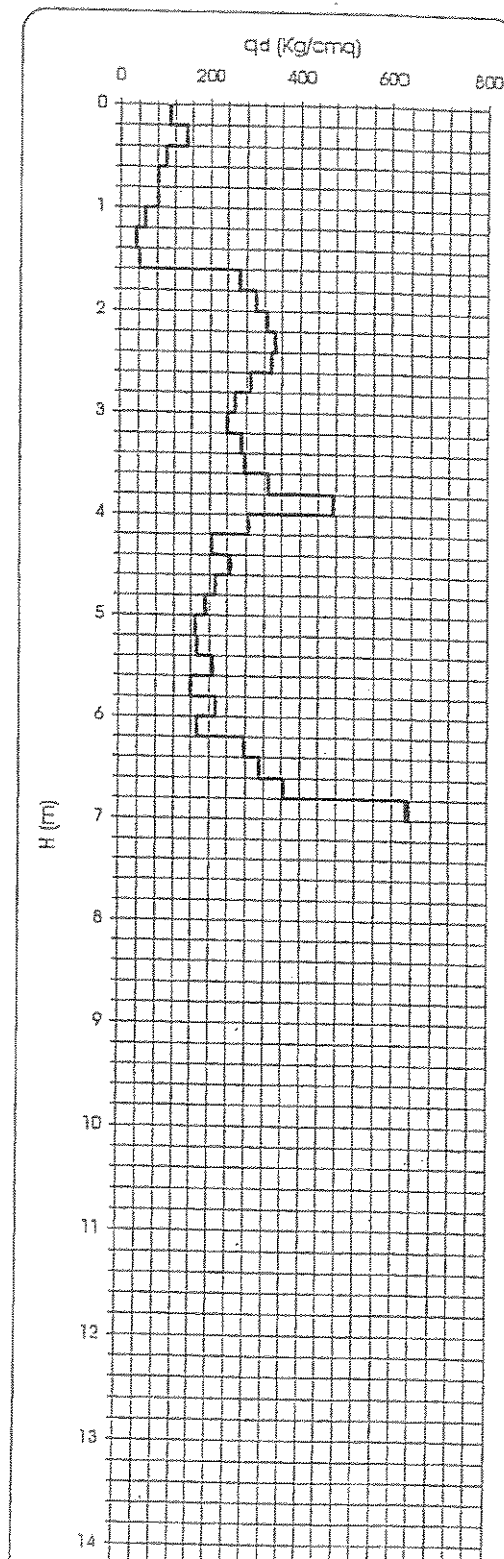
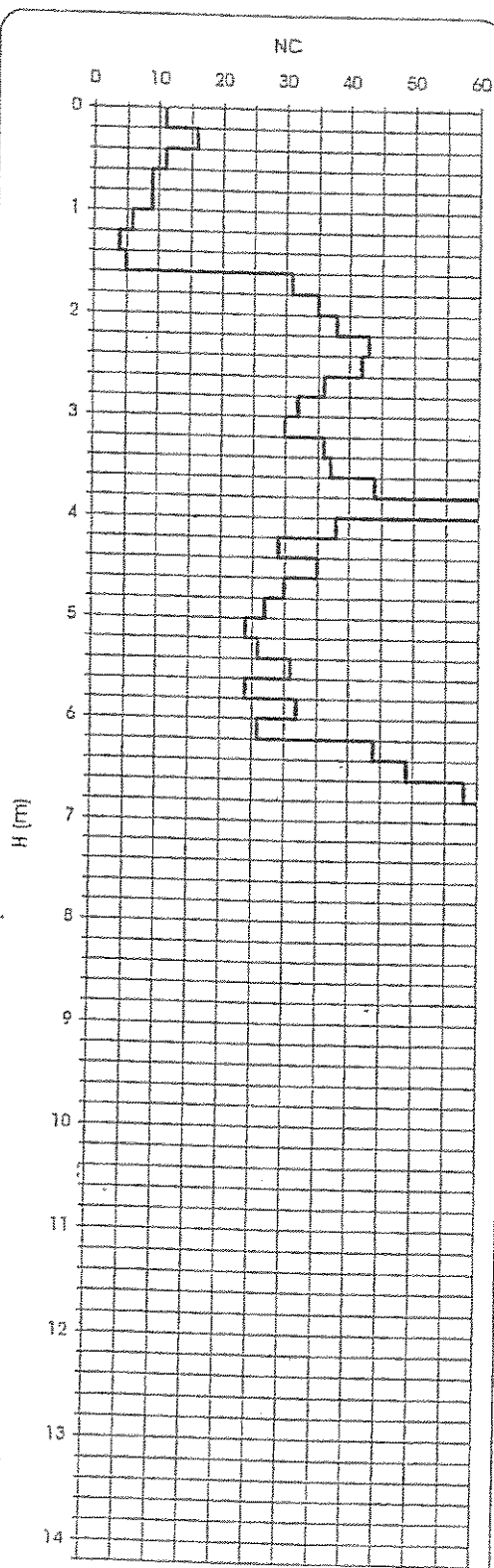
PROVA N.1 del 19/09/2000

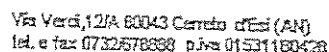
PROF.: 7,00 m

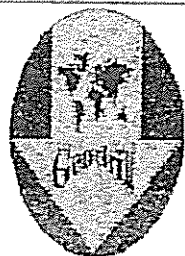
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA

PR2

H (m)	NC	q <sub>H</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.2	11	110.37
0.4	16	148.20
0.6	11	101.89
0.8	9	83.36
1.0	9	83.36
1.2	6	55.58
1.4	4	34.41
1.6	5	43.01
1.8	31	266.64
2.0	35	301.04
2.2	38	326.85
2.4	43	345.21
2.6	42	337.18
2.8	36	289.01
3.0	32	256.90
3.2	30	240.85
3.4	36	270.96
3.6	37	278.49
3.8	44	331.17
4.0	63	474.18
4.2	58	285.01
4.4	29	205.44
4.6	35	247.94
4.8	30	212.52
5.0	27	191.27
5.2	24	170.02
5.4	25	173.96
5.6	31	207.41
5.8	24	160.58
6.0	32	214.10
6.2	25	173.95
6.4	44	278.91
6.6	49	310.60
6.8	58	367.65
7.0	100	633.88
7.2		
7.4		
7.6		
7.8		
8.0		
8.2		
8.4		
8.6		
8.8		
9.0		
9.2		
9.4		
9.6		
9.8		
10.0		
10.2		
10.4		
10.6		
10.8		
11.0		
11.2		
11.4		
11.6		
11.8		
12.0		
12.2		
12.4		
12.6		
12.8		
13.0		
13.2		
13.4		
13.6		
13.8		
14.0		
14.2		



[illegible]



**Geodrill**

Dr. Geol. David Gräni

PENETROMETRE,  
SONDAGGI A ROTAZIONE,  
PROVE DI CARICO SU PASTRA

Via Verdi, 12/A 60043 Cerreto d'Esi (AN)  
tel. e fax: 0732.678888 p.jva 01531180420

Cerreto d'Esi, 20 settembre 2000

COMMITTENTE: Dr.ssa Geol. Annarita Ferioli  
CANTIERE: CON: SMA.RI.

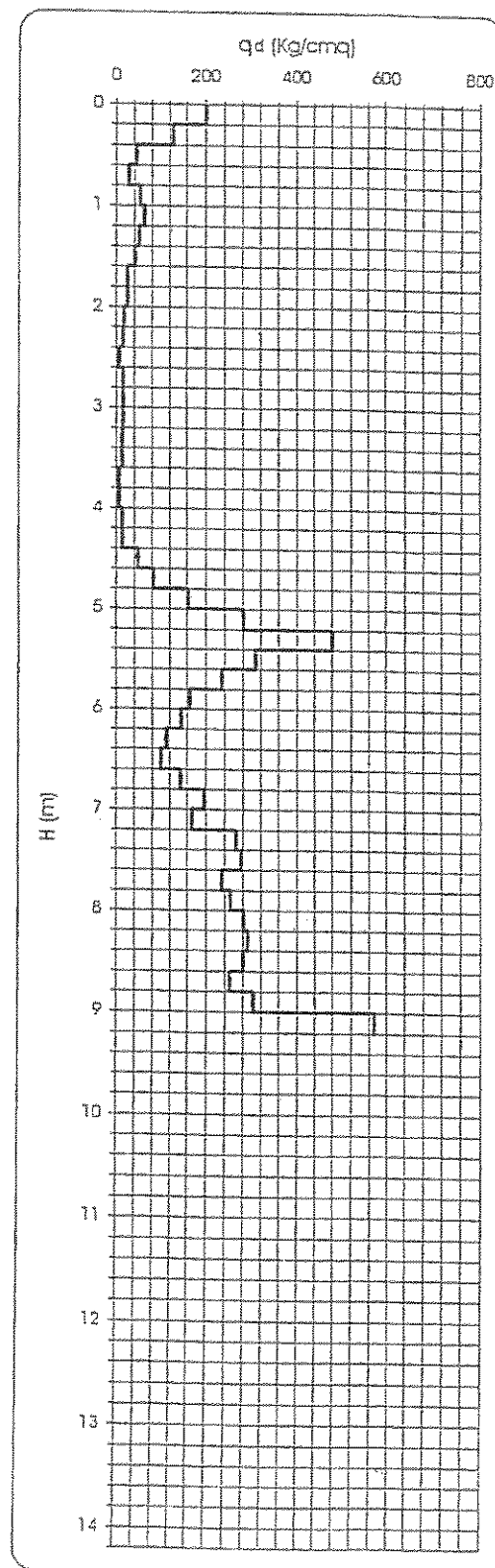
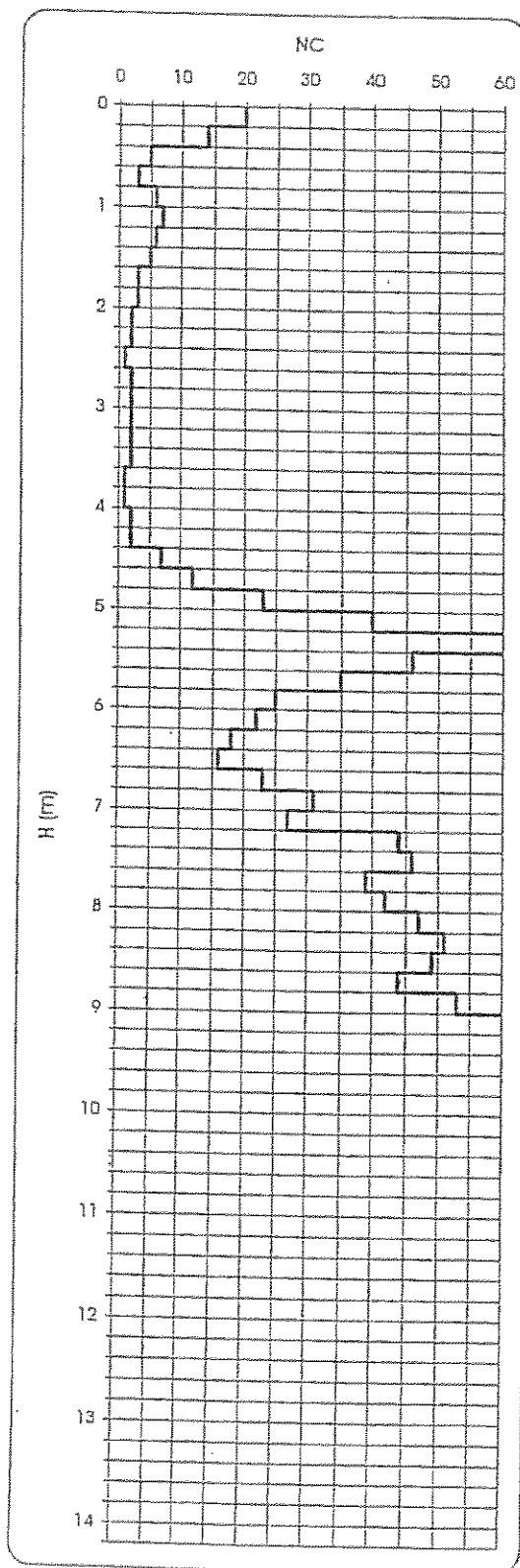
PROVA N.2 del 19/09/2000

PROF.: 9,20 m

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA

**PR3**

H (m)	NC	q <sub>d</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.2	20	200.68
0.4	14	129.68
0.6	5	46.31
0.8	3	27.79
1.0	6	55.68
1.2	7	64.84
1.4	6	51.61
1.6	5	43.01
1.8	3	25.80
2.0	3	28.60
2.2	2	17.20
2.4	2	16.06
2.6	1	8.03
2.8	2	16.06
3.0	2	16.06
3.2	2	16.06
3.4	2	16.05
3.6	2	15.05
3.8	1	7.53
4.0	1	7.53
4.2	2	15.05
4.4	2	14.17
4.6	7	49.59
4.8	12	85.01
5.0	23	162.93
5.2	40	283.37
5.4	72	481.73
5.6	46	307.77
5.8	35	234.18
6.0	25	167.27
6.2	22	147.20
6.4	18	114.10
6.6	16	101.42
6.8	23	145.79
7.0	31	196.50
7.2	27	171.16
7.4	44	264.97
7.6	46	277.01
7.8	39	234.86
8.0	42	262.92
8.2	47	283.03
8.4	51	292.50
8.6	49	281.03
8.8	44	252.35
9.0	53	303.97
9.2	100	573.53
9.4		
9.6		
9.8		
10.0		
10.2		
10.4		
10.6		
10.8		
11.0		
11.2		
11.4		
11.6		
11.8		
12.0		
12.2		
12.4		
12.6		
12.8		
13.0		
13.2		
13.4		
13.6		
13.8		
14.0		
14.2		





[illegible]