

# COMUNE DI FOLIGNO - PG

## PIANO ATTUATIVO AREA EX OSPEDALE DI S. GIOVANNI BATTISTA comparto A\_B

### COMMITTENTE:

Rappresentate da:  
Ing. Luca Panizzi  
Fund Manager

Arch. Gianfranco Deste  
Responsabile Area Asset Management

**BNL**  
**FONDI IMMOBILIARI SGR p.A.**  
Viale A. Fillipetti, 37  
I - 20122 Milano

in nome per conto di:  
**FONDO UMBRIA - comparto 'MONTELUCE'**

.....  
(data ...../...../.....)

### PROJECT MANAGER E DEVELOPMENT ADVISOR:

**EUROPA RISORSE S.r.l.**  
Piazzale Lugano, 19  
I - 20158 Milano

### PROGETTISTI:



.....  
(timbro e firma)

.....  
(timbro e firma)

.....  
(timbro e firma)

#### **s.b.arch.**

**bargone architetti associati**



11, Via Ovidio  
06034 FOLIGNO (PG)  
Phone/Fax: 0742 351360/357775  
info@studiobargone.it  
dott. arch. **FEDERICO BARGONE**  
dott. arch. **FRANCESCO BARTOLUCCI**

#### **Studio Cannavici**

40, Via San Giovanni dell'acqua  
06034 FOLIGNO (PG)  
Phone/Fax: 0742 359119/357850  
gmcarck@libero.it  
dott. arch. **GIAN MARCO CANNVICCI**

#### **Studio Tonti**

04, Via Asiago  
06034 FOLIGNO (PG)  
Phone/Fax: 0742 20351  
maurizio.tonti@tiscali.it  
dott. arch. **MAURIZIO TONTI**

### CONSULENTI:

#### **agronomia**

dott. **PIETRO STEFANETTI**  
FOLIGNO

#### **topografia**

geom. **SAMUELE MORETTI**  
PERUGIA

#### **geologia**

dott. geol. **MARIO CERQUEGLINI**  
BEVAGNA

#### **infrastrutture**

dott. ing. **STEFANO INNOCENZI**  
FOLIGNO

OGGETTO:  
STATO ATTUALE

DATA:  
GIUGNO 2007

DIS N.:

RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA  
MICROZONAZIONE SISMICA

# All. D

NOTE:

REV:

**COMUNE di FOLIGNO**  
**Provincia di Perugia**

**PIANO ATTUATIVO RELATIVO AL**  
**COMPARTO 5 - EX OSPEDALE DI FOLIGNO**

**RELAZIONE GEOLOGICA ED IDROGEOLOGICA**  
**PER MICROZONAZIONE SISMICA**

**Dott. Geol. Mario CERQUEGLINI**

Collaborazione professionale: Dott. Tommaso PIACENTINI

Committenza: B.N.L. Fondi Immobiliari

Bevagna, Giugno 2007

Dott. Geol. Mario CERQUEGLINI  
Geologia tecnica ed ambientale – Idrogeologia  
Via delle Mura Guelfe, 9 - 06031 Bevagna (PG)  
tel. 0742 360214 - cell. 347 9550593 – 338 9111356  
c.f. CRQ MRA 69L07 D653T - P.IVA 02517180549  
e.mail : mariocerque@libero.it

## PREMESSA

Di seguito si riportano i dati relativi ad un'indagine geologica ed idrogeologica effettuata in un'area, dove è previsto un piano attuativo relativo al comparto 5 - ex ospedale di Foligno, ai sensi della deliberazione di giunta regionale n°226 del 14/03/2001.

Il sito si colloca topograficamente nella Tavoletta 'Foligno' I N.O. appartenente al Foglio n°131 della Carta d'Italia.

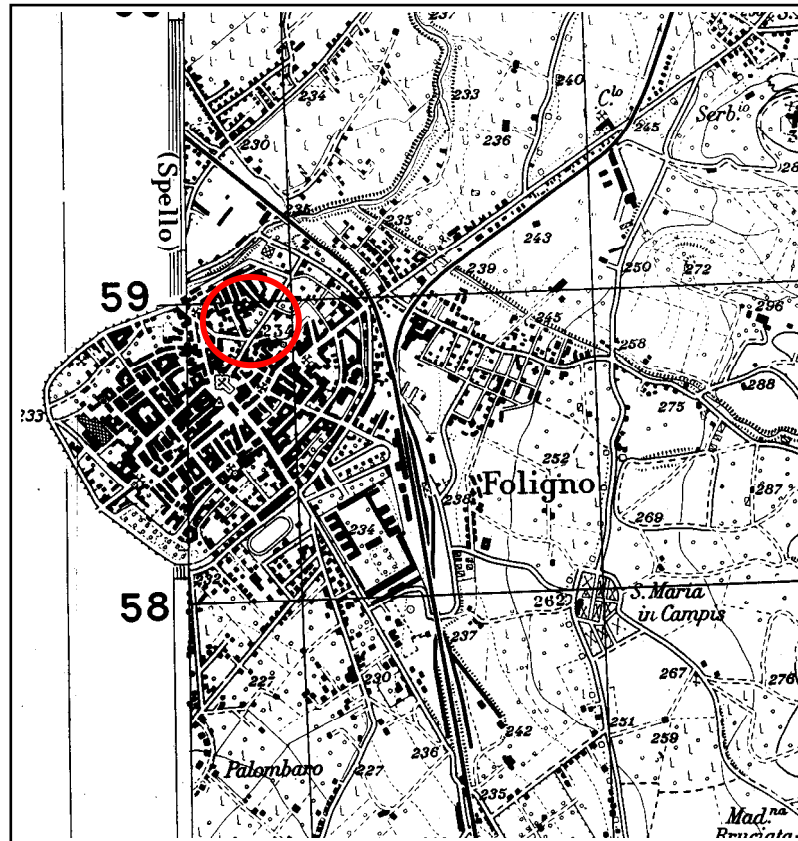
Per conoscere la distribuzione verticale delle terre locali ci si è avvalsi dei dati ottenuti dalla microzonazione sismica speditiva, eseguita nell'area esaminata a seguito della crisi sismica del 1997, nonché del rilevamento geologico e geomorfologico svolto intorno alla zona in esame, tre prove penetrometriche dinamiche e dai dati ottenuti per mezzo di 2 sismiche a rifrazione superficiale MASW, con stendimento di 40 m, per determinare il parametro  $V_{s30}$ .

Il seguente lavoro si prefigge di accertare ed analizzare:

- gli aspetti idrogeologici e geomorfologici della zona;
- le condizioni litologiche locali;
- le caratteristiche geotecniche dei terreni.

Stralcio tavoletta FOLIGNO I N.O.

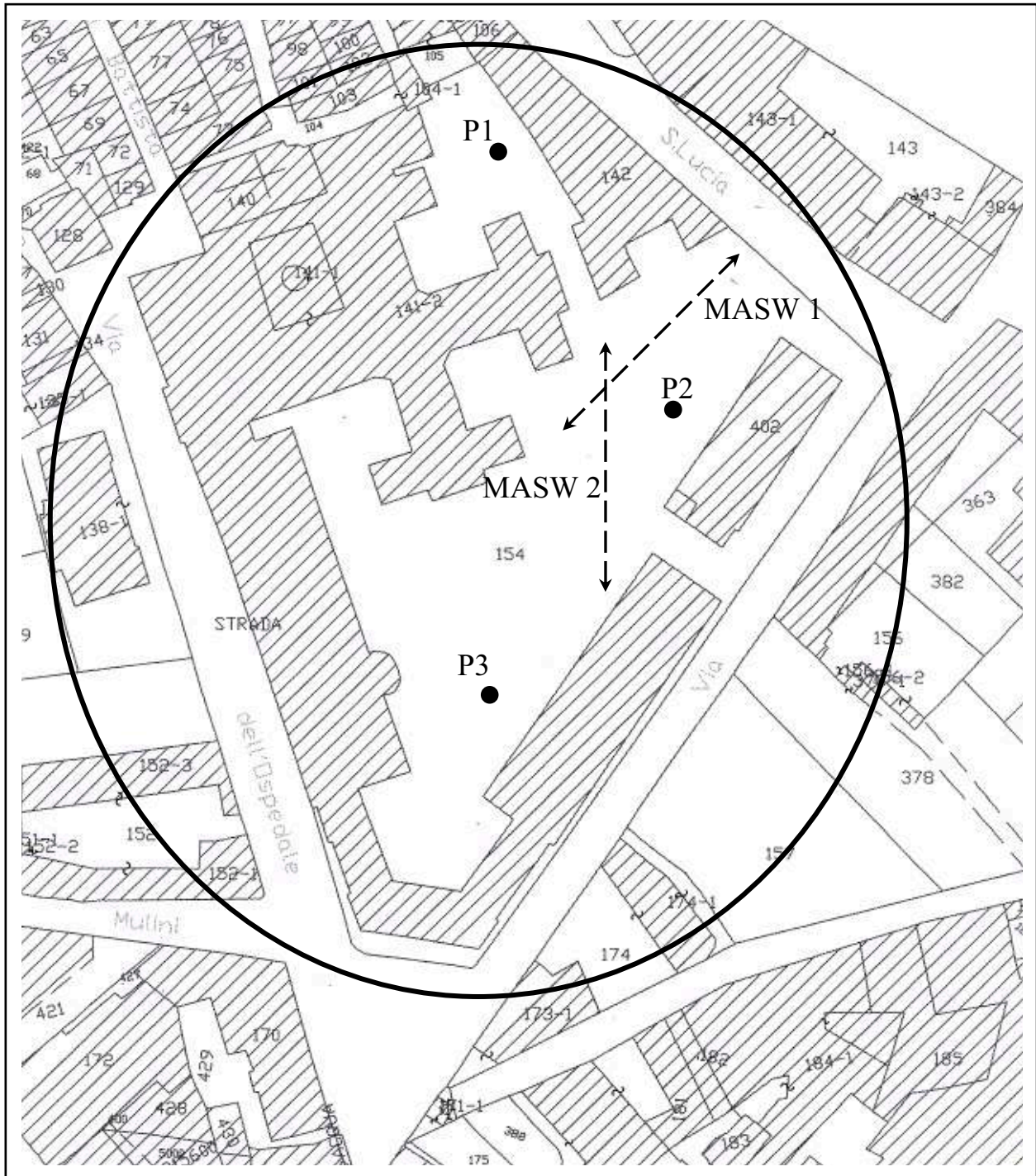
Foglio n°131 della Carta d'Italia



Ubicazione del sito indagato.

COMUNE di FOLIGNO

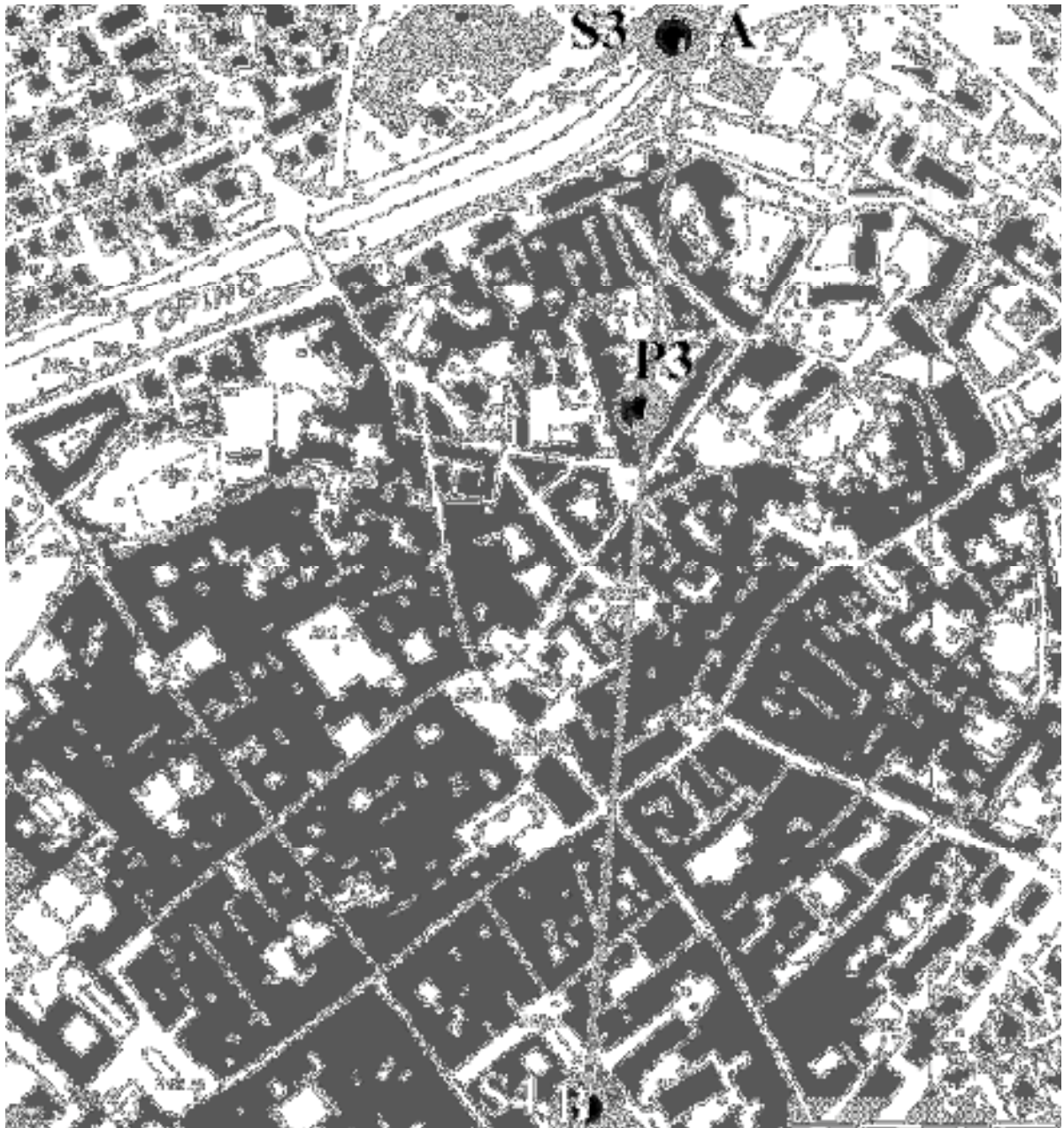
Stralcio del foglio catastale n°156 - Scala 1:1000



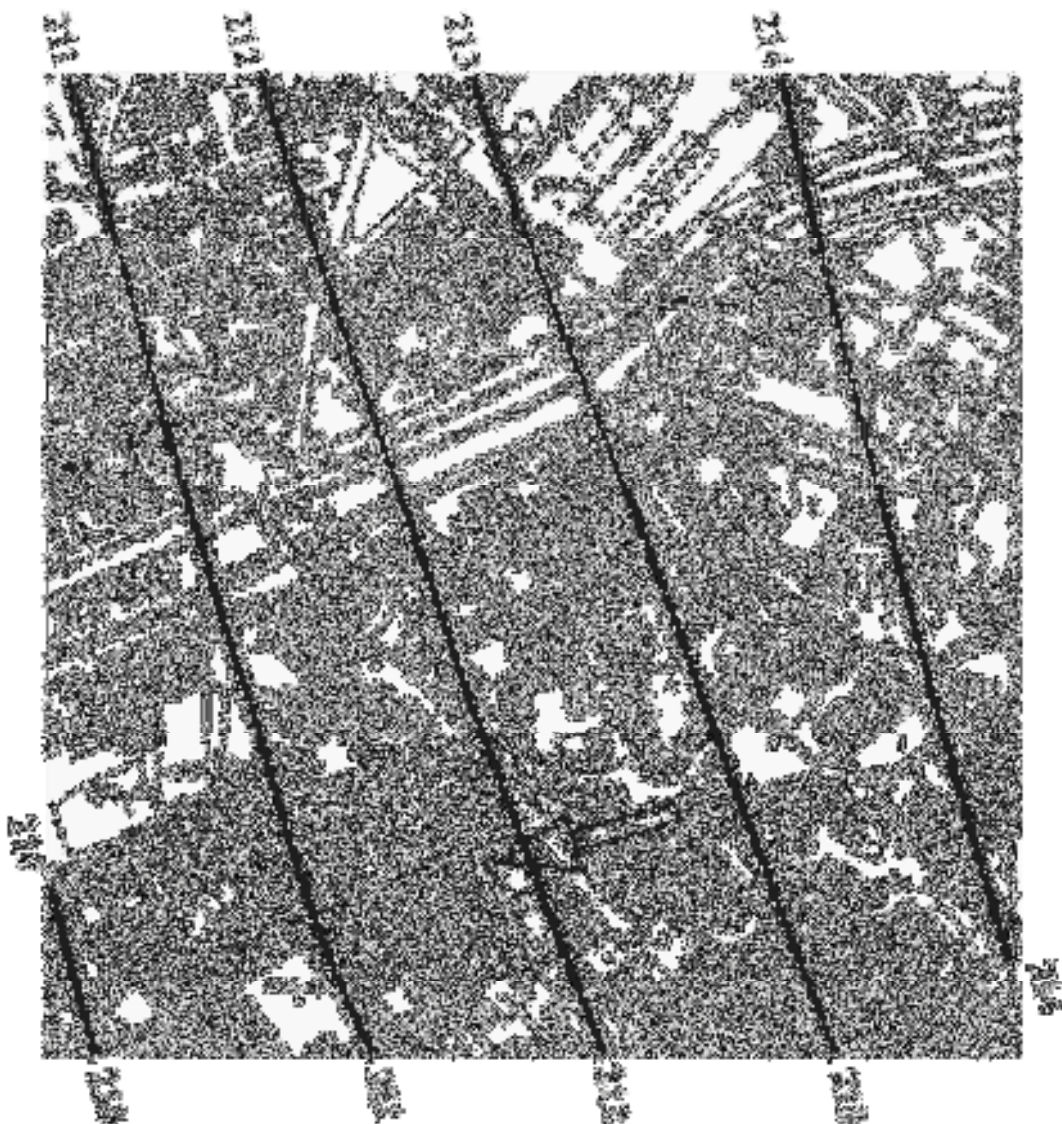
Ubicazione dell'area esaminata e delle indagini effettuate.

STRALCIO C.T.R. - ELEMENTO 324010

scala 1:5000



Ubicazione dei sondaggi S3-S4 e della penetrometrica P3 per correlazione stratigrafica A-B.



STRALCIO C.T.R. - ELEMENTO 324010  
 SCALA 1:5000  
Carta ISOPIEZOMETRICA



Linee di flusso



Linee isopiestiche (quote in m. s.l.m.)

## ASPETTI GEOMORFOLOGICI, IDROGEOLOGICI E LITOLOGICI

La zona indagata si posiziona nel centro dell'abitato di Foligno, attestandosi ad una quota di circa 234 m s.l.m.

Dal punto di vista geomorfologico, si trova nella porzione apicale dell'ampia paleoconoide che il 'F.me Topino' ha deposto allo sbocco nella Piana Folignate-Spoletina.

Ne consegue una morfologia sostanzialmente pianeggiante, dove le pendenze originarie sono state parzialmente modificate dall'attività antropica.

Nell'area non sono evidenti situazioni geomorfologiche che facciano presupporre fenomeni d'instabilità in atto o latenti.

Informazioni raccolte in loco e relative alla realizzazione di pozzi ubicati in un intorno significativo, unitamente agli studi di microzonazione sismica speditiva ed ai dati relativi alle prove effettuate, indicano in generale la presenza di depositi di ambiente tipicamente fluviale, con ghiaie-sabbiose alternate a sedimenti fini e depositi clastici grossolani fino a profondità superiori di 20 m dal p.c.

L'indagine svolta e la conoscenza della stratigrafia locale, hanno permesso di delineare le stratigrafie dei terreni presenti.



Penetrometrica P1:

00 ÷ 1,50 m: terreno di riporto;

1,50 m ÷ 2,50 m: limi-sabbiosi e sabbie-limose mediamente addensate;

2,50 m ÷ 3,00 m: ghiaie sabbiose ben addensate.

Penetrometrica P2:

00 ÷ 1,40 m: terreno di riporto;

1,40 m ÷ 2,60 m: limi-sabbiosi e sabbie-limose mediamente addensate;

2,60 m ÷ 3,10 m: ghiaie sabbiose ben addensate.

Penetrometrica P3:

00 ÷ 1,60 m: terreno di riporto;

1,60 m ÷ 2,80 m: limi-sabbiosi e sabbie-limose mediamente addensate;

2,80 m ÷ 3,30 m: ghiaie sabbiose ben addensate.

Sondaggio S3:

00 ÷ 2,00 m: terreno di riporto:ciottoli in matrice terrosa;

2,00 m ÷ 6,00 m: ghiaia poligenica, poco compatta in matrice  
sabbioso-limosa avana;

6,00 m ÷ 9,50 m: livelli di ghiaia con abbondante matrice sabbiosa e  
sabbie con ciottoli calcarei dispersi;

9,50 m ÷ 12,00 m: ghiaia poligenica grossolana, in matrice sabbioso-  
limosa avana ;

12,00 m ÷ 14,00 m: limi sabbiosi avana con sottili livelli di ghiaia  
minuta;

14,00 m ÷ 20,50 m: ghiaia calcarea, in matrice sabbioso-limosa avana.

Sondaggio S4:




00 ÷ 1,00 m: terreno di riporto:ciottoli e resti di laterizio in matrice  
terrosa;

1,00 m ÷ 5,20 m: ghiaia calcarea, con rari ciottoli silicei, poco  
compatta, in matrice sabbioso-limosa avana;




5,20 m ÷ 6,20 m: sabbia grossolana e ghiaia minuta;

6,20 m ÷ 7,00 m: ghiaia calcarea, con rari ciottoli silicei e  
calcarenitici, in matrice sabbioso-limosa.




## Stratigrafia delle terre locali

Penetrometrica: Pi			
LOCALITA' : ex-ospedale - Foligno			SCALA 1: 100
Diam.	Profon- dità	LITOLOGIA	Descrizione litologica
	1,50 m		Terreno di riporto
	2,50m		Limi-sabbiosi e sabbie-limose mediamente addensate
	3,00m		Ghiaie sabbiose ben addensate
GRUCIE RIFERITE AL PIANO DI CAMPANIA			

## Stratigrafia delle terre locali

Penetrometrica: P2			
LOCALITA' : ex-ospedale - Foligno			SCALA 1: 100
Diam.	Profon- dità	LITOLOGIA	Descrizione litologica
	1,40 m		Terreno di riporto
	2,60m		Limi-sabbiosi e sabbie-limose di mediamente addensate
	3,10m		Ghiaie sabbiose ben addensate
NOTE REFERITE AL PIANO D'CAMMINATA			


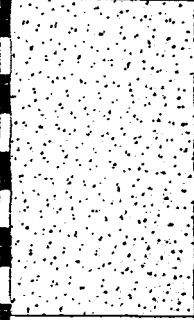


## Stratigrafia delle terre locali

Penetrometrica: P3			
LOCALITA' : ex-ospedale - Foligno			SCALA 1: 100
Diam.	Profon- dità	LITOLOGIA	Descrizione litologica
	1,60 m		Terreno di riporto
	2,80m		Limi-sabbiosi e sabbie-limose di mediamente addensate
	3,30m		Ghiaie sabbiose ben addensate
NOTE REFERITE AL PIANO CIRCUMFESSIVO			

# Sondaggio S3

Profondità dal p.c.	COLONNA STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAMPIONE		S.P.T.		POCKET	Profond.
			TIPO (*)	NUMERO PROFONDITÀ m.	PROFOND.	N° COLPI	kg/cmq	FALDA
2.00		Terreno di riporto: ciottoli in matrice terrosa						
5.00		Ghiaia poligenica, poco compatta in matrice sabbioso-limosa avana						
6.00		Livelli di ghiaia con abbondante matrice sabbiosa e sabbie con ciottoli calcarei dispersi						
9.50		Ghiaia poligenica grossolana, in matrice sabbioso-limosa avana						
12.00		Limi sabbiosi avana con sottili livelli di ghiaia minuta						
14.00		Ghiaia calcarea, in matrice sabbioso-limosa avana						
15.00								
20.50								20.00

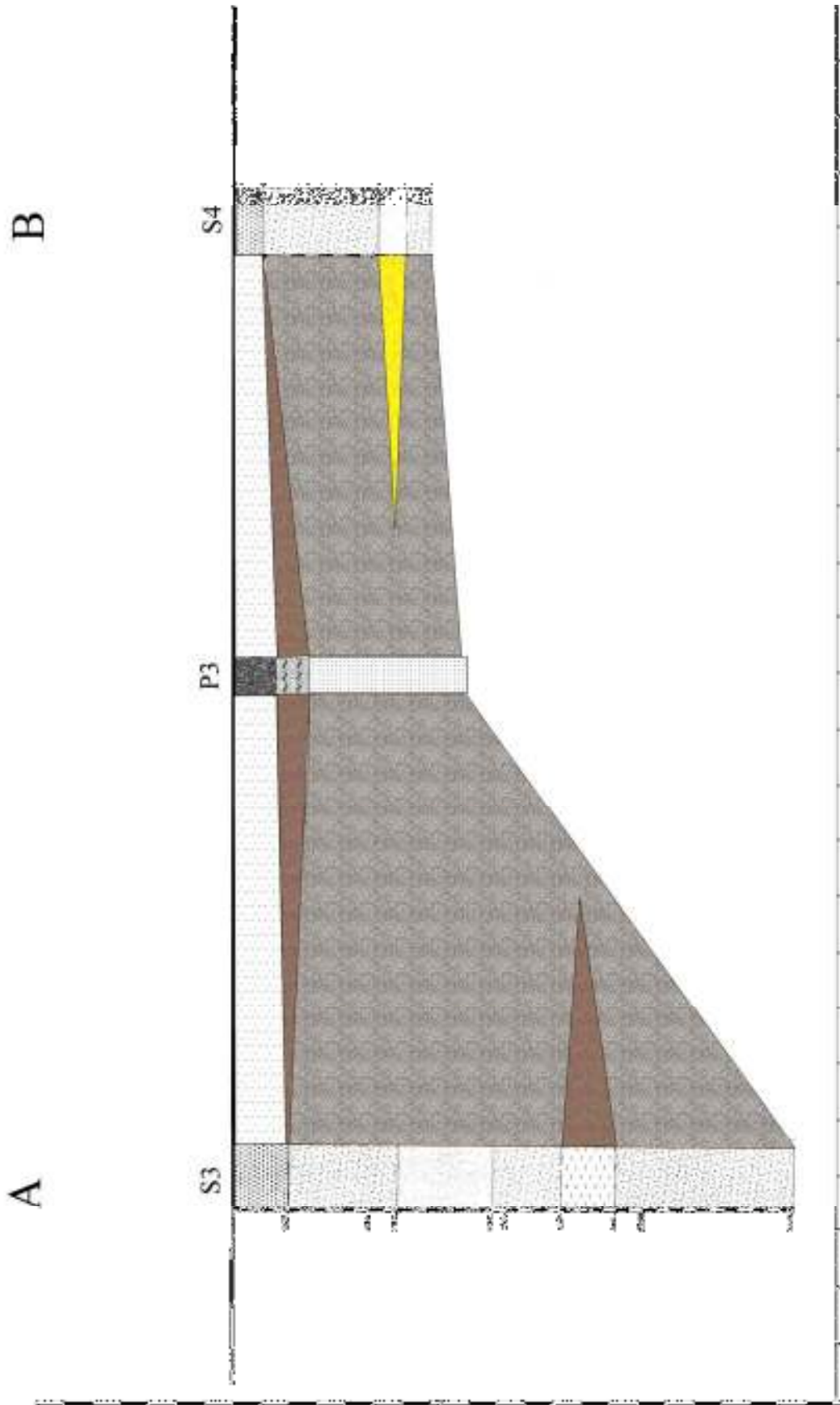
## Sondaggio S4

Profondità dal p.c.	COLONNA STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA
1.00		Terreno di riperto: ciottoli e resti di laterizio in matrice terrosa
5.20		Ghiaia calcarea con rari ciottoli silicei, poco compatta, in matrice sabbioso-limosa avana
6.20		Sabbia grossolana e ghiaia minuta
7.00		Ghiaia calcarea con rari ciottoli silicei e calcarenitici in matrice sabbioso-limosa

CORRELAZIONE STRATIGRAFICA SONDAGGI S3 - P3 - S4

Scala Y = 1:200

Scala X = a vista





## CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Nella fascia longitudinale ad Est dell'abitato di Foligno si riscontra la presenza di un litotipo essenzialmente ghiaioso.

I dati in possesso, riferiti alla carta delle isopiezometriche, evidenziano la presenza di un acquifero che pone il livello statico intorno ai 20 m dal p.c.

Tale acquifero costituisce l'espressione più superficiale di un sistema multifalda, che si imposta nei livelli più permeabili dei depositi della piana.

La permeabilità è desumibile da prove di portata su pozzi idropotabili, ubicati nell'area di maggior spessore delle alluvioni, dove si hanno valori di poco inferiori di  $10^{-3}$  m/sec.

Le isopiezometriche evidenziano linee di deflusso inizialmente occidentali, curvanti poi a Nord-Ovest, verso l'esterno della conoide, in quanto il F.<sup>me</sup> Topino ha una funzione alimentante della falda.

Per ciò che riguarda il chimismo riscontrato in falda, le acque risultano bicarbonatiche alcalino-terrose a bassa salinità e basso contenuto in metalli alcalini cloro e solfati.

Le specie azotate, invece, sono presenti sotto forma di nitrati, ed in particolare si precisa che in un intorno significativo del sito analizzato non sono presenti fonti di inquinamento (allevamenti, condotte disperdenti ecc.) che possano pregiudicare l'integrità della falda idrica sotterranea.

## ASPETTI GEOTECNICI

La valutazione preliminare delle caratteristiche geotecniche è stata eseguita tramite la verifica dei numerosi dati presenti nell'immediato intorno del sito e con l'esecuzione di tre prove penetrometriche dinamiche.

I terreni presenti sono caratterizzati dall'alto verso il basso come segue:

1. riporto antropico,
2. limi-sabbiosi e sabbie-limose,
3. ghiaie eterogenee.

I parametri geotecnici che si evincono in condizioni non drenate risultano dell'ordine:

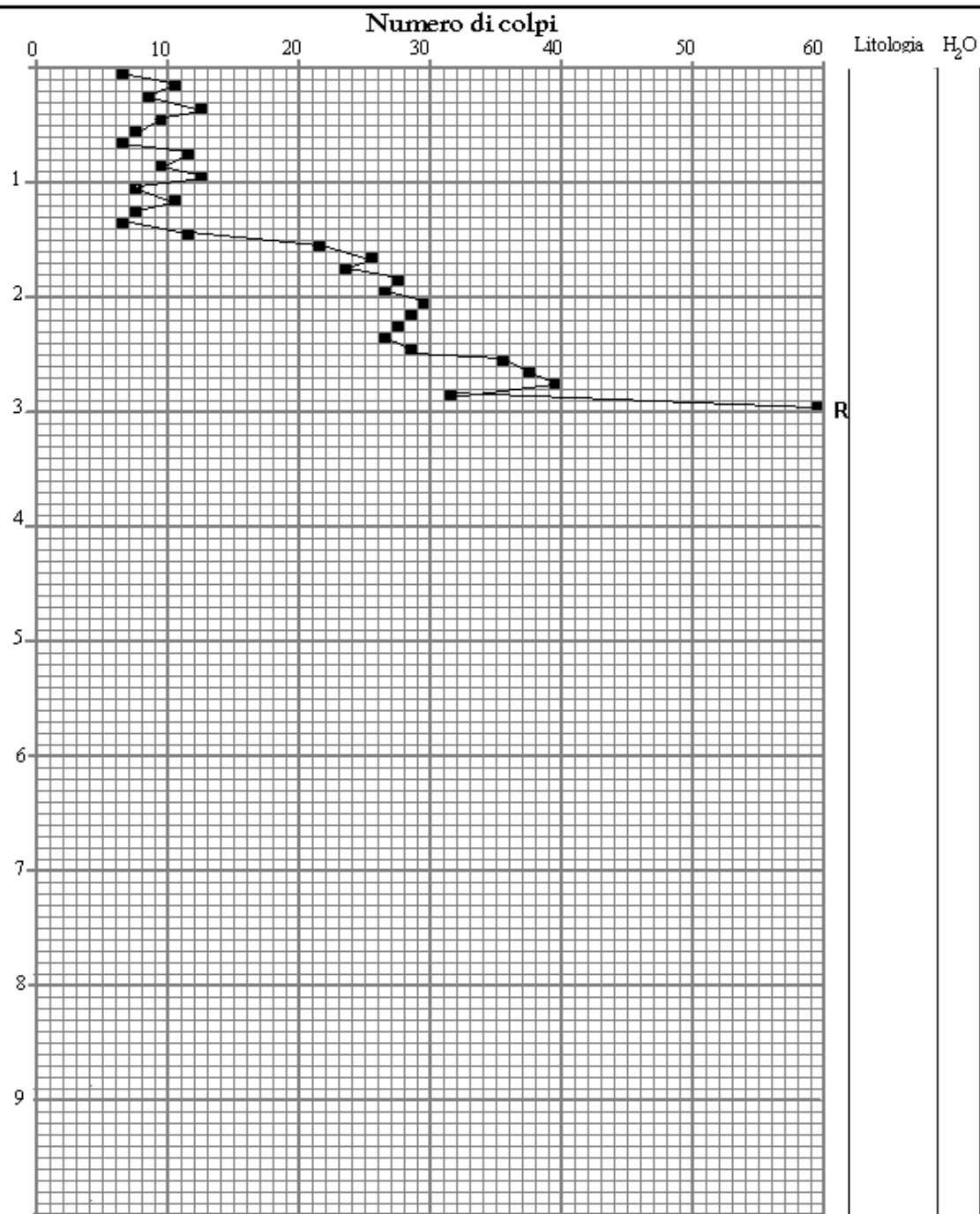
1. angolo di attrito ( $\phi$ ) =  $24^{\circ}\div 27^{\circ}$  ; peso di volume ( $\gamma$ ) =  $1,80 \text{ g/cm}^3$
2. angolo di attrito ( $\phi$ ) =  $31^{\circ}\div 33^{\circ}$  ; peso di volume ( $\gamma$ ) =  $1,90 \text{ g/cm}^3$
3. angolo di attrito ( $\phi$ ) =  $34^{\circ}\div 36^{\circ}$  ; peso di volume ( $\gamma$ ) =  $1,85 \text{ g/cm}^3$

In fase esecutiva, dovranno essere effettuate indagini geognostiche puntuali in riferimento alle opere di progetto.

PROVA PENETROMETRICA N° 1  
(con penetrometro dinamico leggero)

DATA 13/6/07

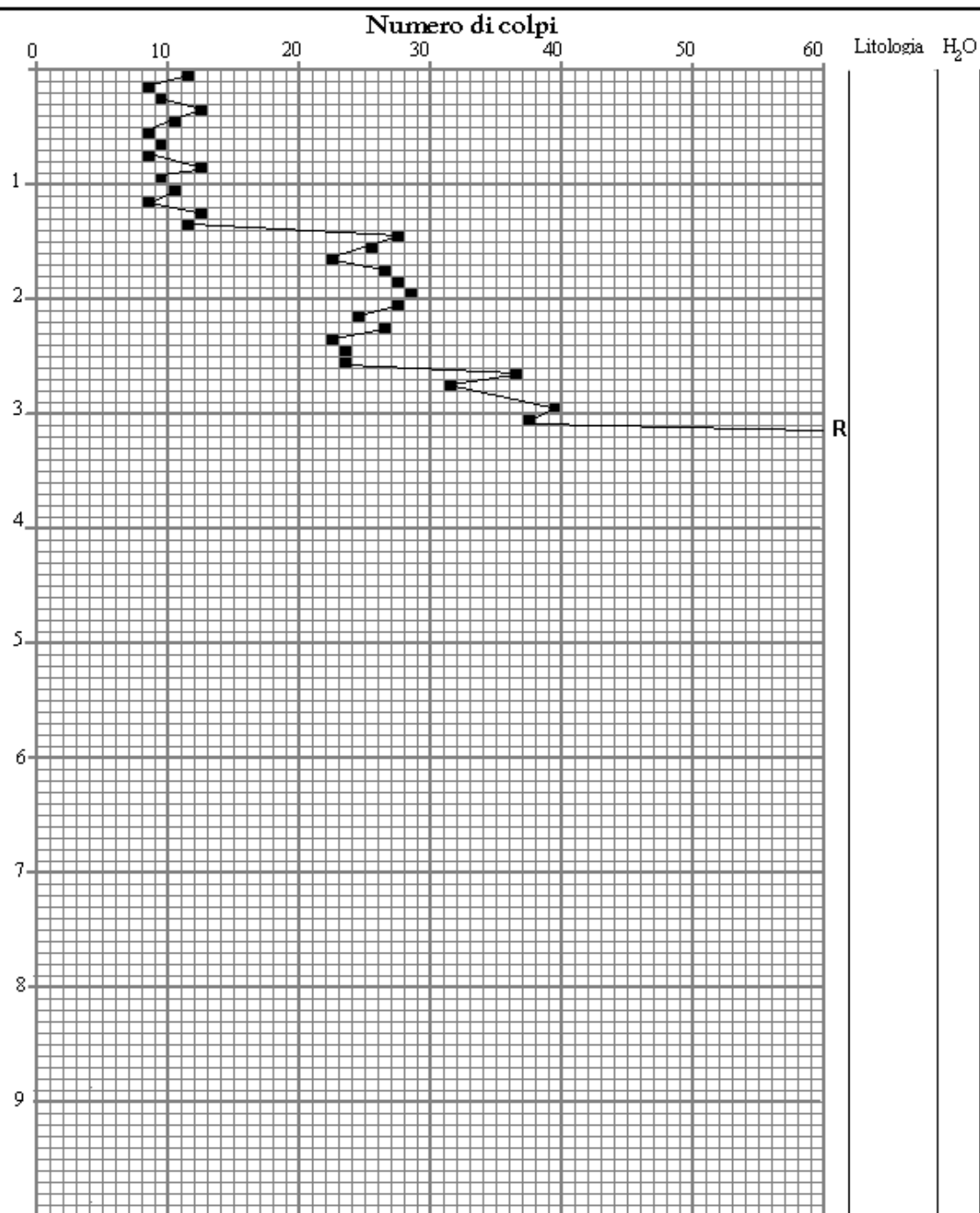
Località: **ex Ospedale - Foligno**



PROVA PENETROMETRICA N° 2  
(con penetrometro dinamico leggero)

DATA 13/6/07

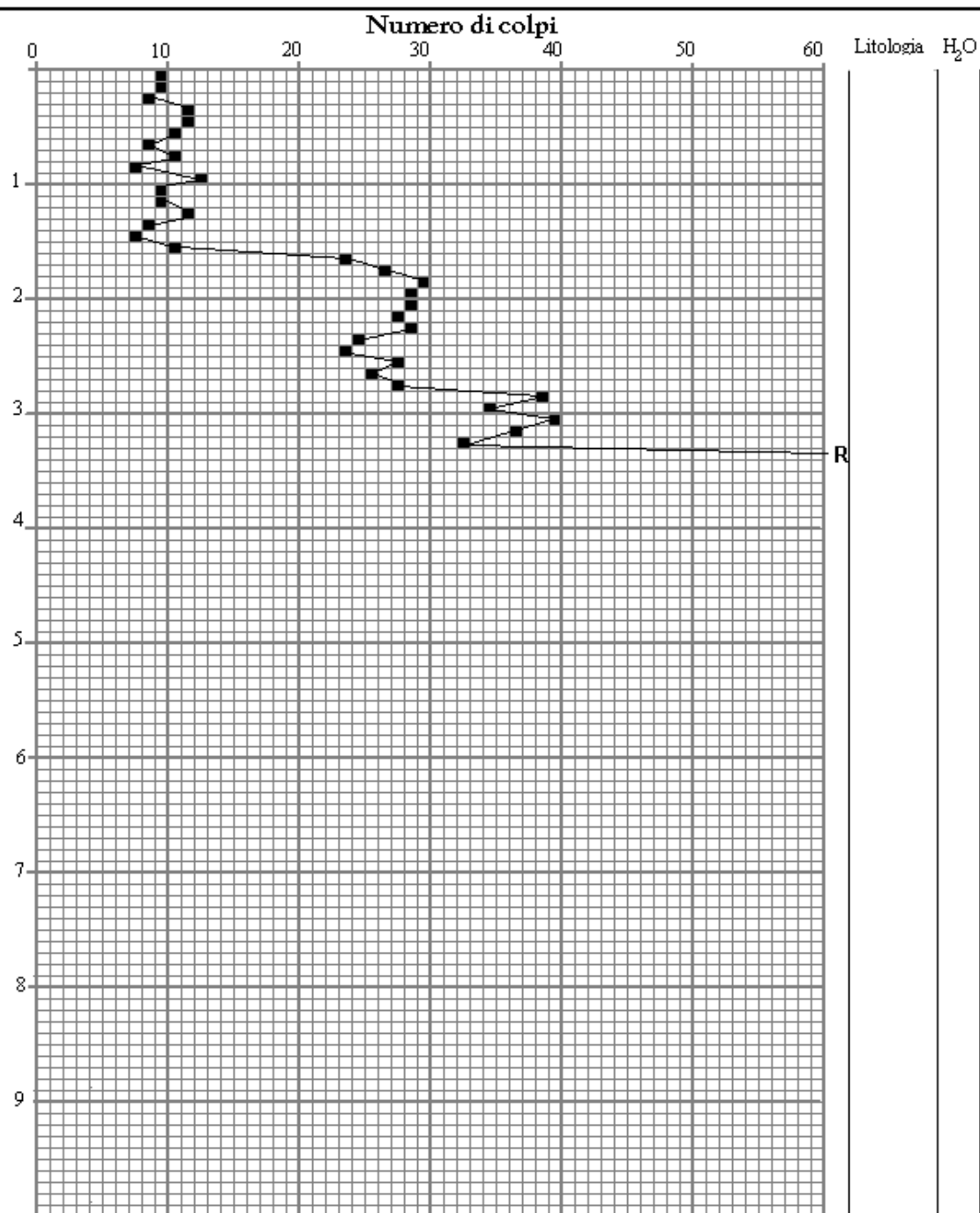
Località: **ex Ospedale - Foligno**



PROVA PENETROMETRICA N° P3  
(con penetrometro dinamico leggero)

DATA 13/6/07

Località: **ex Ospedale - Foligno**



## CONCLUSIONI E MICROZONAZIONE SISMICA

Sulla base delle considerazioni svolte si ritiene che non sussistano condizionamenti di carattere geologico ai fini del piano attuativo di progetto.

In generale, perciò:

1. la morfologia si presenta pianeggiante, e non è soggetta a dissesti in atto o latenti;
2. un corpo acquifero risulta posto a profondità maggiore di 15 m dal p.c.;
3. sotto l'aspetto litologico, le terre in esame risultano costituite da depositi di ambiente tipicamente fluviale ed alluvionale, riferibili a ghiaie-sabbiose, con alternanze di sedimenti fini e depositi clastici grossolani fino a profondità superiori di 20 m dal p.c.
4. il piano attuativo d'iniziativa privata in oggetto ricade in un'area del Comune di Foligno ad alta sismicità, indicato al livello I della legenda della carta n°50 ed al 2° comma dell'art. 50 del P.U.T. approvato con L.R. n°27, del 24 marzo 2000.

In base a quanto disposto dal manuale per il rilevamento e l'identificazione delle zone suscettibili di amplificazioni o di instabilità dinamiche locali in fase di Microzonazione Sismica, l'area è stata classificata con le indagini di microzonazione sismica speditiva, redatte dal Dott. Geol. Francesco Savi, come (E7D $\phi$ ) (Foligno centro – Foligno V).

E' stato attribuito un fattore di amplificazione sismica pari a:

$$F_a = 1,2$$

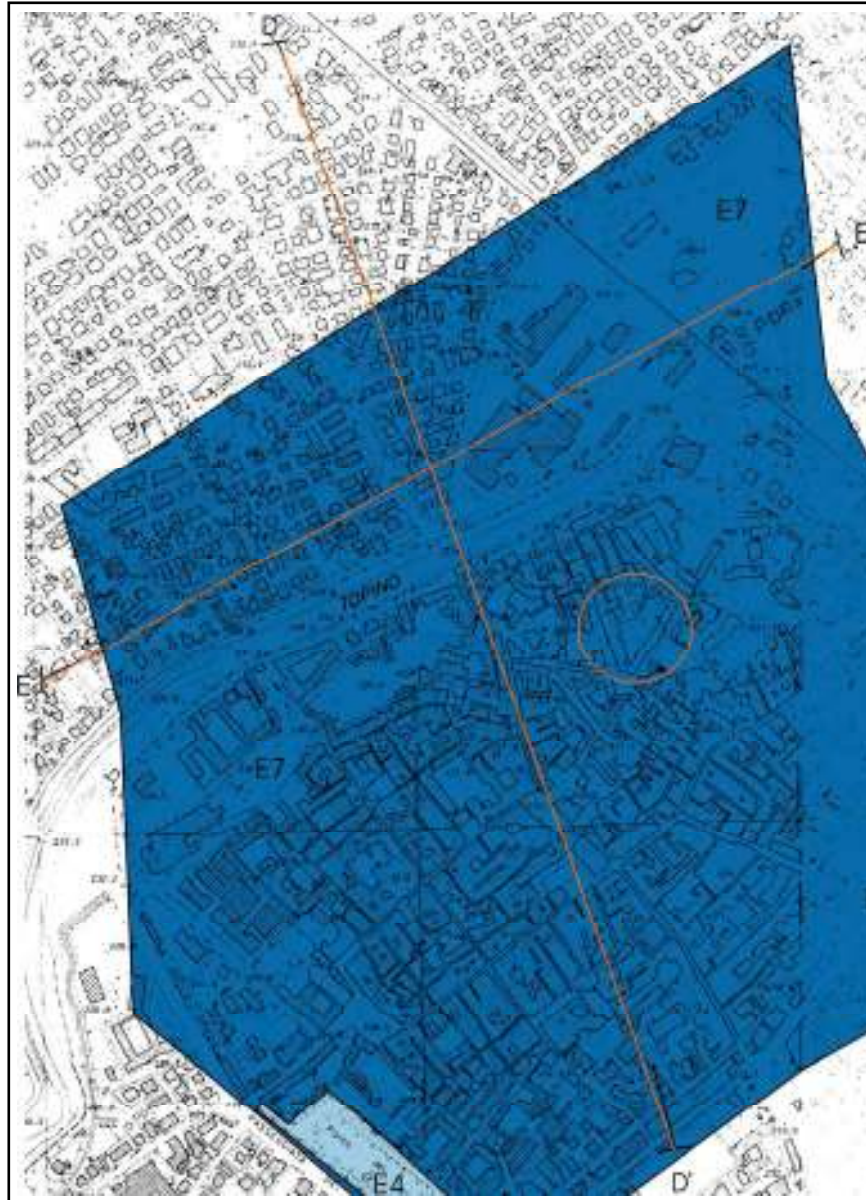
A conferma di quanto precedentemente prodotto dal Dott. Francesco Savi, sono state eseguite due indagini sismiche di tipo MASW per la classificazione dei suoli di fondazione tramite Vs30, così come richiesto dalla OPCM 3274/03, dalle quali risulta un suolo di classe B.

Di seguito viene allegata la documentazione di cui sopra.

Si resta a disposizione per ulteriori ed eventuali chiarimenti.



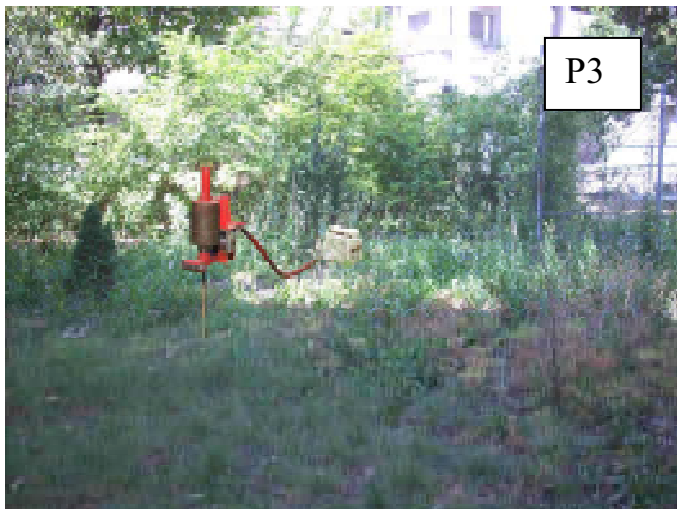
MICROZONAZIONE SISMICA SPEDITIVA - Scala 1:10000



RILEVATORE	SAVI FRANCESCO						
COMUNE	LOCALITA'	SITUAZIONE TIPO	ZONE E SOTTOZONE DI PERICOLOSITA'	FATTORE DI AMPLIFIC.	FATTORE DI AMPLIFIC.	PRODOTTO	MAGGIOR AZIONE 20%
FOLIGNO	FOLIGNO CENTRO V	FONDOVALLE	E7D $\phi$	1.2			
	E-7 zona di fondovalle con presenza di terreni incoerenti	Fluvio lacustre sabbioso...=D	30-50m= $\phi$ >30m = $\phi$				

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA





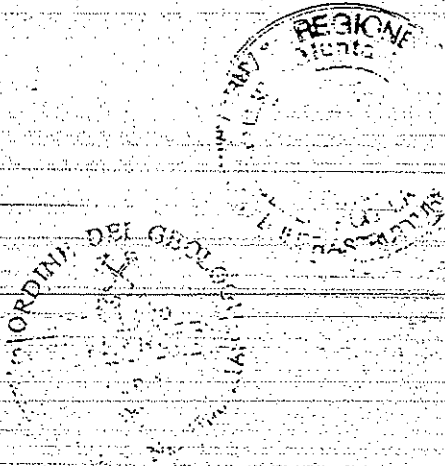
VISTO. APPROVATO  
Delibera Giunta Regionale  
n. 4363 del 31/7/98

INDAGINI URGENTI  
DI MICROZONAZIONE SISMICA SPEDITIVA

Località:  
Foligno Centro  
Foligno V

Rilevatore Dott. Geol. Francesco Savi

*Francesca Savi*



Foligno, 29 giugno 1998

### Premessa

La presente fase di lavoro si riferisce alle indagini urgenti di microzonazione su le rimanenti due zone limitrofe della città di Foligno per le quali il Gruppo di Coordinamento Misto ha approvato l'esecuzione di indagini geognostiche, come da verbale di consegna definitiva Prot. 6597/VI del 18.05.98.

La ristrettezza dei tempi a disposizione e la particolare composizione urbanistica delle zone su cui sono state effettuate le indagini ha reso particolarmente arduo il lavoro; infatti, i depositi presenti nella zona della città sono costituiti prevalentemente da ghiaie costituite da ciottoli anche di grandi dimensioni per cui era necessario eseguire i sondaggi con macchine di elevata potenza. Contemporaneamente si opera in un tessuto urbano con vie relativamente larghe e quasi completamente edificato. Ciò premesso, si è cercato di saturare alcune porzioni di territorio in cui si hanno pochissimi dati sia stratigrafici che geotecnici. Le zone di Foligno V e Foligno VI sono state quasi completamente urbanizzate negli anni '60 e '70 e si hanno pochissimi dati geologici attendibili, mentre per Foligno Centro sono disponibili un maggior numero di dati relativi ad interventi di ristrutturazione di grossi immobili. Sono stati effettuati quattro sondaggi a carotaggio spinti ad una profondità massima di 20,5 m dal p.c.: I sondaggi sono stati effettuati dalla Ditta TECNODRILL S.A.S. - Z.I. S. M. di Sette - Montone (PG). Per la stesura delle carte sono stati inoltre utilizzati dati desunti sia da osservazioni superficiali, che provenienti da informazioni sulla natura litologica dei terreni, presenti nell'archivio personale dello scrivente o reperiti presso il Comune di Foligno o archivi personali di Colleghi (come riportato nella Bibliografia).

I due siti in oggetto risultano limitrofi tra loro per cui si è preferito effettuare congiuntamente le previste cartografie che saranno, quindi relative ai siti:

1) Foligno Centro, Foligno V

Tale criterio permette di avere una visione di insieme maggiormente rappresentativa dell'intera area in esame. Le sezioni geologiche ed i profili litotecnici, coincidenti tra loro, sono stati predisposti in maniera da essere significativi sia per le singole aree che per aree limitrofe.

### Carta geologica

L'intera area in cui ricadono i siti, è stata classificata con la Sigla "f". Si tratta di depositi lacustri, fluvio-lacustri e palustri, costituiti da intercalazioni e lenti di limi argillosi, sabbie e ghiaie in matrice. Non si hanno affioramenti naturali di sezioni significative di tali depositi, i dati stratigrafici provengono da stratigrafie relative a sondaggi, escavazione pozzi per acqua, a saggi geognostici.

In particolare, la conoide del Fiume Topino, sulla quale è ubicata la città di Foligno, è costituita principalmente da ghiaie in matrice. Questa si estende nel sottosuolo, maggiormente rispetto a quanto si rilevi in superficie, a causa delle fasi più recenti della sedimentazione del bacino, che è stata caratterizzata da un ambiente sedimentario di bassa energia, con depositi di limi argillosi intorno alla conoide. Le aree altimetricamente più depresse, esterne a quelle in esame, sono state interessate da un bacino lacustre e palustre, fino a tempi molto recenti (le ultime bonifiche risalgono al 1450 - 1550).

La geometria dei depositi è di tipo lenticolare con limiti generalmente frastagliati. La granulometria degli stessi depositi presenta un ampio fuso granulometrico. All'interno delle mura storiche della città di Foligno è presente in molte zone de riporti di natura eterogenea con spessori che possono raggiungere anche i 5-6 m. Molto evidente, anche per la particolare forma, è la zona del parco dei "Canapè" costituita da un grosso cumulo di terreno contenuto da potenti muri in pietra.

Nelle sezioni geologiche si è cercato, per quanto possibile data l'esiguità dei dati certi, di ricostruire l'andamento ed il rapporto stratigrafico tra depositi di varia natura. Con la simbologia classica, si è cercato di individuare depositi a prevalenza di ghiaia e sabbia, da quelli a prevalenza di limi e sabbie ed ancora da depositi a prevalenza di limi e argille. Dove sono stati effettuati i sondaggi è stata riportata direttamente la stratigrafia rilevata. I passaggi tra le varie zone con depositi a diversa prevalenza granulometrica sono puramente indicativi come posizione.

F. S. O. W.

### Carta geomorfologica

L'area si pone in un contesto sub-pianeggiante con quote che oscillano tra un massimo di circa 239 m s.l.m. e un minimo di 230 m s.l.m.

Il principale corso d'acqua presente nella zona è il Fiume Topino il quale presenta un corso artificiale, che aggira le mura storiche della città con un alveo incassato mediamente 6-8 m rispetto al piano campagna circostante e si dirige verso Sud Ovest entro potenti arginature.

Gli argini sono generalmente di forma trapezia e percorsi da una strada sommitale. In molti casi la strada sommitale viene utilizzata come strada pubblica e molte abitazioni sono poste a ridosso del piede esterno dello stesso argine.

La porosità primaria e l'elevata permeabilità dei depositi, determinano la possibilità di immagazzinamento di importate falde idriche, alimentate direttamente dagli acquiferi montani e dal sub-alveo del Fiume Topino. Tale falde risultano anche utilizzate a fini idropotabili con vari pozzi (a Nord Est di Foligno Centro si ha un pozzo idropotabile all'interno degli edifici della locale Azienda Servizi Municipalizzati).

Nella carta geomorfologica si è riportata indicativamente la subsidenza della falda superficiale, come profondità media della piezometrica dal piano campagna. Si ha nelle zone in esame:

- Area con falda a profondità dal p.c. compresa tra 20 e 30 m. L'attività antropica fortemente presente su tale area non ha comportato evidenti modifiche dell'assetto morfologico della zona, ad esclusione di quanto già detto per il Topino ed altri canali minori in parte a cielo aperto all'interno della città.

### Carta litotecnica

La carta litotecnica, derivata dalla interpretazione della carta geologica tiene conto delle diverse caratteristiche fisico-meccaniche dei depositi lacustri, fluvio-lacustri e palustri (fl).

L'intera area rientra in una sola "unità litotecnica" ed una sua sotto-unità, appartenenti al gruppo delle unità di "copertura" ed in particolare:

- L5 - materiali granulari sciolti costituiti da intercalazioni e lenti di limi-argillosi, sabbie e ghiaie in matrice. In questa unità non è possibile, all'attuale grado di approssimazione dei dati disponibili, attribuire, ai depositi superficiali, una composizione granulometrica o fisico-meccanica prevalente. Si hanno continue variazioni laterali e verticali di terreni a diversa granulometria.
- L5a - nelle aree distinte da questa sottoclasse è possibile individuare una prevalenza ghiaioso-sabbiosa nei primi 5 metri dal piano campagna. Possono, comunque, essere presenti variazioni laterali e verticali con termini a granulometria e caratteristiche fisico-meccaniche inferiori.

Sia nella carta litotecnica che nei profili litotecnici i limiti tra le diverse unità sono indicativi.

### Carta di sintesi

La carta delle zone caratterizzate da pericolosità sismica locale riporta una classificazione monotona delle aree rientranti tutte nella "zona 7" (Zona di fondovalle con presenza di terreni incoerenti).

Data la morfologia tipica dell'area e la scarsa presenza di elementi morfologici attivi e rilevanti non vi sono elementi per poter distinguere zone appartenenti a diverse tipologie.

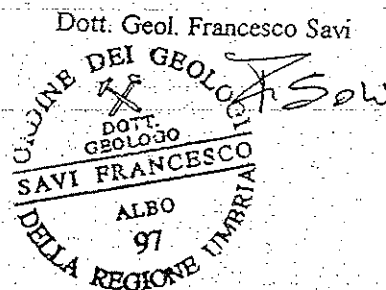
Unica eccezione, già segnalata nella precedente relazione, poteva essere fatta per la stretta fascia comprendente gli argini del Fiume Topino e nella zona Foligno V, a Nord Est la vecchia cava di Prato Smeraldo con una scarpata che rimane sempre al di sotto dei 10 m. Tali due zone potevano essere classificate come "zona 5". Le caratteristiche di queste aree non rientrano, però, tra quelle specifiche della quinta zona, anche se, data l'importanza degli argini e la vicinanza di abitazioni o intere frazioni ad essi, merita una particolare attenzione per la pericolosità anche rispetto ad eventi sismici.

F. S. O. W.

**Bibliografia**

- Regione dell'Umbria: *Studio idrogeologico della valle Umbra Sud*, 1984.
- Comune di Foligno: *Indagini geologiche complesso polisportivo Santo Pietro*, 1987.
- Comune di Foligno: *Indagine geologica e relazione nuovo Piano Regolatore Generale*, 1994.
- Comune di Foligno: *Campagna prove penetrometriche statiche CPT*, Novembre 1995.
- Comune di Foligno: *Ristrutturazione asilo Garibaldi*, 1996.
- Dott. Geol. Bonifazi Fabio: lavori vari.
- Dott. Geol. Cantarelli Giancarlo: lavori vari.
- Dott. Geol. Savi Francesco: lavori vari.

Foligno, 29 giugno 1998



# CARTA GEOLOGICA

Siti: Foligno Centro, Foligno V

Scala 1:5.000

Base: Carta Tecnica Regionale  
Elementi n. 324013 FOLIGNO  
n. 324012 UPPELLO

## LEGENDA



Depositi lacustri, fluvio-lacustri e palustri,  
costituiti da intercalazioni e lenti di limi  
argillosi, sabbie e ghiaie in matrice.  
*Pleistocene inf. - Olocene*

UBICAZIONE PRINCIPALI  
DATI DI RIFERIMENTO

- Sondaggio
- ▼ Scavo
- \* Sondaggio penetrometrico

↔ Traccia di sezione

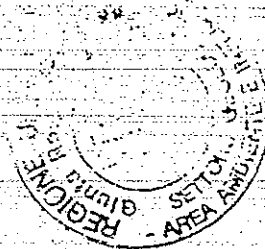
UBICAZIONE E NUMERAZIONE  
SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO  
EFFETTUATI SU INCARICO  
DELLA REGIONE UMBRIA

- S<sub>1</sub> Sondaggio a carotaggio continuo

F. Soli

VISTO: Approvato

Libera Giunta Regionale  
4363 del 31/7/98

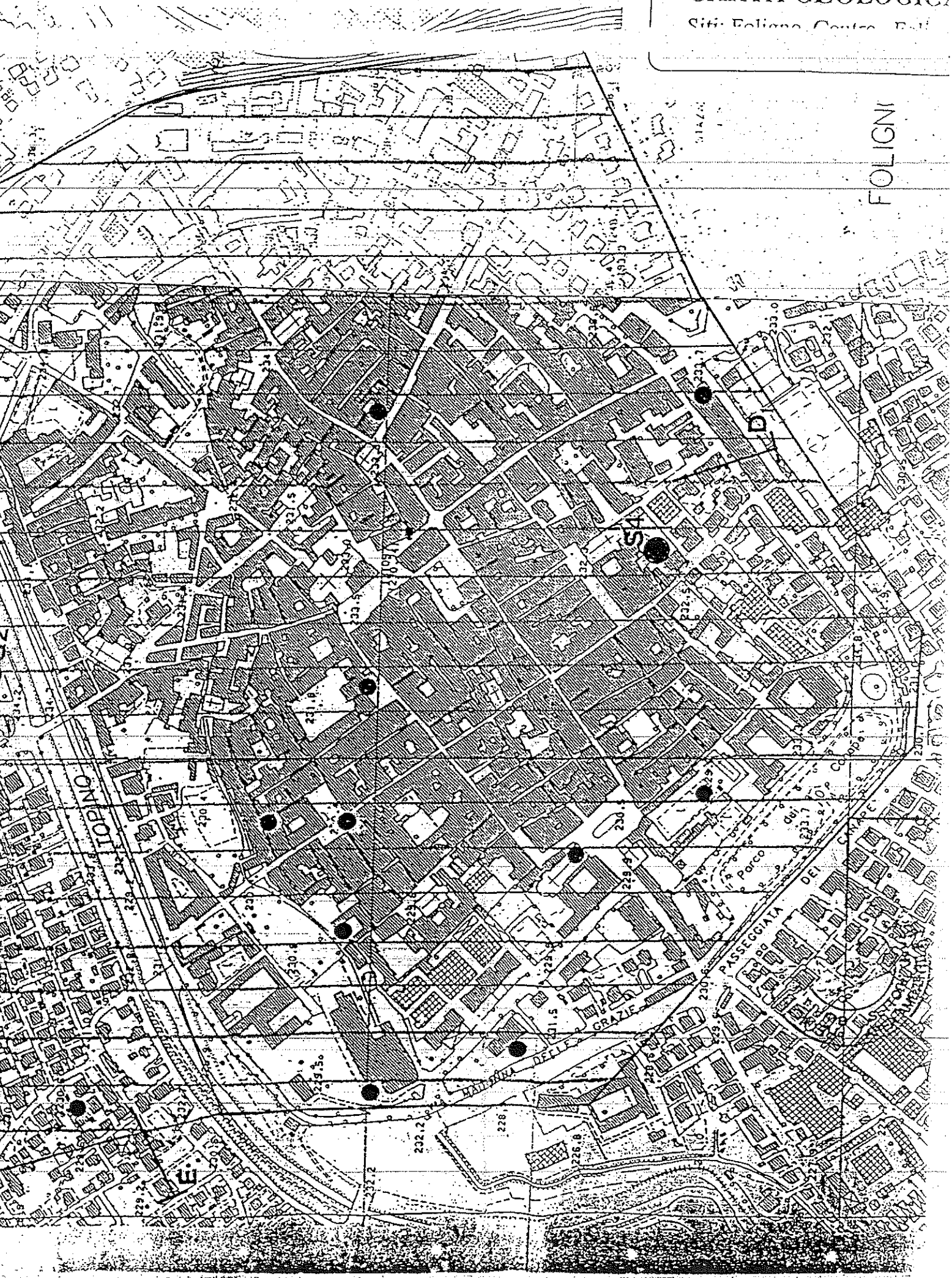




CARTA GEOLOGICA

Siti: Foligno Centro, Est

FOLIGNO



ITALIANO AL

Via A. Manenti

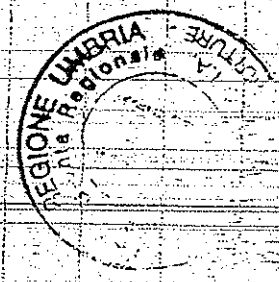
STUDIO DI GEOLOGIA  
del Comarca Sest

NOTA m s.l.m. = 232.5

Prop. Sito: Sig.ra Savini Marcella

DATA: 15/06/98

Profondità dal p.c. m	COLONNA STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAMPIONE		S.P.T.		POCKET kg/cm <sup>2</sup>	Profond. FALDA
			TIPO (*)	NUMERO PROFONDITÀ m	PROFOND.	N° COLPI		
0.20		Suolo vegetale						
3.80		Limi sabbiosi marrone-avana con esigui livelli di ghiaiasottile (millimetrica e centimetrica)					3.2	
4.00		Ghiaie calcaree poco addensate in matrice sabbiosa avana						
4.20		Limi sabbiosi marrone-avana con esigui livelli di ghiaiasottile (millimetrica e centimetrica)						
5.00								
15.00								
15.50		Ghiaia poligenica, mediamente addensata in matrice sabbioso-limosa						
15.00								
20.50								



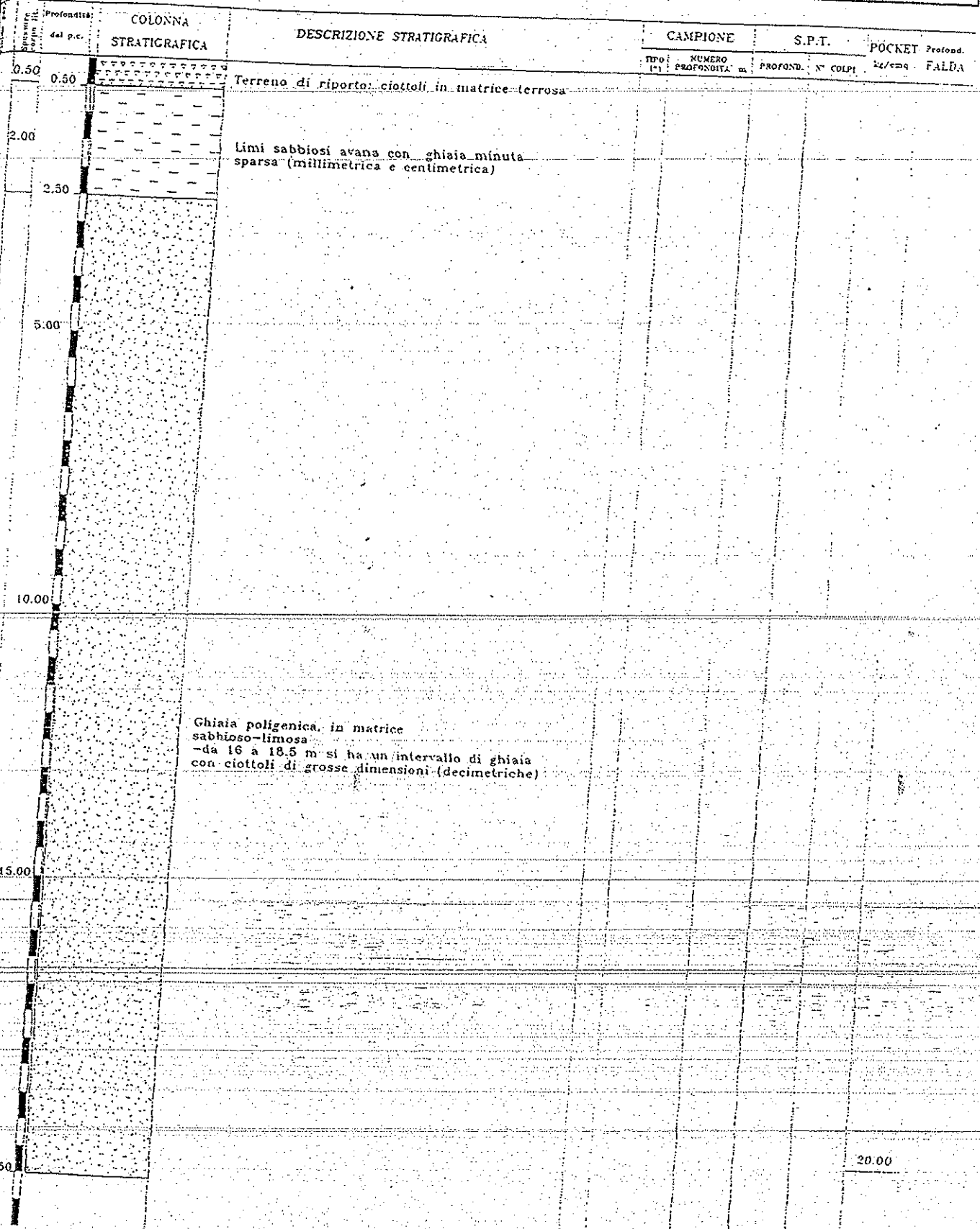
F. Soli

LUGLIO - FOLIGNO - EX zuccherificio dott. Francesco Sassi

QUOTA m s.l.m. = 234.5

Prop. Sito: Soc. Foligno 2000 S.p.A.

DATA: 17/06/98



20.00

8610 N 3

LUOGO : FOLIGNO - CA. 20 CIRIBRICO

STUDIO DI GEOLOGIA  
 ING. F. FERRARESE  
 V. C. Battisti, 21 - Foligno (PG)

m s.l.m. = 236

Prop. Sito: Soc. Foligno 2000 S.p.A.

DATA: 18/06/98

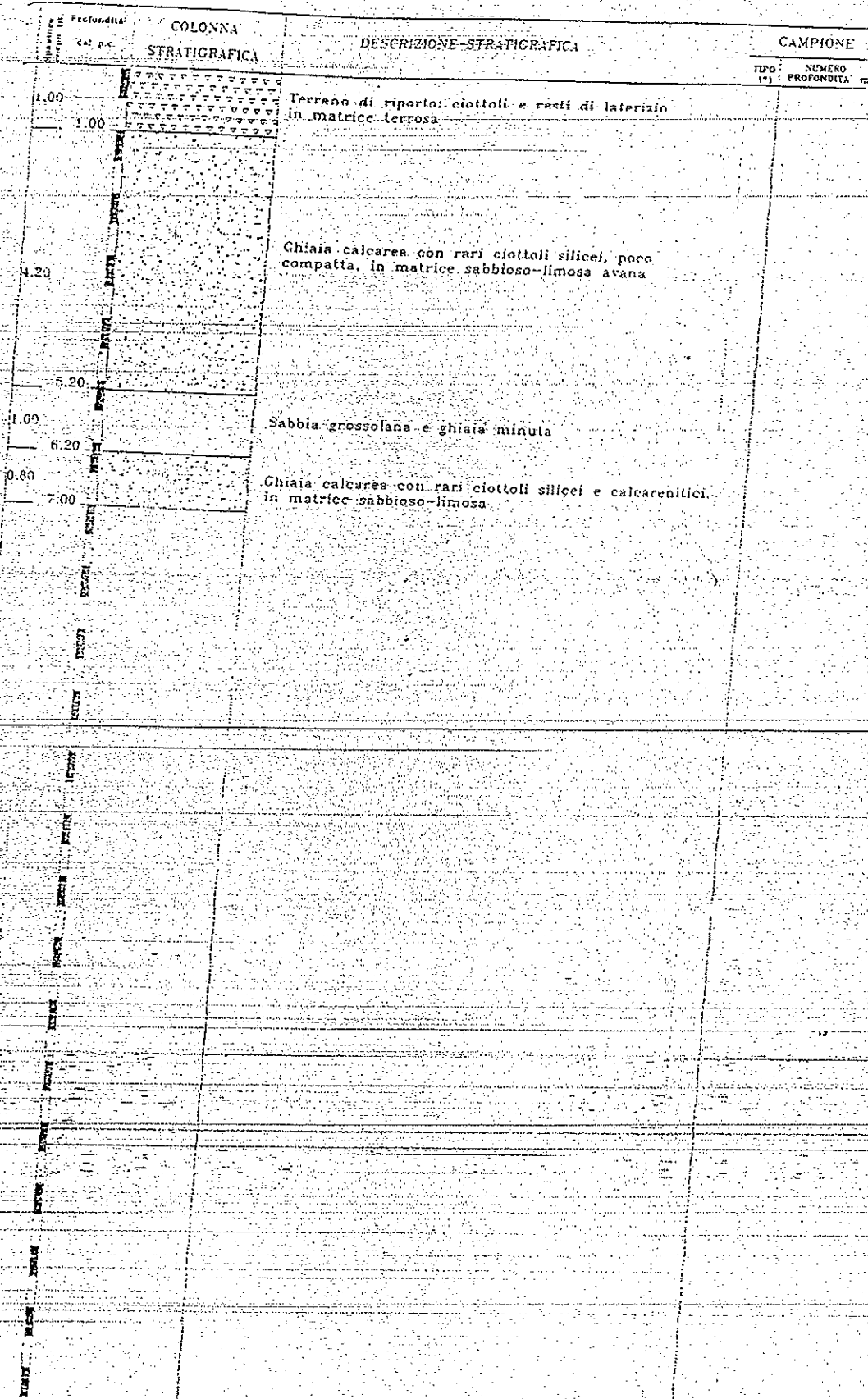
Profondità dal p.c.	COLONNA STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAMPIONE		S.P.T.		POCKET	
			TIPO (*)	NUMERO PROFONDITA' m	PROFOND.	N° COLPI	kg/cm²	PROFOND. FALDA
2.00		Terreno di riporto: ciottoli in matrice terrosa						
2.00								
4.00		Ghiaia poligenica, poco compatta in matrice sabbioso-limosa avana						
5.00								
6.00								
3.50		Livelli di ghiaia con abbondante matrice sabbiosa e sabbie con ciottoli calcarei dispersi						
9.50								
10.00								
2.50		Ghiaia poligenica grossolana, in matrice sabbioso-limosa avana						
12.0								
		Limi sabbiosi avana con sottili livelli di ghiaia minuta						
14.0								
15.00								
6.50		Ghiaia calcarea in matrice sabbioso-limosa avana						
20.50								
								20.00

F. Sola

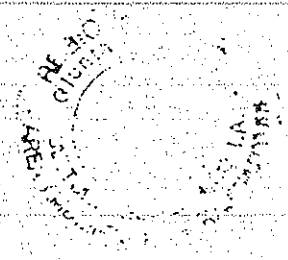
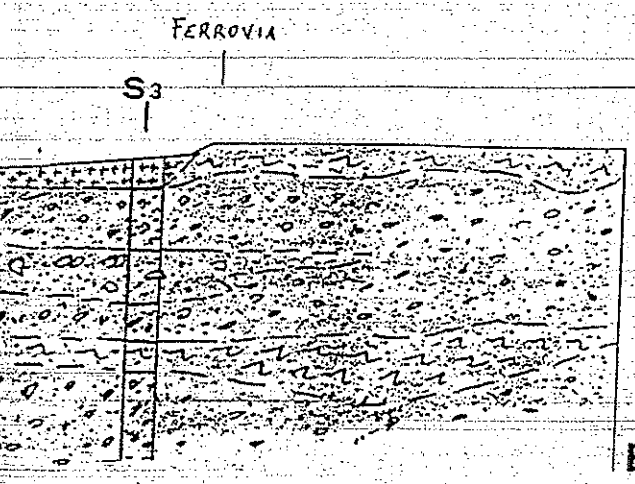
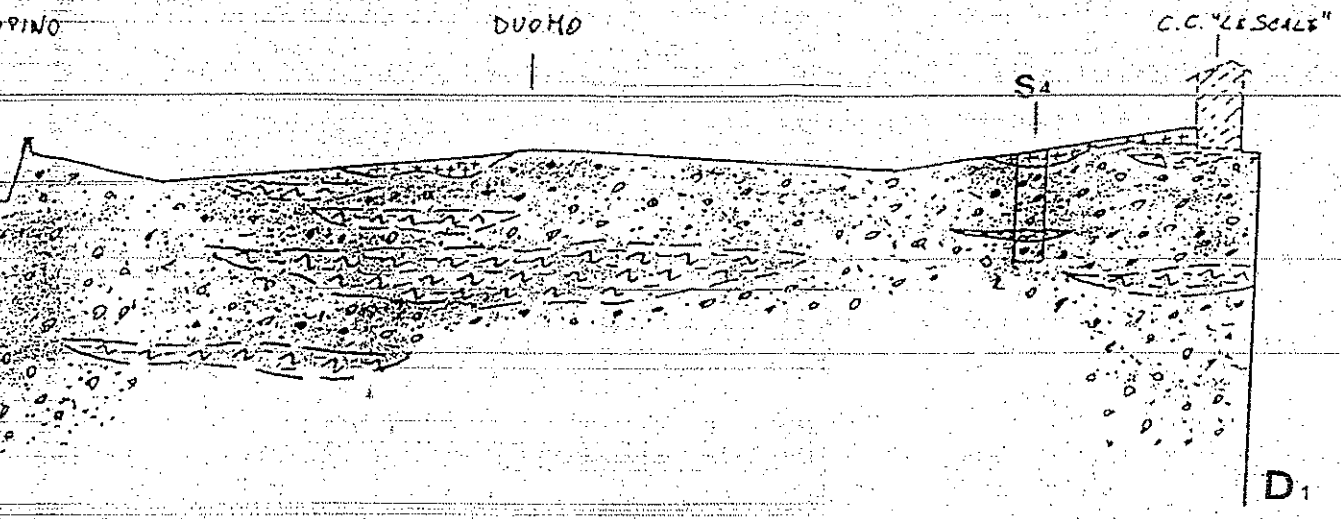
SONDAGGIO N° 1

LUOGO: FOLLIGNO - P.zza S. Francesco 31

QUOTA IN S.M. = 232.5 Prop. Sito: Itali-Francescani



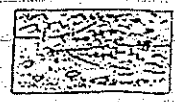
7



### SEZIONI GEOLOGICHE

Siti: Foligno Centre, Foligno V

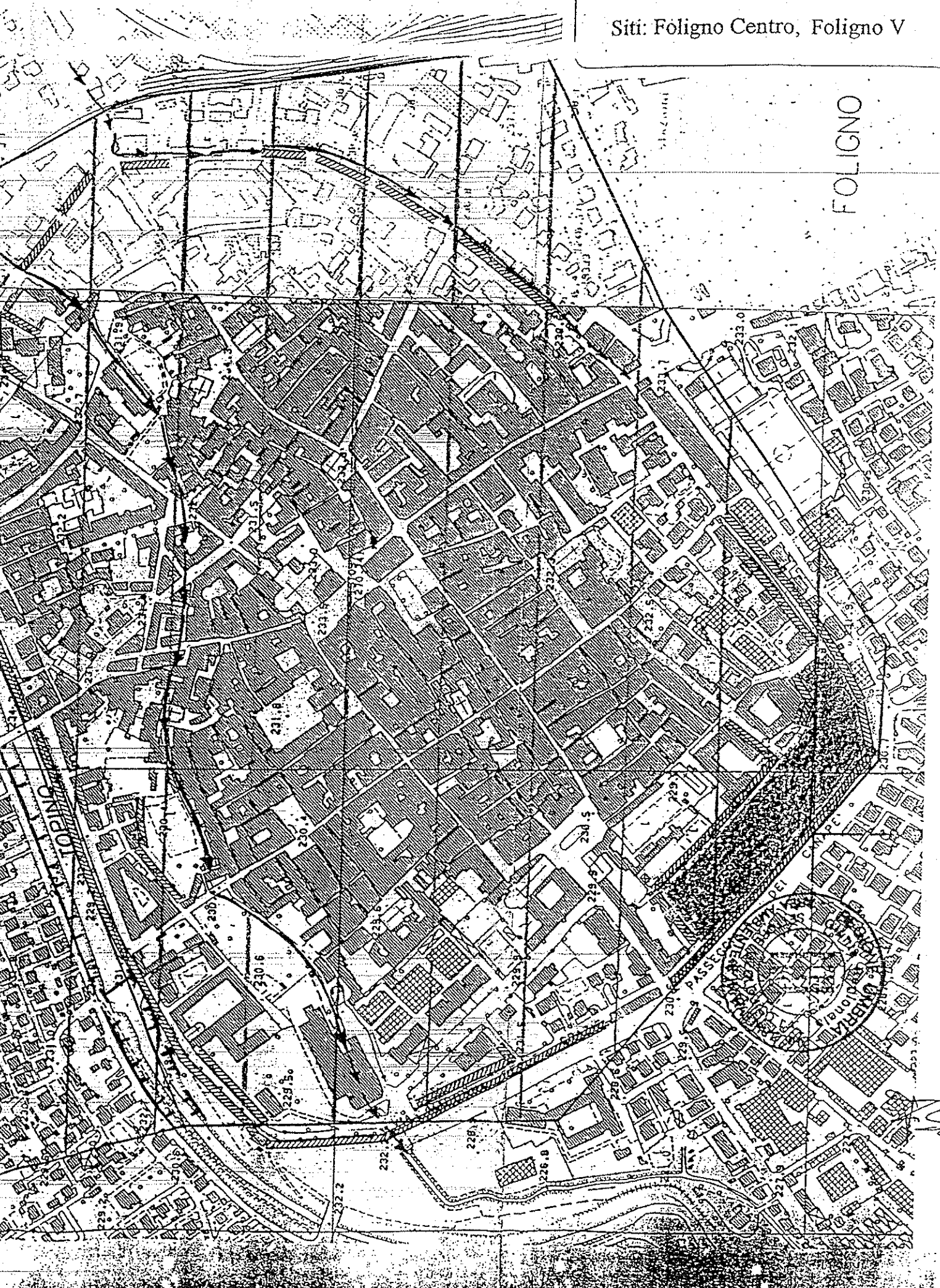
Scala orizzontale 1: 5  
Base: Carta Tecnica-Rc  
Elementi n. 324013 FC  
n. 324012 UI



Depositi lacustri, fluvio-lacustri e palustri,  
costituiti da intercalazioni e lenti di limi  
argillosi, sabbie e ghiaie in matrice.  
*Pleistocene inf. - Olocene*

Siti: Foligno Centro, Foligno V

FOLIGNO








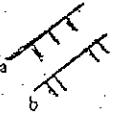



# CARTA GEOMORFOLOGICA

Siti: Foligno Centro, Foligno V.

Scala 1: 5.000

Base: Carta Tecnica Regionale  
Elementi n. 324013 FOLIGNO  
n. 324012 UPPELLO

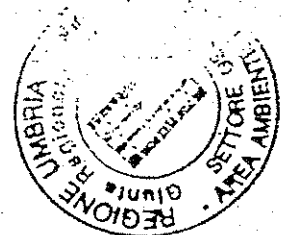
## LEGENDA

	Scarpata artificiale dell' argine del F. Topino		Opera di sostegno
	Canale artificiale		Pozzo idropotabile
	Canale artificiale sepolto		Scarpata artificiale a: < 5 m.; b: 5 - 10 m
	Riparto		Area con falda a profondità dal p.c. compresa tra 20 e 30 m.
	Briglia		

VISTO: Approvato

Delibera Giunta Regionale

4363 del 31/7/98

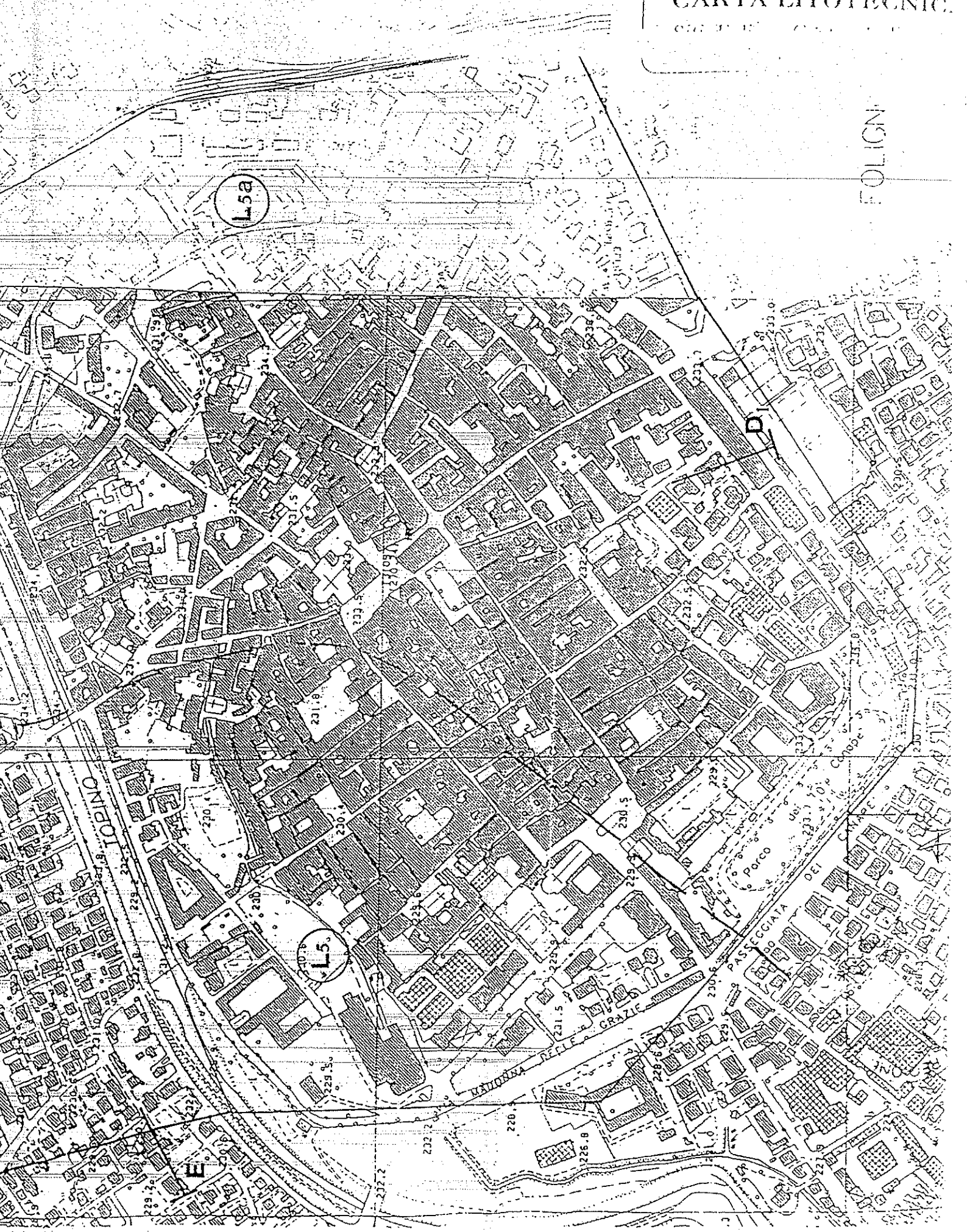


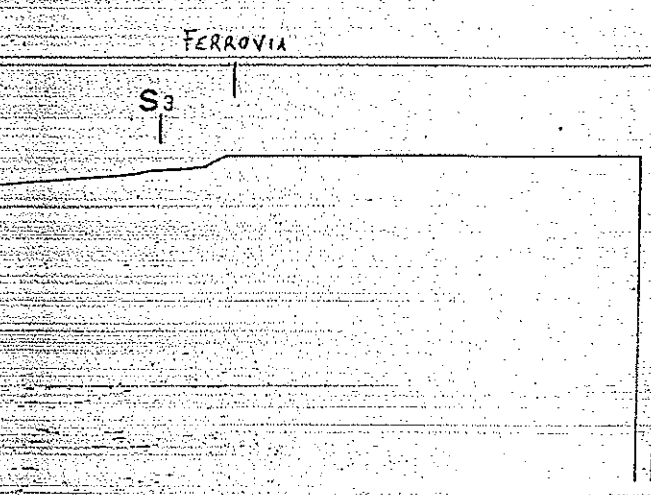
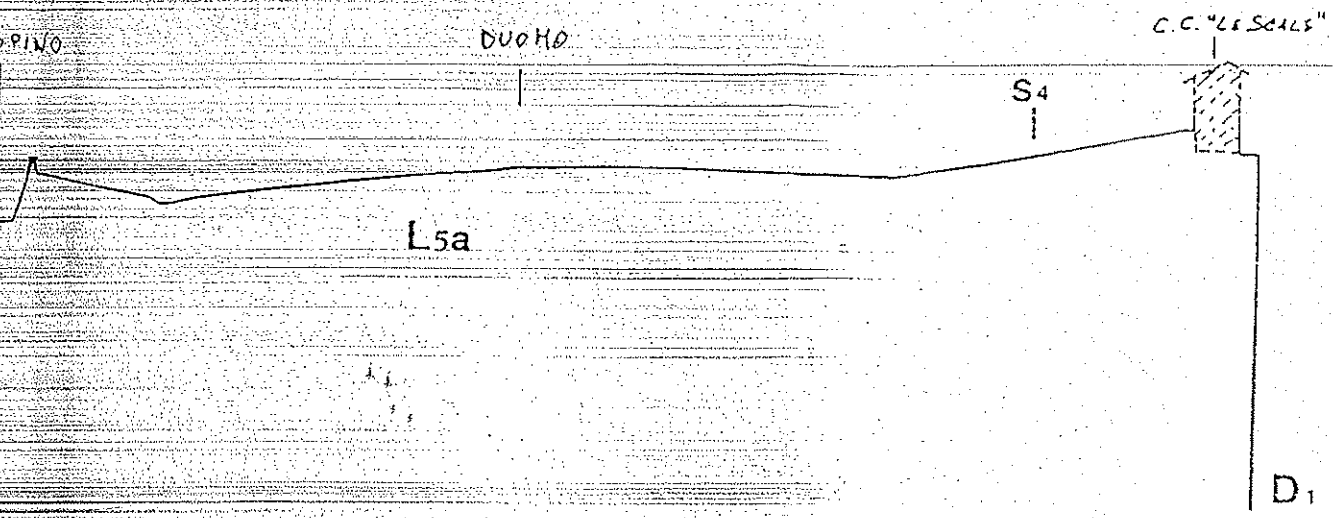


CARTA LITOTECNICA

di ...

FOLIGNO



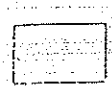


FC

**PROFILI LITOTECNICI**

Siti: Foligno Centro, Foligno V

Scala orizzontale 1:5000  
 Base: Carta Tecnica Regione  
 Elementi n. 324013 FOLIG:  
 n. 324012 UPPELI



**L5** materiali granulari sciolti costituiti da intercalazioni e limi argillosi, sabbie e ghiaie in matrice

**L5a** a prevalenza ghiaioso-sabbiosa nei primi 5 m dal piano di campagna

CARTA LITOTECNICA

Siti: Foligno Centro, Folligno - V

Scala 1:50.000

Dato: Carta 1:50.000  
Elementi n. 324013 FOLIGNO  
n. 324012 UPPELLO

**LEGENDA**

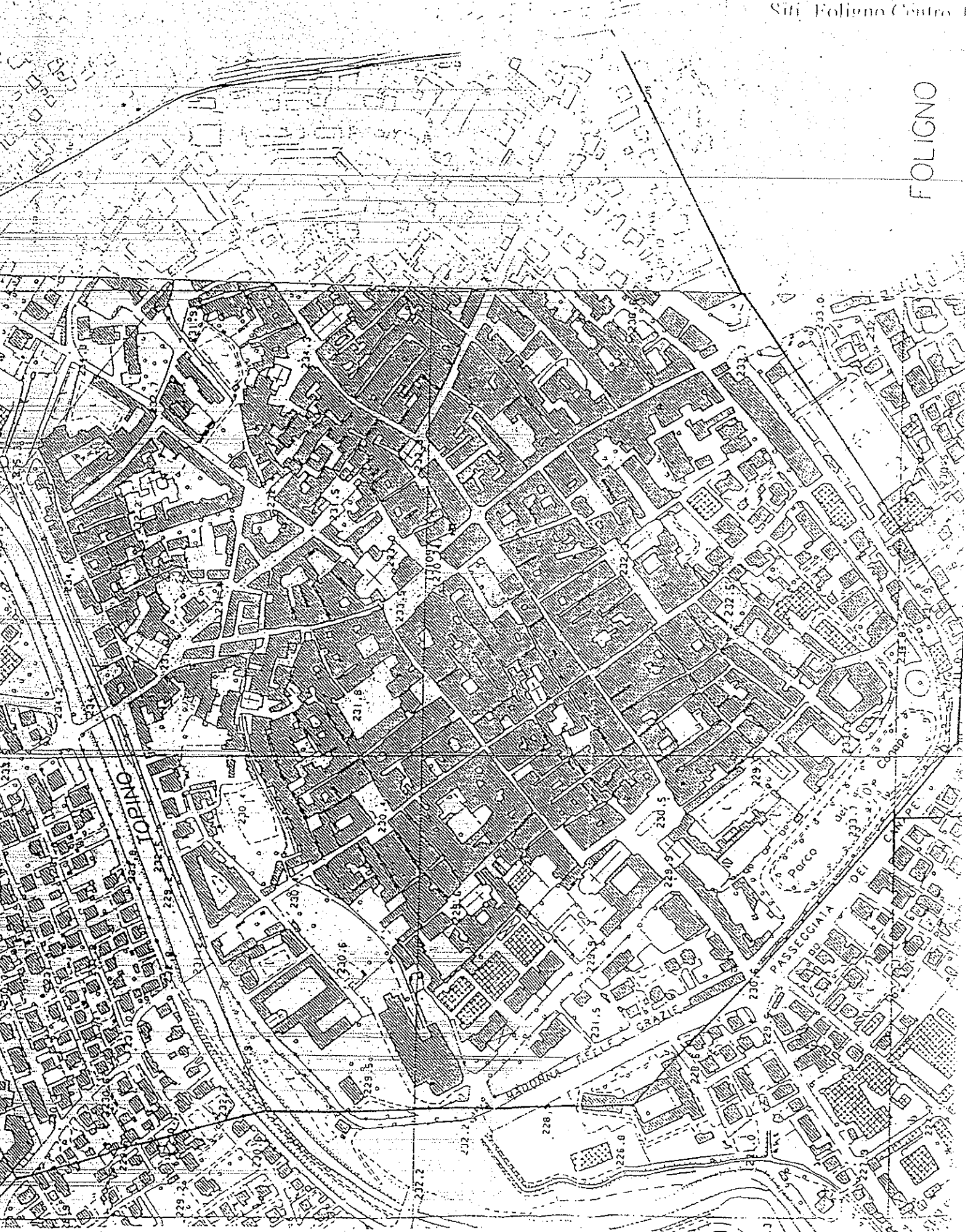


**L 5** materiali granulari sciolti costituiti da intercalazioni e lenti di limi argillosi, sabbie e ghiaie in matrice  
**L 5 a** a prevalenza ghiaioso-sabbiosa nei primi 5 metri dal piano di campagna

*F. S. W.*

**VISTO: Approvato**  
**Delibera Giunta Regionale**  
**■ 4363 del 31/7/98**





**CARTA DI SINTESI**  
Siti Foligno Centro, Foligno V

Scala 1: 5.000

Base: Carta Tecnica Regionale  
Elementi n. 324013 FOLIGNO  
n. 324012 UPPELLO

**LEGENDA**



7 Zona di fondovalle con presenza di terreni incoerenti

**VISTO: Approvato**  
**Delibera Giunta Regionale**

*F. S. W.*





**A.G.M. Service S.r.l.**  
**PROSPEZIONI GEOFISICHE**

*Via XVII Settembre, 4  
SPOLETO (PG)  
Tel & Fax 0743.234025  
e-mail: agmservice@libero.it*

## **COMUNE DI FOLIGNO**

*Provincia di Perugia*

**Piano attuativo ad iniziativa privata**

**Indagini sismiche M.A.S.W. area ex ospedale di Foligno**

**N.C.T. Comune di Foligno - Foglio n. 156 - Particella n. 154**

**Committente:**

***Studio Bargone S.B. ARCH.  
Architetti Associati***

## **INDAGINE GEOFISICA**

**Giugno 2007**

## **INDICE**

	<i>pagina</i>
PREMESSA .....	1
1. SISMICA M.A.S.W. ....	2
1.1. PARAMETRO $V_{s30}$ .....	3
1.2. STRUMENTAZIONE IMPIEGATA .....	5
1.3. METODOLOGIA OPERATIVA .....	6
1.4. METODOLOGIA INTERPRETATIVA .....	7
1.5. ESAME DEI RISULTATI .....	9

## **ALLEGATI:**

ALLEGATO 1 – UBICAZIONE DELLE INDAGINI

ALLEGATO 2 – ELABORATI DEI PROFILI SISMICI M.A.S.W.

ALLEGATO 3 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

## PREMESSA

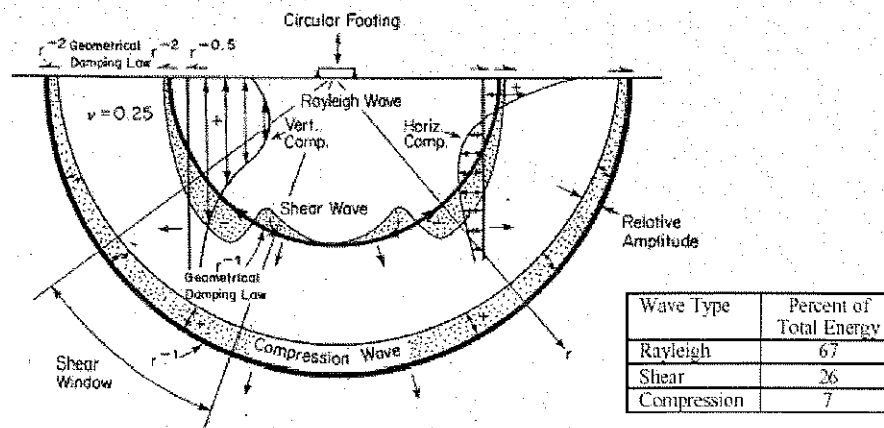
Dietro richiesta del *Dott. Geologo Mario Cerqueglini* e per conto dello *Studio Bargone S.B.ARCH. Architetti Associati*, è stata eseguita un'indagine geofisica per un piano attuativo ad iniziativa privata, per il recupero dell'area dell'ex ospedale della città di Foligno (N.C.T. Comune di Foligno - Foglio n. 156 - Particella n. 154).

Come richiesto dalla Committenza, sono stati effettuati 2 profili sismici con tecnica *M.A.S.W.* (multichannel analysis of surface waves) della lunghezza di 40 m, la cui ubicazione è riportata nell'*Allegato 1*, alla scala 1:1.000.



## 1. SISMICA M.A.S.W.

Il rilievo geofisico è basato sull'impiego della tecnica M.A.S.W. (multichannel analysis of surface waves), per la determinazione dei profili verticali della velocità delle onde di taglio ( $V_S$ ), tramite l'inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh effettuata con *algoritmi genetici*.



I vantaggi dell'uso di questa metodologia geofisica rispetto ai metodi tradizionali sono:

1. Particolarmente indicato per suoli altamente attenuanti ed ambienti rumorosi;
2. Non limitato (a differenza del metodo a rifrazione) dalla presenza di inversioni di velocità in profondità;
3. Buona risoluzione (a differenza del metodo a riflessione);
4. Permette la ricostruzione della distribuzione verticale della velocità delle onde di taglio (S), fondamentale per la caratterizzazione geotecnica del sito.

Inoltre:

- La percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%);
- L'ampiezza delle *surface waves* dipende da  $\sqrt{r}$  e non da  $r$  come per le *body waves*.

### 1.1. PARAMETRO $V_{S30}$

È il parametro geofisico che rappresenta meglio la variabilità geotecnica dei materiali geologici presenti nel sottosuolo

Il parametro  $V_{S30}$  rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S entro 30 metri di profondità.

È calcolato mediante la seguente espressione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

Dove:

$V_i$ : velocità delle onde S dello strato i-esimo

$h_i$ : spessore in metri dello strato i-esimo

N: numero di strati presenti nei primi 30 metri

In base al valore della  $V_{S30}$  si identificano le seguenti 5 categorie del suolo di fondazione:

**A** - Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di  $V_{S30}$  superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati d'alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 metri.

**B** - Depositi di sabbie o 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 360 e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica media  $N_{SPT} > 50$ , o coesione non drenata media  $c_u > 250$  kPa).

**C** - Depositi di sabbie e ghiaie mediamente 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 e 360 m/s ( $15 < N_{SPT} < 50$ ;  $70 < c_u < 250$  kPa).

**D** - Depositi di terreni granulari, da sciolti a poco addensati oppure coesivi, da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di  $V_{S30} < 180$  m/s ( $N_{SPT} < 15$ ;  $c_u < 70$  kPa).

**E** - Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di  $V_S$  simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con  $V_S > 800$  m/s.

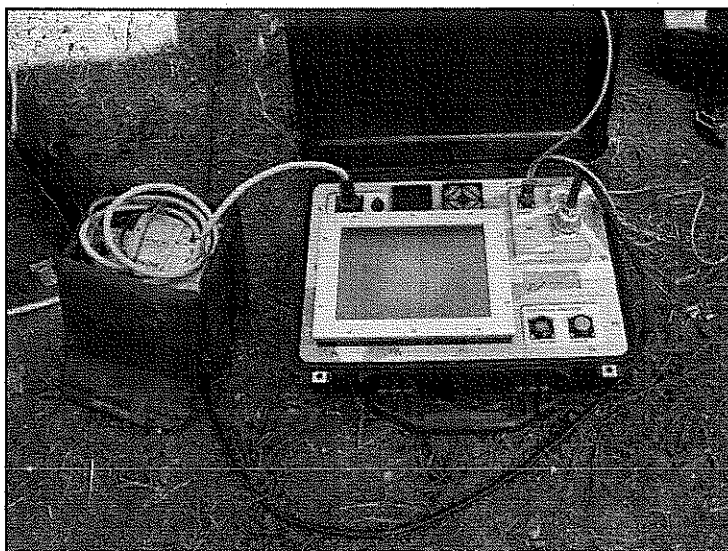
Il parametro  $V_{S30}$  può essere acquisito mediante:

- Prove in foro (down-hole, cross-hole);
- Profili sismici (riflessione o rifrazione);
- Modellazione del sottosuolo mediante l'analisi delle onde di Rayleigh (Profili **MASW**, **SASW**, **ReMi**).

## 1.2. STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

L'indagine è stata eseguita utilizzando un sismografo a 24 canali della PASI di Torino, modello 16S24, con processore Pentium IV, display VGA a colori in LCD-TFT 10.4" Touch Screen, trattamento del segnale a 16 bit, trattamento di dati Floating Point 32 bit, supporto di memorizzazione mediante Hard-Disk da 40 Gb, con funzione di incremento multiplo del segnale ed opzione per l'inversione di polarità, attivazione di filtri "passa alto", "passa basso" e "notch" in acquisizione o post-acquisizione.

I guadagni sono selezionabili da software manualmente per ogni canale o in modo automatico e le acquisizioni sono automaticamente registrate sullo strumento.



Sismografo PASI 16S24

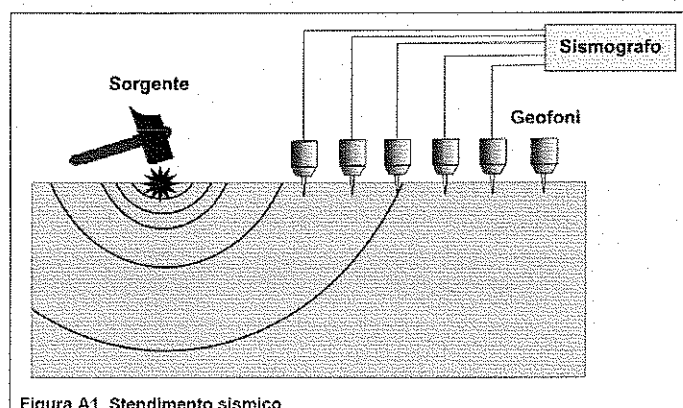
Il trigger è dato da un geofono starter esterno, con possibilità di pre-trigger (0-10 ms).

Per le prove sono stati utilizzati 24 geofoni da 4,5 Hz ed una sorgente energizzante costituita da una massa battente da 10 Kg, battuta su piattello metallico.

### 1.3. METODOLOGIA OPERATIVA

Acquisire un set di dati per l'indagine M.A.S.W. non è troppo diverso da una comune acquisizione per un'indagine a rifrazione (o riflessione).

E' sufficiente effettuare uno stendimento di geofoni, allineati con la sorgente ed utilizzare una sorgente ad impatto verticale (massa battente o esploditore minibang).



Il profilo M.A.S.W. è stato eseguito utilizzando 24 geofoni allineati sul terreno con un'interdistanza di 1,5 metri.

I punti di scoppio sono stati posizionati ad una delle estremità del profilo, a distanze di 2,0 e 5,0 m dal geofono n° 1.

La scelta dei due scoppi è stata effettuata per avere la certezza di generare la dispersione delle onde superficiali, a prescindere dai differenti litotipi presenti nel sottosuolo dell'area investigata.

#### 1.4. METODOLOGIA INTERPRETATIVA

Il software *WinMASW* consente di analizzare dati sismici (*common-shot gathers*) acquisiti in campagna, in modo tale da poter ricavare il profilo verticale delle Vs (velocità delle onde di taglio).

Tale risultato è ottenuto tramite l'inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica M.A.S.W. (Multi-channel Analysis of Surface Waves).

La procedura si sviluppa in due operazioni svolte in successione:

- 1) determinazione dello spettro di velocità;
- 2) inversione della curva di dispersione attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici.

Gli algoritmi evolutivi rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (o anche *global-search methods* o *soft computing*).

Rispetto ai comuni metodi di inversione lineare, basati su metodi del gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza.

I comuni metodi lineari forniscono infatti soluzioni che dipendono pesantemente dal modello iniziale di partenza, che l'utente deve necessariamente fornire.

Per la natura del problema (inversione delle curve di dispersione), la grande quantità di minimi locali porta necessariamente ad attrarre il modello iniziale verso un minimo locale, che può essere significativamente diverso da quello reale (o globale).

In altre parole, i metodi lineari richiedono che il modello di partenza sia già di per sé vicinissimo alla soluzione reale; in caso contrario, il rischio è quello di fornire soluzioni erranee.

Gli algoritmi evolutivi offrono invece un'esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni.

A differenza dei metodi lineari non è necessario fornire alcun modello di partenza.

E' invece necessario definire uno "spazio di ricerca" (*search space*) all'interno del quale vengono valutate diverse possibili soluzioni.

Quella finale viene infine proposta, con una stima della sua attendibilità (*deviazioni standard*), attenuata grazie all'impiego di tecniche statistiche.

Il principale punto di forza del software utilizzato è quindi proprio quello di fornire risultati molto più robusti rispetto a quelli ottenibili con altre metodologie, arricchiti da una stima dell'attendibilità.

## 1.5 ESAME DEI RISULTATI DEI PROFILI SISMICI M.A.S.W.

I profili indicanti gli spessori dei litotipi indagati e le velocità riscontrate nel sito esaminato, è riportato nell'*Allegato 2* e riassunto nelle tabelle seguenti:

### *MASW. 1*

<b>Vs (m/sec)</b>	202	251	400	949
<b>Spessore (m)</b>	5,91	3,33	7,92	semispazio

### *MASW. 2*

<b>Vs (m/sec)</b>	222	224	522	1001
<b>Spessore (m)</b>	4,95	6,52	7,39	semispazio

Elaborando i dati acquisiti, è stato possibile individuare 4 sismostrati principali:

- un primo orizzonte, rilevato fino ad una profondità di 4,95 ÷ 5,91 m, è caratterizzato da una velocità delle onde S dell'ordine di 200 ÷ 220 m/sec;
- un secondo orizzonte, dello spessore variabile di 3,33 ÷ 6,52 m, ha fatto registrare una velocità delle onde di taglio ( $V_S$ ) compresa tra 224 e 251 m/sec;
- un terzo strato è caratterizzato da uno spessore di 7,39 ÷ 7,92 m ed una velocità  $V_S$  di 400 ÷ 522 m/sec;
- un quarto ed ultimo strato rilevato ha uno spessore minimo di 11,14 m ed una velocità delle onde S compresa tra 949 e 1.001 m/sec.

Gli spessori rilevati e le relative velocità delle onde S portano alla determinazione di un valore del parametro  $V_{S30}$  dell'ordine di 392 ÷ 396 m/sec (calcolato a partire dalla quota del piano campagna), indicando per il sito in esame un possibile **Suolo di Tipo B**, ai sensi dell'O.P.C.M. 3274 e succ. mod.

Si resta a disposizione per eventuali o ulteriori chiarimenti.

*Spoleto, Giugno 2007*

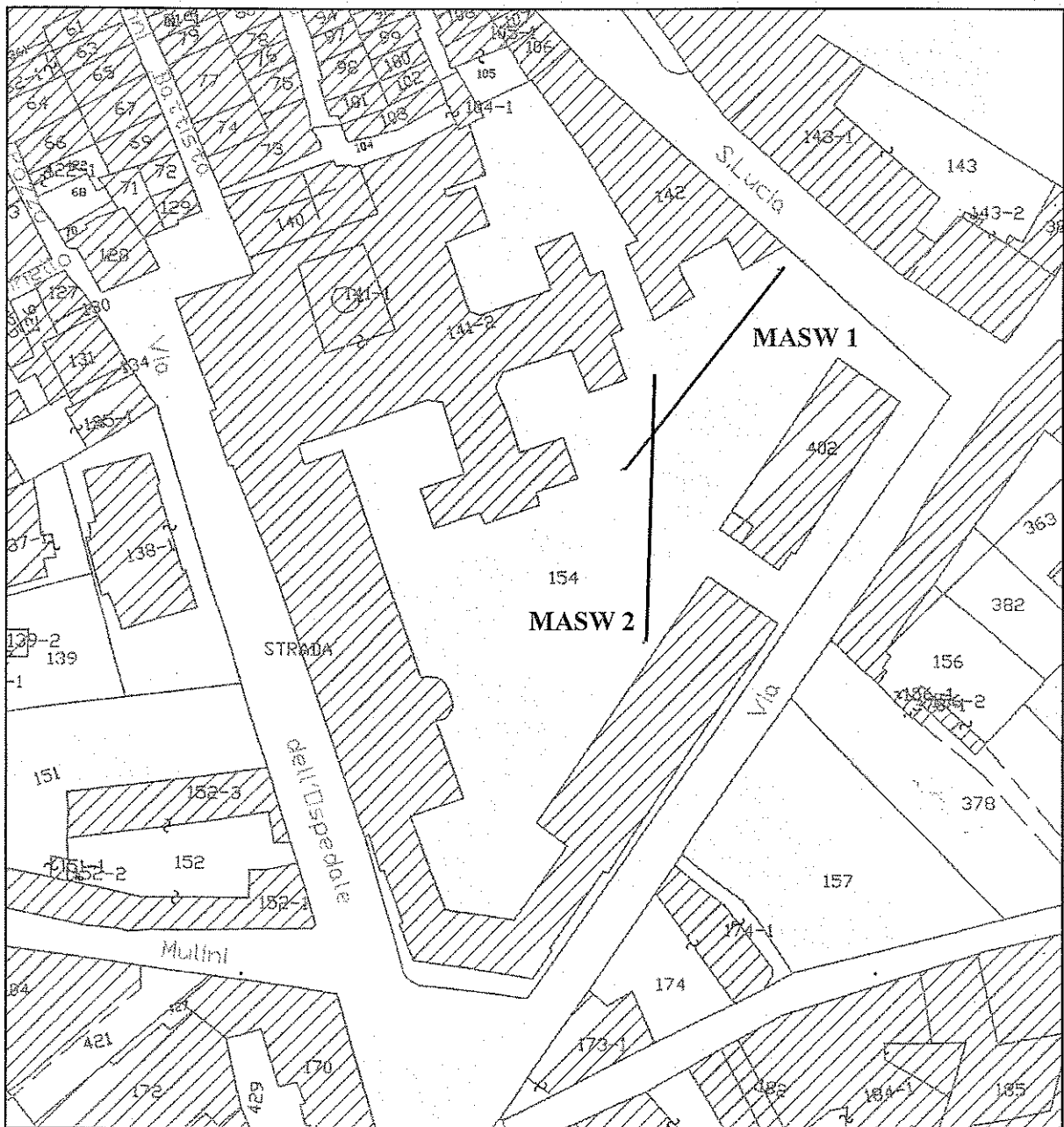
*Per A.G.M. Service S.r.l.*

*Dott. Geologo Marco Tulli*



## **ALLEGATO 1**

# UBICAZIONE DELLE INDAGINI

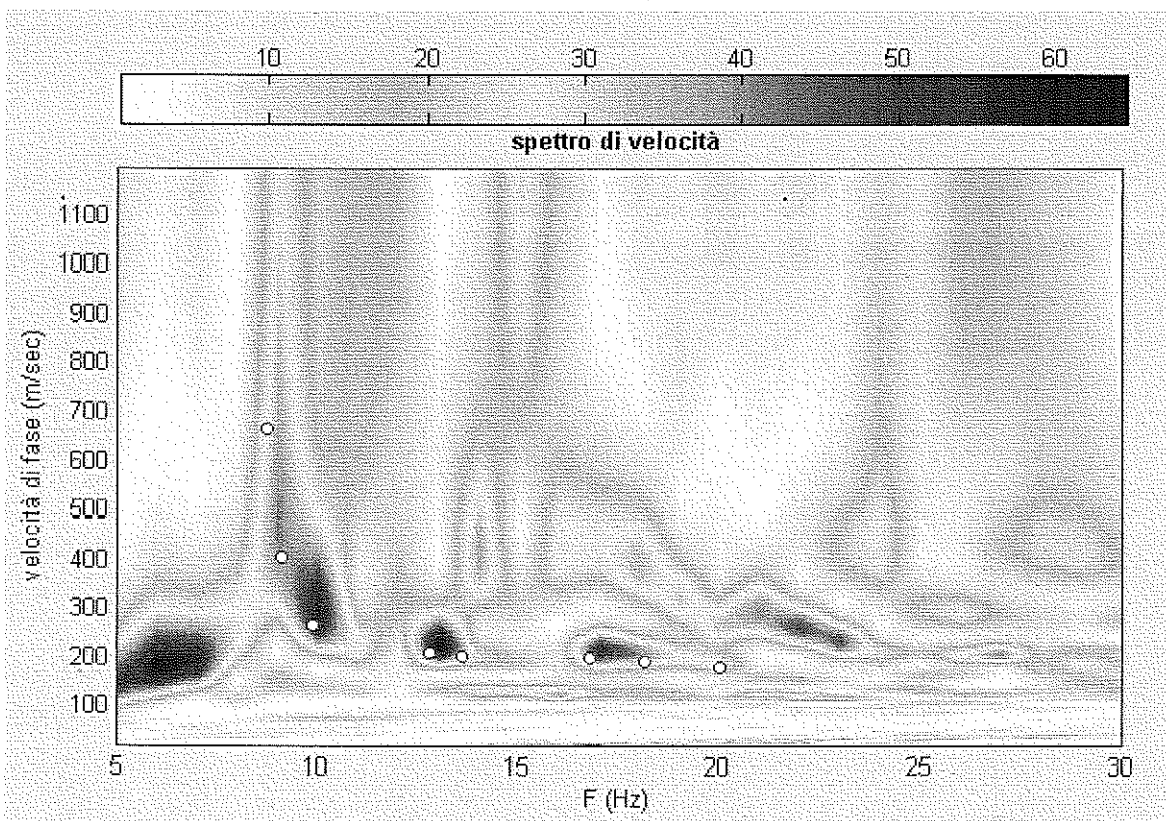
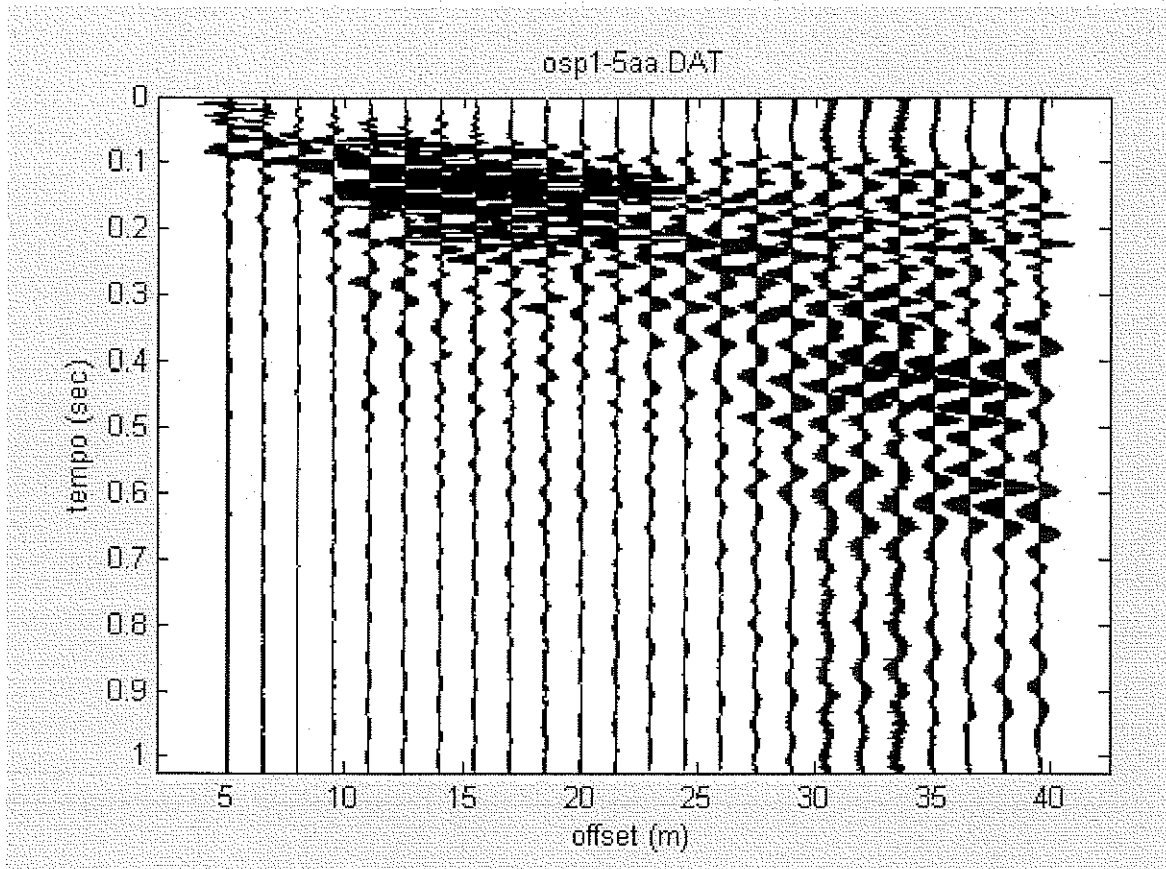


**N.C.T. Comune di Foligno**  
**Foglio n. 156 – Particella n. 154**  
(Scala 1: 1.000)

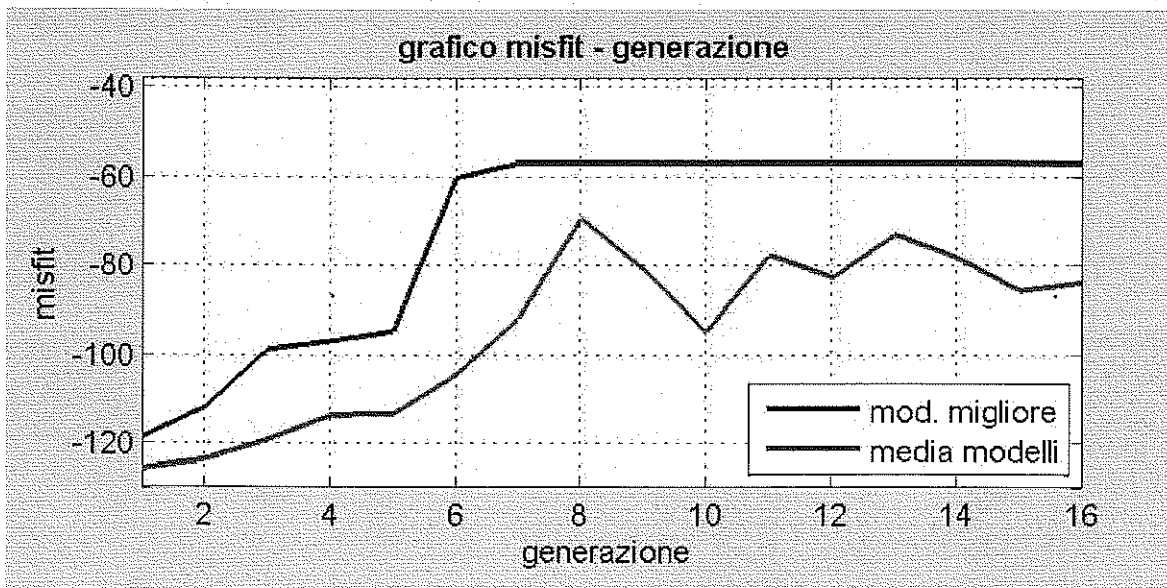
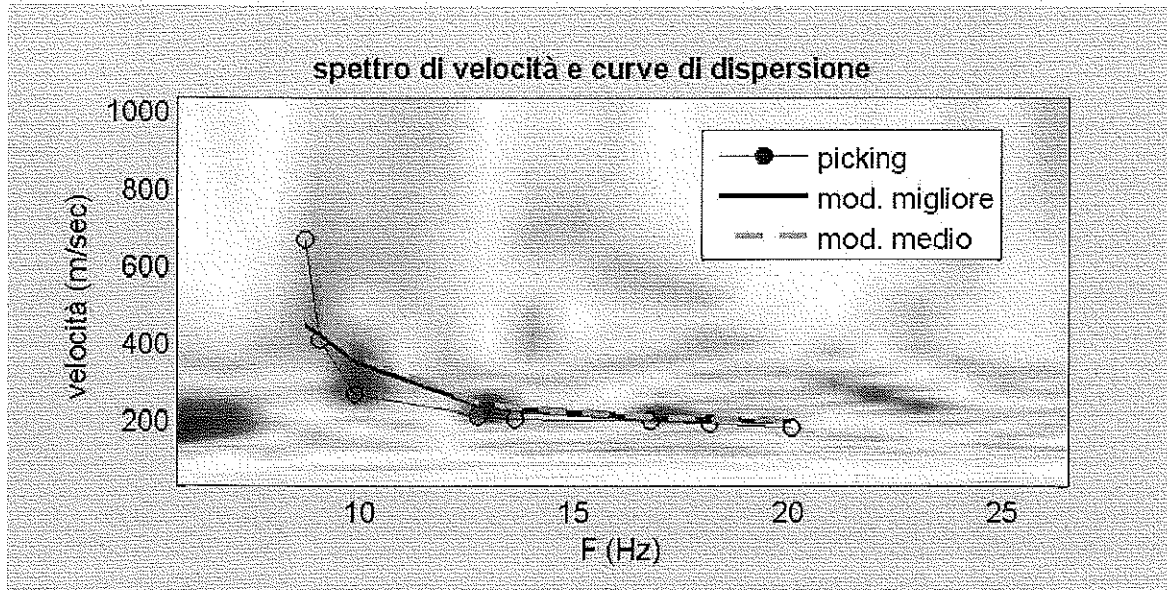
## **ALLEGATO 2**

# ELABORATI DEI PROFILI SISMICI M.A.S.W.

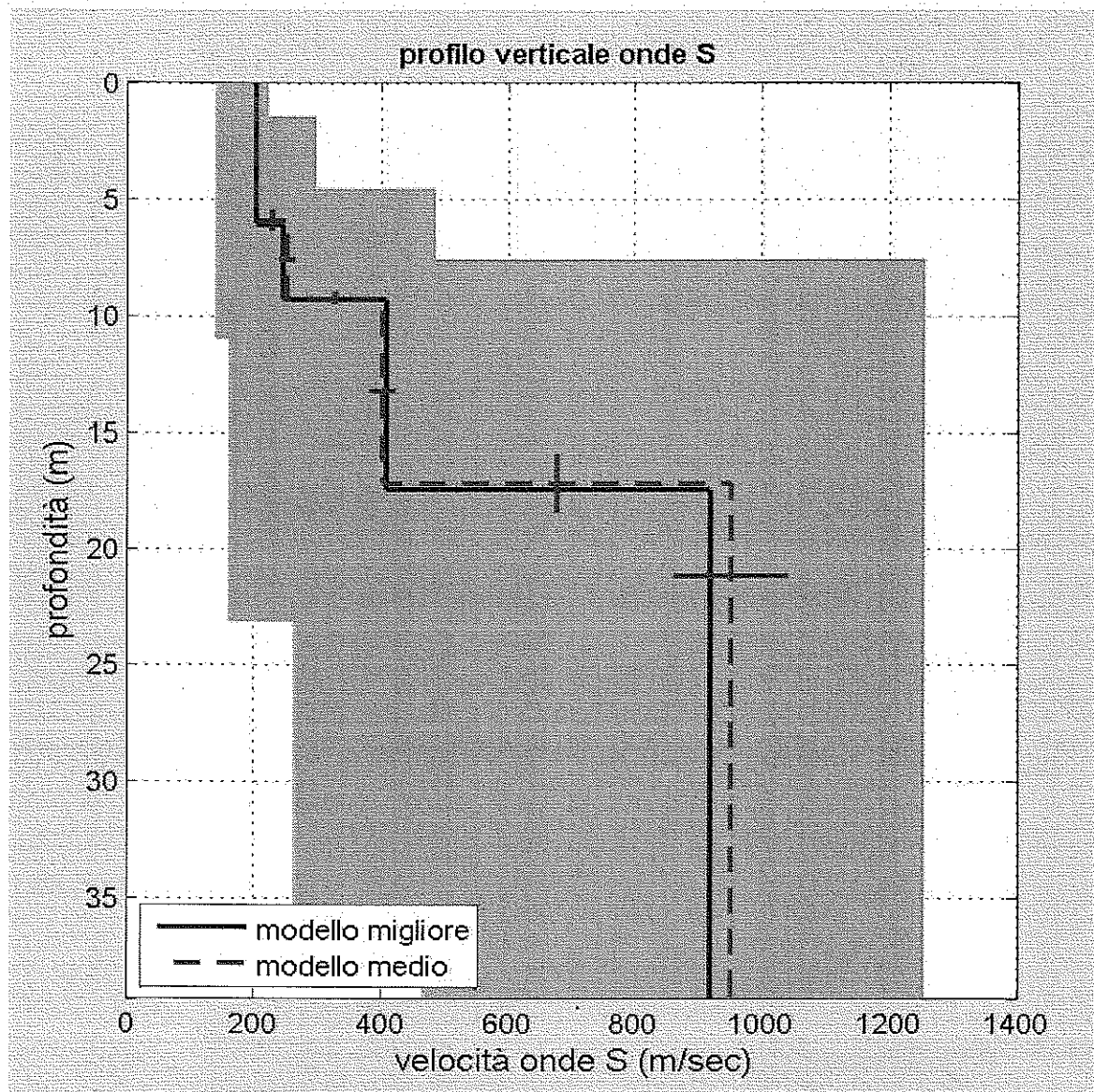
## PROFILO SISMICO MASW 1



## PROFILO SISMICO MASW 1



## PROFILO SISMICO MASW 1



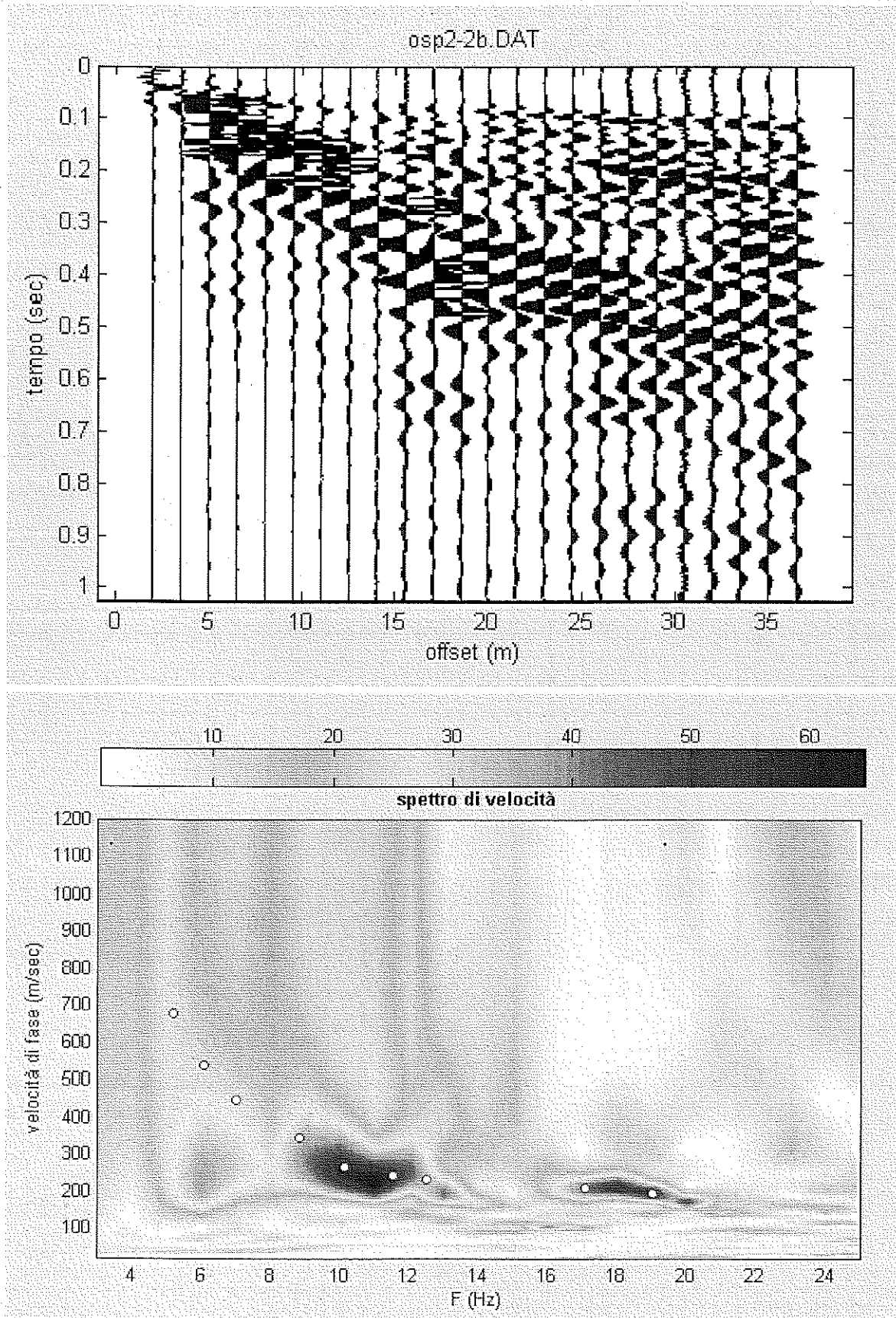
<b>Vs (m/sec)</b>	202	251	400	949
<b>Spessore (m)</b>	5,91	3,33	7,92	semispazio

Massima profondità di investigazione in approssimazione "Steady State Rayleigh Method": **30 m**

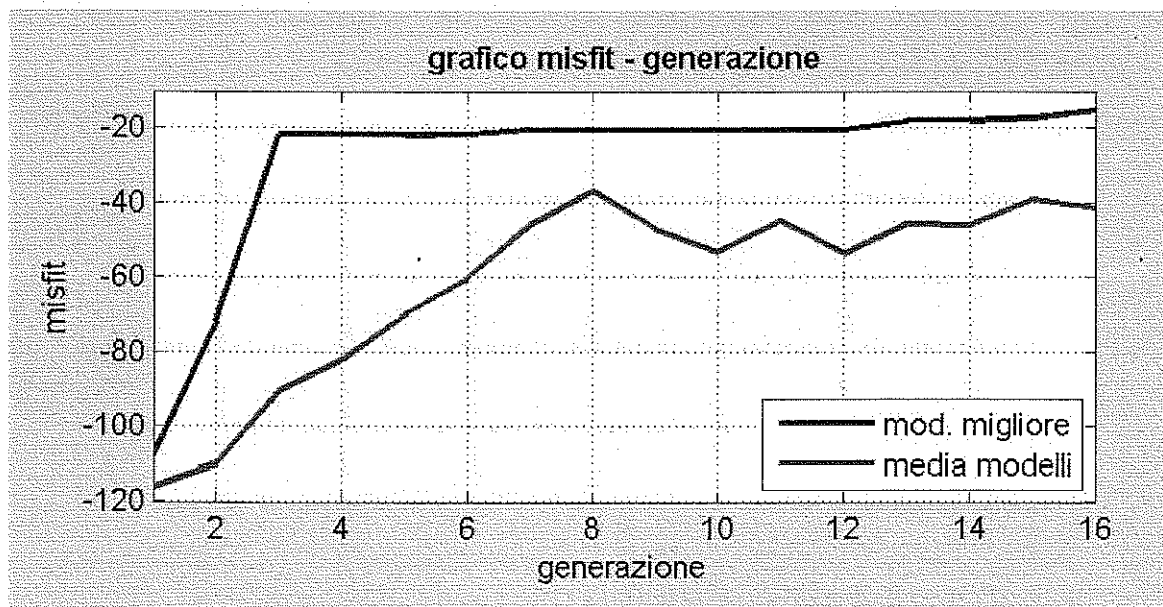
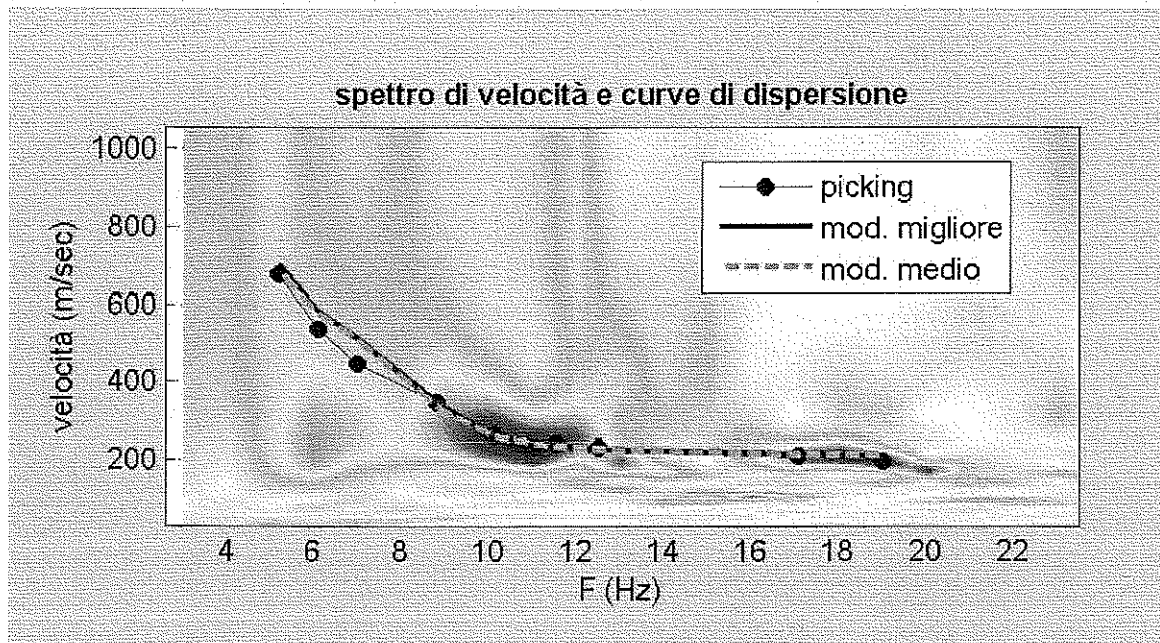
Parametro **Vs 30 = 396 m/sec**  
 (sulla base del modello medio)

Possibile suolo: **Suolo Tipo B**

## PROFILO SISMICO MASW 2

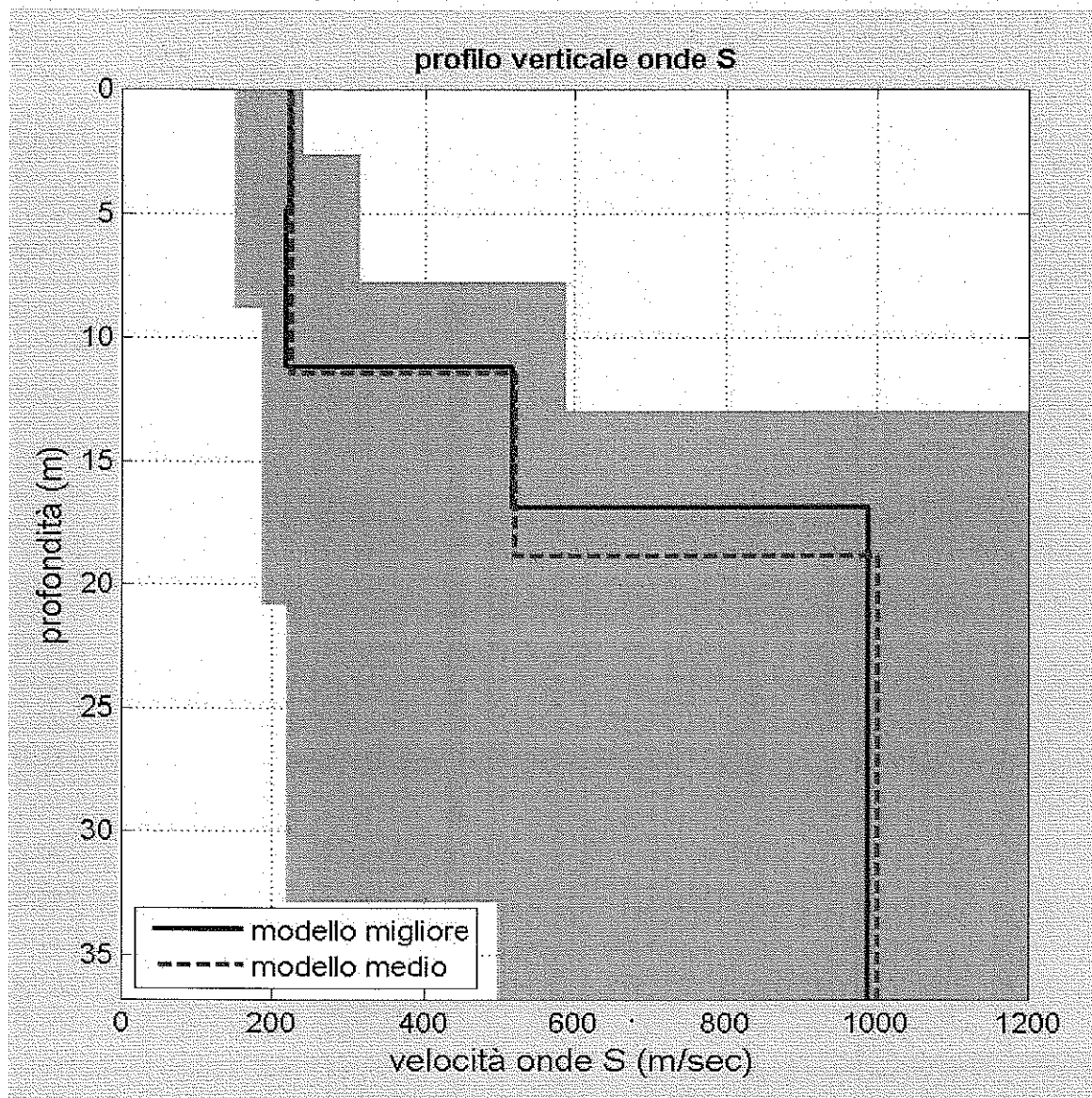


## PROFILO SISMICO MASW 2





## PROFILO SISMICO MASW 2



<b>Vs (m/sec)</b>	222	224	522	1001
<b>Spessore (m)</b>	4,95	6,52	7,39	semispazio

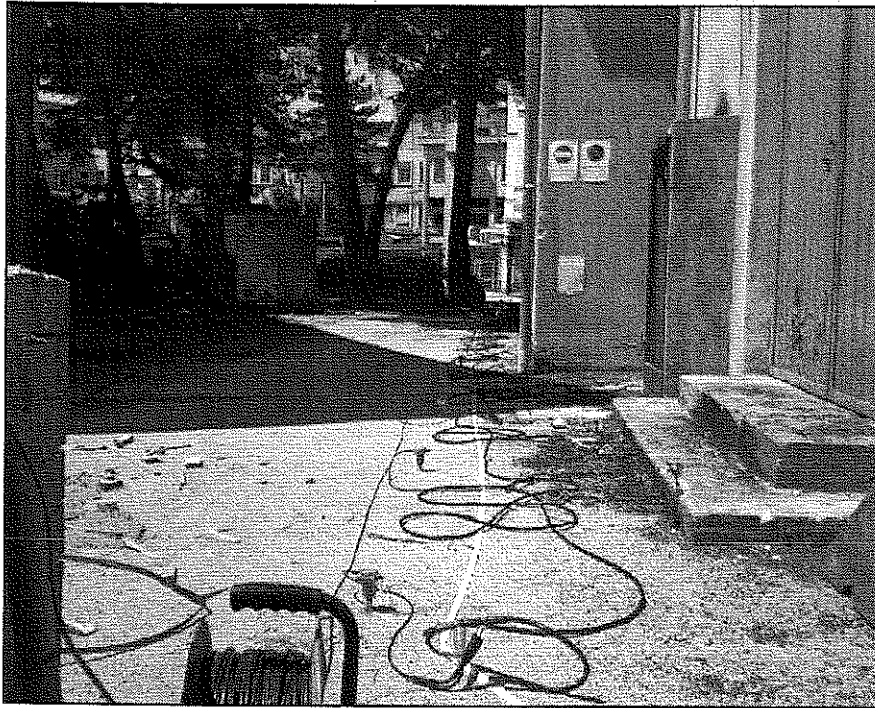
Massima profondità di investigazione in approssimazione "Steady State Rayleigh Method": 30 m

Parametro  $V_s 30 = 392$  m/sec  
 (sulla base del modello medio)

Possibile suolo: **Suolo Tipo B**

## **ALLEGATO 3**

# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DELLE INDAGINI



**Profilo sismico MASW 1**



**Profilo sismico MASW 2**