

Comune di Acqualagna

**PIANO DI RECUPERO AI SENSI DELLA LEGGE 457/78
IN LOCALITA' FURLO ALL'INTERNO DELLA "ZONA DI RECUPERO
URBANO SOGGETTA A P.R. PRIVATO CONVENZIONATO A2" MEDIANTE
LA DEMOLIZIONE DELL'ALBERGO ESISTENTE
E RISCOSTRUZIONE DI UN RESORT ECOCOMPATIBILE
E RIQUALIFICAZIONE DELL'EX DISTRIBUTORE "TOTAL"**

Progetto architettonico



ARCHISTUDIO PODRINI
a s s o c i a t i

Podrini Arch. Leone e Podrini Arch. Luca
Via Manzoni 15/a 61100 Pesaro Italy CF/PI 02335930414
Tel. +39072132994 Fax. +390721376588 E-Mail studiopodriniassociati@gmail.com

Geologia e V.A.S.

S.G. ASSOCIATI

Geol. Caturani Sergio
Geol. Mariani Vincenzo
Geol. Patrignani Alessia
Geol. Tentoni Luca

Via Benucci, 45 - 61122 Pesaro CF/PI 02540340417
Tel. +390721202625 Fax +3907211710024 E-Mail sg@netco.it

Project Management

Effecta società cooperativa

con sede in viale Cesare Battisti, 24 61121 Pesaro, Partita IVA 01061570410
Project Manager Davide Marchini

DITTA PROPRIETARIA: NAME s.r.l.

Via Flaminia n.15, frazione Furlo
61041 Acqualagna
C.F. e P.I. 00906190418

TIPO PRATICA: **Piano di recupero ai sensi della L. 457/78**

OGGETTO:
RELAZIONE GEOLOGICA

TAV.:
05a

SCALA:

REVISIONE:
Progetto finale
con recepimento delle
prescrizioni degli Enti
preposti tra cui quello della
Soprintendenza del 12.12.13
e dell'Autorità di Bacino del
12.11.15

DATA:
28 MAGGIO 2016

Sommario

1	PREMESSE	2
2	VINCOLISTICA.....	3
2.1	Ubicazione.....	3
2.2	Normativa e Documentazione Di Riferimento	4
2.3	PAI	5
2.4	P.R.G.	9
3	NOTE DI MORFOLOGIA E GEOLOGIA.....	10
4	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA.....	12
4.1	Indagini Geognostiche	12
4.2	Caratteristiche Geotecniche Dei Terreni.....	14
5	ANALISI DEL RISCHIO GEOLOGICO	17
5.1	Fondazioni.....	17
5.2	Sbancamenti.....	17
6	INDAGINE SISMICA.....	19
6.1	Sismicità Storica	19
6.2	Definizione della Categoria di Sottosuolo	20
6.3	Parametri Sismici	22
7	CONCLUSIONI	23

Committente
NAME s.n.c.
COMUNE DI ACQUALAGNA

PIANO DI RECUPERO AI SENSI DELLA LEGGE 457/78 IN LOCALITÀ FURLO ALL'INTERNO DELLA "ZONA DI RECUPERO URBANO SOGGETTA A P.R. PRIVATO CONVENZIONATO A2" MEDIANTE LA DEMOLIZIONE DELL'ALBERGO ESISTENTE E RICOSTRUZIONE DI UN RESORT ECOCOMPATIBILE E RIQUALIFICAZIONE DELL'EX DISTRIBUTORE "TOTAL"

RELAZIONE GEOLOGICA

1 PREMESSE

Nell'ambito della redazione del Piano di recupero di cui all'oggetto, viene redatta la presente relazione geologica al fine di attestarne l'idoneità e la compatibilità geologica, geomorfologica e sismica.

Il presente lavoro si base e ne riprende, in gran parte fedelmente, i contenuti espressi dalla Relazione Geologica redatta dal Dott.Geol.Egisto Panichi nel settembre 2013 ed allegata alla delibera di adozione n.44 del 30/09/2013 del Comune di Acqualagna.

2 VINCOLISTICA

2.1 UBICAZIONE

Il progetto è ubicato nel Foglio 116, Quadrante IV della carta I.G.M. scala 1: 25.000 e nel Foglio 280 sezione 280130 della Carta Tecnica Regionale scala 1:10.000 (vedi cartografia allegata).

L'area è situata in Comune di Acqualagna nel tratto compreso tra Via Flaminia e il Fiume Candigliano (Figura 1 tratta dal portale Bing Mappe).

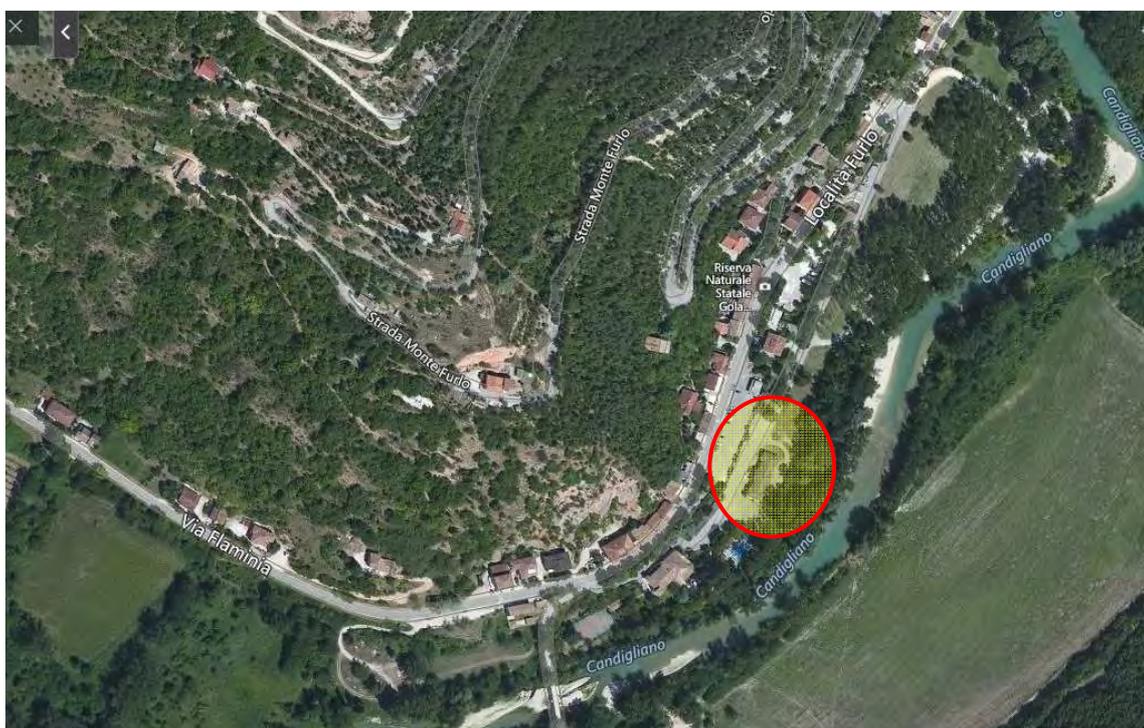


Figura 1

2.2 NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

D.M. 11.3.88

«Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione» e successive istruzioni.

UNI ENV 1997 – 1 03.97 EUROCODICE 7

«Progettazione geotecnica.»

A.G.I. 1977

«Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.»

D.C.R. n.116, 21.01.04

«Piano Stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico dei bacini di rilievo regionale (PAI).»

D.M. 14.01.2008

«Norme tecniche per le costruzioni.»

Circolare 02.02.2009 n.617 C.S. LL.PP

«Norme Tecniche per le Costruzioni.»

Dott.Geol.Egisto Panichi – Relazione Geologica - Settembre 2013

«Piano di recupero ai sensi della legge 457/78 in località Furlo all'interno della zona di recupero urbano soggetta a P.R. privato convenzionato A2 mediante la demolizione dell'albergo esistente e ricostruzione di un resort ecocompatibile e riqualificazione dell'ex distributore Total» - VARIANTE.»

2.3 PAI

Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) dei bacini di rilievo regionale è stato approvato con Deliberazione di Consiglio Regionale n. 116 del 21/01/2004 e pubblicato sul Supplemento n. 5 al BUR Marche n. 15 del 13/02/2004.

Nella prima edizione l'area oggetto della variante, risultava ricadere solo parzialmente all'interno del perimetro del poligono individuato con il codice E-05-014 che delimitava l'area inondabile.

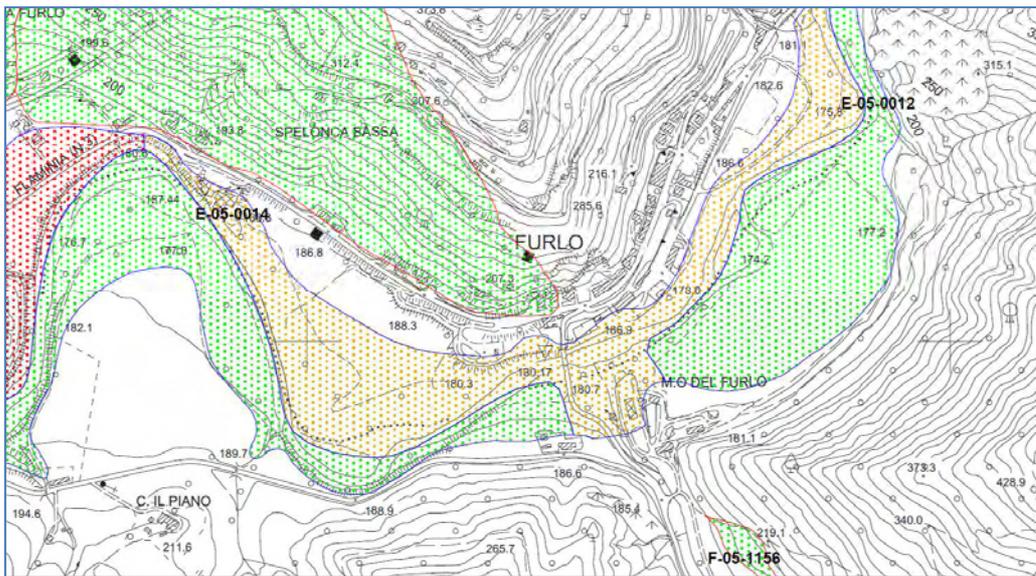


Figura 2 – Tav. RI_18c – versione 2004

Con decreto del Segretario dell'Autorità di Bacino Regionale n.26/SABN del 24/06/2009, a seguito della richiesta di "*chiarimenti in merito all'esclusione di dette aree dalla carta delle zone esondabili.....*" formulata dal Presidente del "Comitato Furlo", veniva avviato il procedimento volto alla modifica del perimetro della fascia di territorio inondabile per piene con tempo di ritorno due centennali, nei Comuni di Acqualagna e Cagli contraddistinta con i codici E-05-0012, E-05-0014, E-05-0015 e E-05-0016.

Il procedimento si è completato circa un anno dopo, con il decreto del Segretario dell'Autorità di Bacino Regionale n.5/SABN del 18/05/2010 che ha ridefinito i perimetri delle aree oggetto di studio ed in particolare ha modificato l'area E-05-0014 secondo quanto riportato in Figura 3.

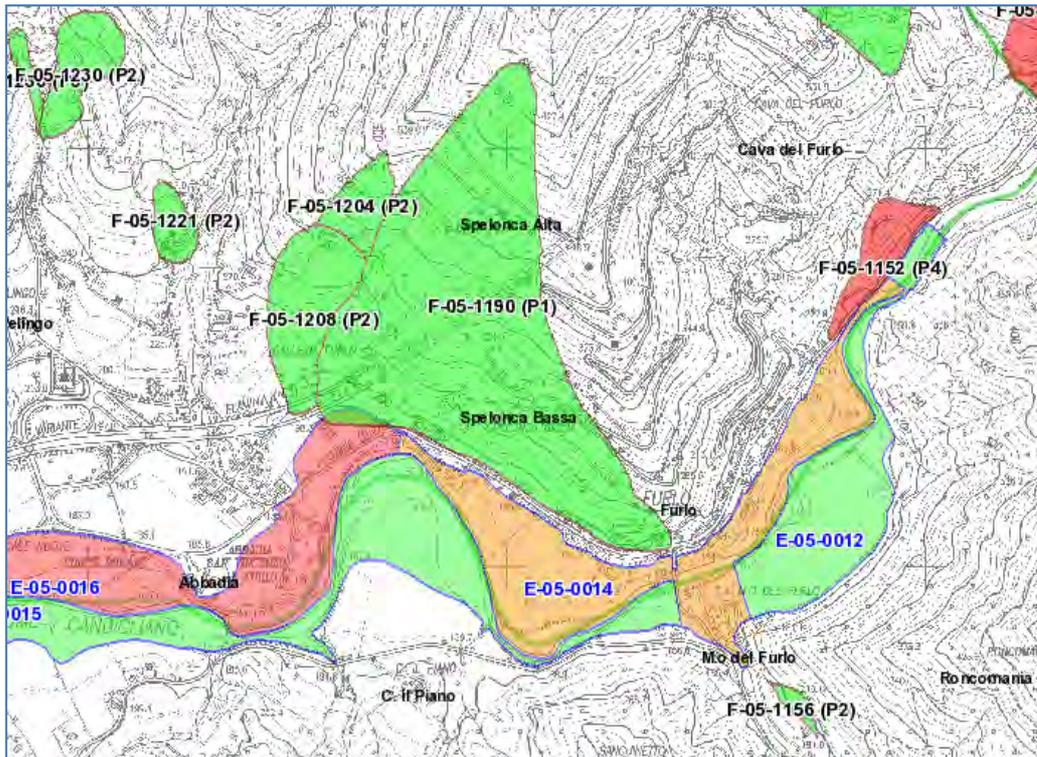


Figura 3 – area E-05-0014 PAI attuale

In particolare viene estesa l'area esondabile, nel tratto in sinistra idrografica a valle del Ristorante La Ginestra, fino al muro che separa la piana alluvionale dalla sovrastante Via Flaminia.

Ciò ha fatto sì che l'area relativa al Piano di Recupero, prima marginalmente interessata dal perimetro di esondabilità ne diventasse coinvolta per gran parte (Figura 4).

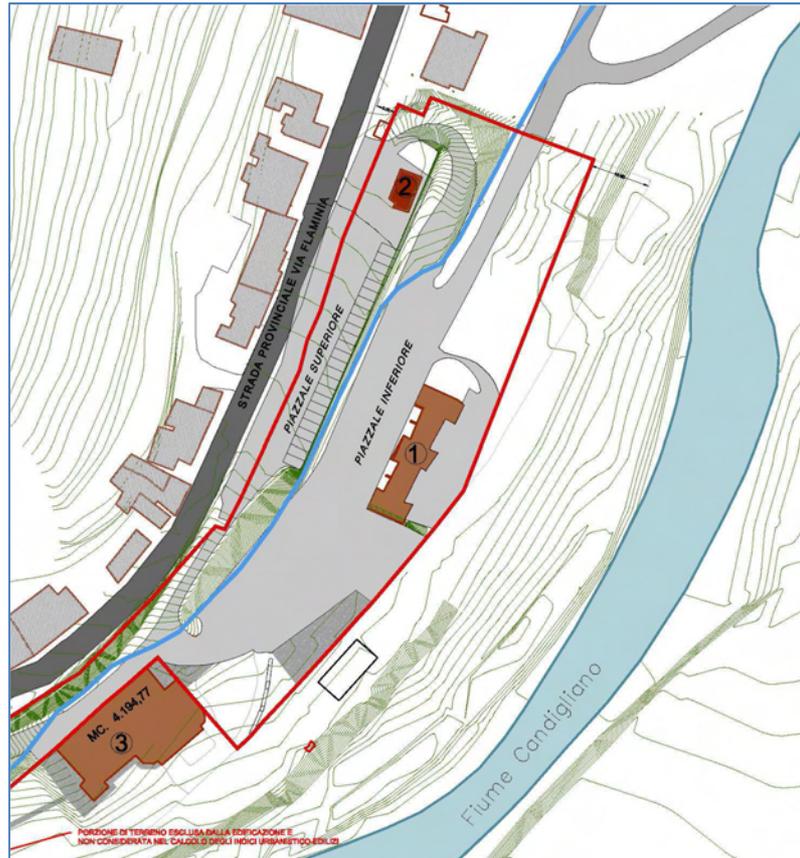


Figura 4

Ciò ha costretto i progettisti, unitamente alle richieste formulate dalla Soprintendenza per i Beni architettonici e paesaggistici delle Marche, a spostare l'edificio di progetto verso monte al di fuori del perimetro di esondazione, inserendolo all'interno della scarpata e facendo sì che la facciata sostituisse il muro che separa i due livelli.

A corredo del progetto è stato allegato uno studio idraulico redatto dal dott.geol. Egipto Panichi che individua le quote di massima piena per tempi di ritorno di 200 e 500 anni. Tale studio ben si accorda con lo studio ENEL redatto dall'Ing.Giorgio Galeati (2002).

Per tempi di ritorno di 200 anni (corrispondente ad una portata di 1100 mc/sec) si è riscontrata nell'area in esame la quota massima di 179,87 m slm.

Per tempi di ritorno di 500 anni (corrispondente ad una portata di 1280 mc/sec) si è riscontrata nell'area in esame la quota massima di 180.40 m slm.

Tali dati sono stati sostanzialmente riconosciuti validi anche dall'Autorità di Bacino nell'ambito della procedura di modifica del perimetro dell'area esondabile.

In data 9/1/2016 prot.167, il Comune di Acqualagna ha inoltrato all'Autorità di Bacino della Regione Marche la documentazione per il parere di mitigazione del Rischio Idrogeologico del Piano Particolareggiato in oggetto.

Con nota del 23/07/2015 l'Autorità di Bacino comunicava al Comune di Acqualagna i motivi ostativi all'accoglimento della richiesta. In data 31/7/2015 prot.6172 il Comune di Acqualagna provvedeva ad integrare la documentazione ritenuta insufficiente.

Con nota 0790248 del 12/11/2015 l'Autorità di Bacino esprimeva parere favorevole condizionato al rispetto di alcune prescrizioni tra cui la più importante è il divieto a realizzare piani interrati.

2.4 P.R.G.

L'area oggetto dell'intervento è inserita nel PRG come "zona A2 – di risanamento conservativo" ed è oggetto di un Piano di Recupero di iniziativa privata.

Il progetto ha subito negli anni (i primi atti risalgono al 2008) una serie di vicissitudini che ne ha radicalmente modificato sia il dimensionamento che il posizionamento.

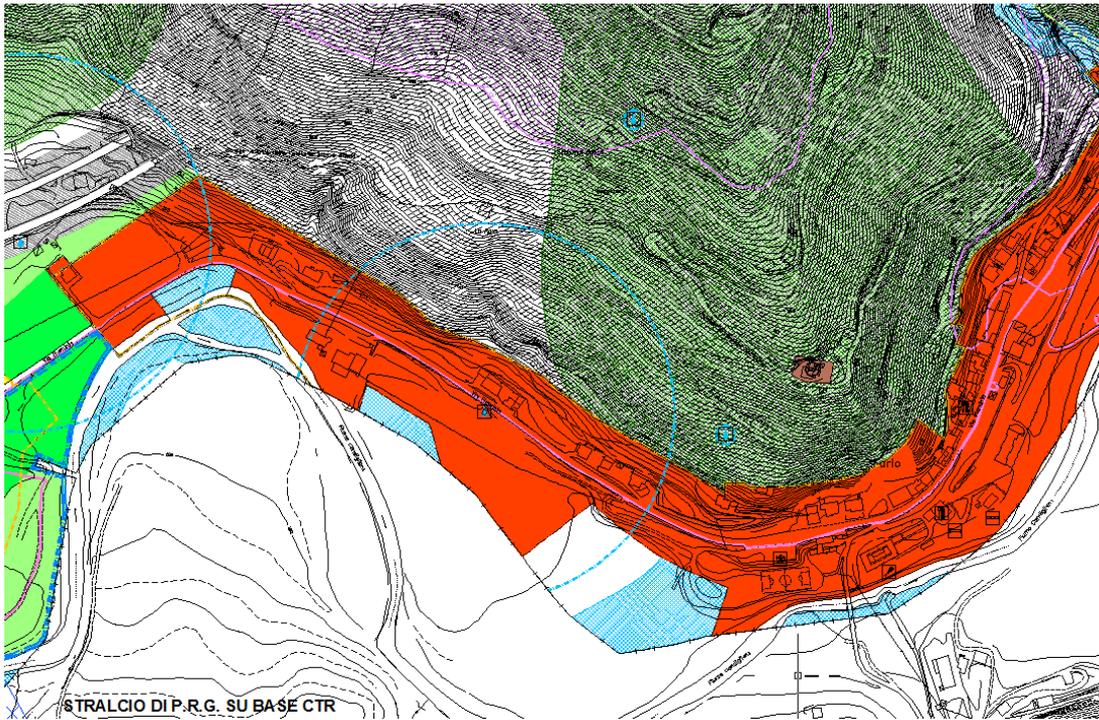


Figura 5

3 NOTE DI MORFOLOGIA E GEOLOGIA

L'area interessata dal progetto s'inquadra all'interno di un comprensorio edificato o parzialmente modellato artificialmente in relazione alla realizzazione di interventi strutturali e infrastrutturali connessi all'attività antropica.

In particolare il sito esaminato si sviluppa morfologicamente al margine della fascia sub-pianeggiante di modellamento alluvionale posta in sinistra idrografica del Fiume Candigliano per una superficie totale di circa 2100 mq.

L'area si articola secondo due distinti livelli coincidenti il primo con una spianata antropica di un ex stazione di servizio al margine della vecchia Flaminia (di seguito definita zona A posta a quota media di circa 186 metri slm e che costituisce l'oggetto del presente studio) ed il secondo con un'area altimetricamente più depressa in cui è insediato il complesso alberghiero della Ginestra (zona B quote comprese tra 179 e 177.5 metri slm).

Le due superfici si raccordano attraverso una scarpata sub-verticale contenuta attualmente da un muro di sostegno in pietra in ottime condizioni statiche. Per quanto riguarda le condizioni di pericolosità geomorfologica, in relazione soprattutto alla configurazione pianeggiante del sito e al costante sub-affioramento di litotipi calcarei stratificati in giacitura favorevole alla sicurezza in tutta la zona A, il rilievo di superficie non ha messo in luce forme e processi ricollegabili a dinamiche gravitative né segni precursori di potenziali dissesti. L'analisi della cartografia tematica elaborata a corredo del PRG del Comune di Acqualagna (Carta Geologica e Geomorfologica, carta delle Pericolosità geologiche) porta a conclusioni convergenti con quelle espresse in precedenza, evidenziando unicamente la presenza di depositi alluvionali ghiaiosi che ricoprono le litofacies calcaree della formazione di base della Scaglia Rossa.



Dal punto di vista geologico-stratigrafico generale l'area esaminata è caratterizzata da depositi alluvionali costituiti da ghiaia sabbiosa prevalente del pleistocene superiore, riferibile sulla base della più recente terminologia stratigrafica, al Sintema del Musone dell'Olocene. Il complesso alluvionale poggia su terreni in litofacies calcarea della Formazione geologica della Scaglia Rossa.

Sono inoltre presenti modesti livelli di terreno di riporto di spessore generalmente inferiore a 1.0 metri, connessi all'antropizzazione dell'area

La zona coincidente con il piazzale dell'ex distributore e caratterizzata da terreno di riporto grossolano messo in posto per l'allargamento del piazzale del vecchio distributore carburanti, poggiate direttamente su litotipi calcarei del substrato cretaceo della Scaglia Rossa

4 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA

4.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE

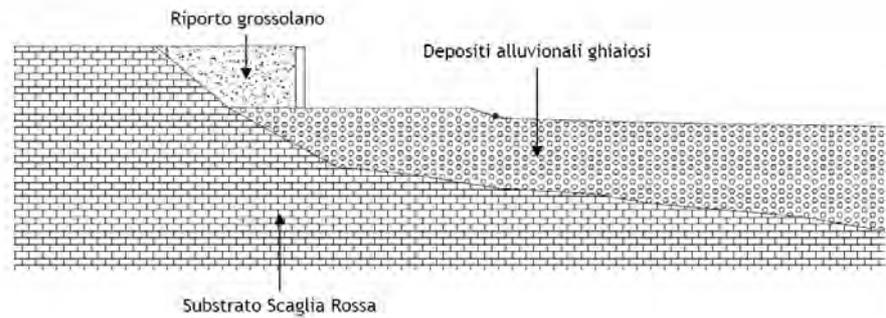
Il programma di indagini introspettive del sottosuolo, formulato sulla base della configurazione morfologica dell'area e della tipologia dell'intervento, e consistito nell'esecuzione di 4 sondaggi a carotaggio continuo eseguiti alla fine di ottobre del 2008 e di 3 sondaggi a secco mediante Trivelsonda realizzati nel settembre 2007.

Per la classificazione dei terreni di fondazione dal punto di vista sismico è stata realizzata un'indagine geofisica di tipo MASW.

Le indagini, hanno consentito di definire in dettaglio la successione degli orizzonti stratigrafici locali permettendo di ricostruire la geometria e gli spessori dei depositi quaternari che sovrastano il substrato geologico marino della Formazione geologica della Scaglia Rossa.

In generale, i depositi alluvionali tendono ad ispessirsi in direzione del corso d'acqua conformemente ai processi di modellamento fluviale che hanno portato all'attuale configurazione morfologica.

In particolare i litotipi calcarei della Scaglia Rossa risultano affioranti in corrispondenza del piazzale dell'ex distributore carburanti (S2₂₀₀₇ e S3₂₀₀₇) ad eccezione della fascia immediatamente retrostante il muro (S1₂₀₀₇), dove è presente materiale di riporto costituito da scarto di cava (frammenti di Scaglia Rossa); nella porzione ribassata dell'area d'intervento i calcari del substrato sono stati raggiunti nelle verticali di sondaggio S1₂₀₀₈ e S4₂₀₀₈ a profondità rispettivamente di 5.0 e di 6.5 metri. Sulla base della correlazione tra le colonne stratigrafiche dei sondaggi il tetto del substrato geologico presenta un rapido cambio d'inclinazione in corrispondenza dell'attuale muro di contenimento che separa il piazzale del vecchio distributore carburanti dalla superficie ribassata su cui è insediato l'albergo (vedi sezione stratigrafica interpretativa proposta di seguito).



La successione stratigrafica, per le due zone definite in precedenza, e schematizzabile come segue:

Zona A [sondaggi a secco con Trivelsonda e MASW]

ORIZZONTE A : asfalto

ORIZZONTE B : pietrisco calcareo (scarto di cava)

ORIZZONTE C : substrato geologico formato da calcari rosati (Scaglia Rossa)

ORIZZONTI		LITOLOGIA	INTERPRETAZIONE
ORIZZONTE "A"		asfalto	riporto
ORIZZONTE "B"		Pietrisco calcareo	riporto
ORIZZONTE "C"		Calcari rosati	Substrato geologico

Zona B [sondaggi a carotaggio continuo]

ORIZZONTE A : limi argilloso sabbiosi con detrito poligenico

ORIZZONTE B : ghiaia sabbiosa e sabbia ghiaiosa con sottili intercalazioni fini

ORIZZONTE C : substrato geologico formato da calcari rosati (Scaglia Rossa)

ORIZZONTI		LITOLOGIA	INTERPRETAZIONE
ORIZZONTE "A"		Limi argilloso sabbiosi con detrito poligenico	riporto
ORIZZONTE "B"		Ghiaia sabbiosa e sabbia ghiaiosa	Depositi alluvionali
ORIZZONTE "C"		Calcari rosati	Substrato geologico

Per quello che riguarda la zona A, il substrato geologico è risultato affiorante al di sotto dell'asfalto del piazzale nella fascia prossima alla Via Flaminia; limitatamente alla fascia posta a ridosso del muro è presente un riempimento in scarto di cava messo in opera per l'allargamento verso valle del piazzale stesso. Sulla base dell'indagine geofisica lo spessore del riempimento è stimabile a 9 metri di distanza dal muro in circa 6.0 metri. Nella zona B le indagini geognostiche hanno evidenziato una buona correlabilità dell'orizzonte alluvionale ghiaioso (Orizzonte B) e del substrato geologico (Orizzonte C) con inclinazione del tetto della formazione geologica di base in direzione dell'asse fluviale, conformemente ai processi di modellamento che hanno interessato l'area.

La rapida variazione dell'inclinazione del tetto della Scaglia Rossa coincide con la vecchia scarpata fluviale attualmente mascherata dai depositi alluvionali. Lo spessore dei depositi alluvionali è quantificabile in 5.0 metri per la fascia marginale dell'area (ai piedi del muro di contenimento) e in circa 8.5/9.0 metri per il lato valle della zona d'intervento. Per quello che riguarda i terreni più superficiali, è presente un modesto livello di terreno modellato artificialmente, costituito da limi argilloso sabbiosi con inclusioni poligeniche (ghiaia e pietrisco calcareo). Per quello che riguarda la circolazione idrica nel sottosuolo è stata rilevata la presenza di acqua, a profondità di circa 5.0 metri dal p.c., unicamente nei due sondaggi a carotaggio continuo realizzati al margine di valle dell'area. Si tratta con ogni probabilità della falda di sub-alveo del Fiume Candigliano.

4.2 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

I principali parametri fisico meccanici che caratterizzano i terreni esaminati, sono stati assegnati sulla base della bibliografia geotecnica e del confronto con i risultati di analisi di laboratorio riguardanti campioni ad analoga composizione litologica. Buone indicazioni sulle caratteristiche geotecniche dei terreni alluvionali granulari sono state fornite dalle prove SPT eseguite nelle verticali dei sondaggi S2, S3 e S4, che hanno messo in luce terreni ben addensati, caratterizzati da elevati valori dell'angolo di attri-

to interno (vedi tabelle seguenti). Lo schema che segue visualizza la successione stratigrafica locale ed i principali paramenti fisico-meccanici dei terreni; i valori caratteristici sono stati assegnati sulla base dell'approccio bayesiano (Cherubini e Orr 1999) adottando la relazione:

$$x_k = x_m * (1 - CV / 2)$$

con:

$$x_m = (a + 4b + c) / 6$$

$$CV = (c - a) / (a + 4b + c)$$

a = valore minimo stimato

b = valore più probabile

c = valore massimo stimato

I parametri di progetto sono stati assegnati introducendo i coefficienti parziali della tabella 6.2.II delle NTC 08.

Lo schema che segue visualizza i parametri geotecnici attribuiti ai vari orizzonti litologici affioranti nella zona A interessata in questa fase dal progetto

zona A (piazzale ex Distributore)

ORIZZONTI		PARAMETRI CARATTERISTICI	PARAMETRI DI PROGETTO
ORIZZONTE "A"		C'=0 Kg/cmq φ =30° - 32° γ = 1.85 - 1.90 g/cmc Eed> 200/250 Kg/cmq	C'=0 Kg/cmq φ =25° γ = 1.85 - 1.90 g/cmc Eed> 200/250 Kg/cmq
ORIZZONTE "B"		C'=0 Kg/cmq φ =35° - 40° γ = 1.85 - 1.90 g/cmc Eed> 200/250 Kg/cmq	C'=0 Kg/cmq φ = 34° γ = 1.85 - 1.90 g/cmc Eed> 200/250 Kg/cmq
ORIZZONTE "C"		C = 1.0 - 1.5 Kg/cmq φ =29° - 30° γ= 2.2 - 2.3 g/cmc Eed> 1000 Kg/cmq	C = 1.2 Kg/cmq φ =25° γ= 2.2 - 2.3 g/cmc Eed> 1000 Kg/cmq

Come è possibile osservare nel precedente prospetto l'Orizzonte litologico "C", rappresentato dai litotipi del substrato geologico, presenta caratteristiche fisco meccani-

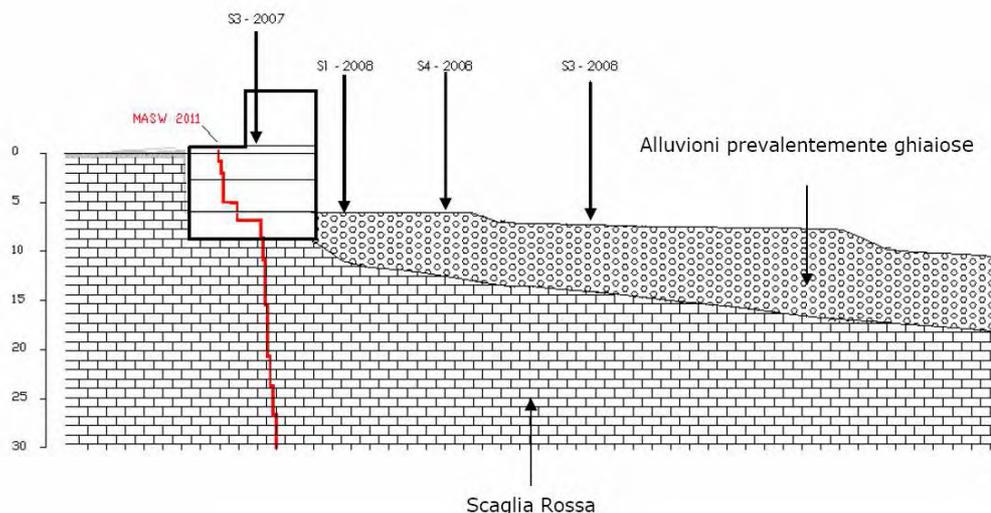
che che variano da buone (litotipi alterati) a ottime (litotipi integri) in relazione alla competenza delle litofacies che lo compongono.

5 ANALISI DEL RISCHIO GEOLOGICO

5.1 FONDAZIONI

L'assetto stratigrafico del piazzale dell'ex distributore è caratterizzato da terreno di riporto a prevalente composizione grossolana che ricopre direttamente i terreni calcarei della formazione geologica della Scaglia Rossa.

Sulla base delle correlazioni tra sondaggi e indagini geofisica e ipotizzabile un rapido cambio di inclinazione del tetto del substrato, coincidente con ogni probabilità con una vecchia scarpata fluviale. Ne consegue che la realizzazione del piano fondale porterà ad intercettare i terreni del substrato geologico ed in minima parte quelli alluvionali ghiaiosi (lato valle); nell'ipotesi di fondazione nastriforme, al fine di evitare cedimenti differenziali, è consigliabile raggiungere ovunque i litotipi della Scaglia Rossa, mediante ad esempio gettate di cls magro. In alternativa è possibile la realizzazione di una platea



5.2 SBANCAMENTI

Gli elaborati progettuali prevedono la realizzazione di sbancamenti per la realizzazione della struttura alberghiera. Sarà di conseguenza indispensabile che le scarpate possiedano sufficienti requisiti circa la stabilità e la sicurezza.

I fronti di scavo dovrebbero ricadere tutti nel substrato integro. Qualora in qualche punto risulteranno essere impostati nel riporto, non sarà possibile eseguire le operazioni di scavo a parete verticale. Pertanto o si provvederà alla rimozione anche del

terreno di riporto potenzialmente instabile oppure si dovrà procedere con opere di contenimento provvisionali.

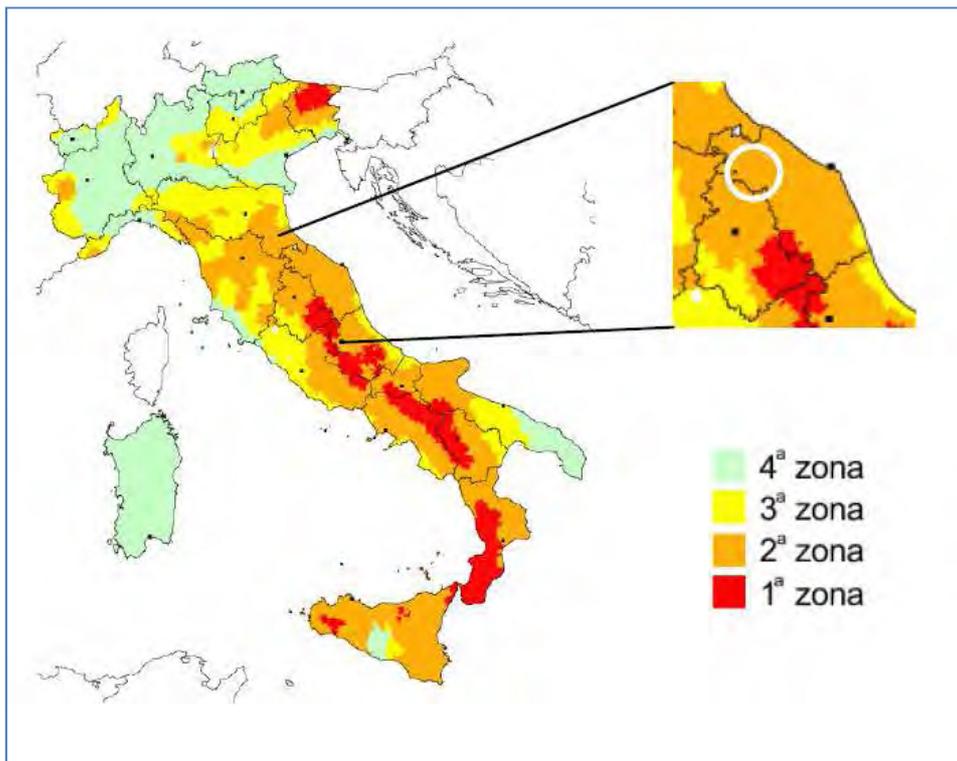
Per quanto concerne gli scavi nel substrato, che verrà certamente intercettato nella parte monte del fabbricato, in relazione alle altezze previste negli elaborati di progetto e alle giaciture favorevoli alla stabilità, il materiale è in grado di sostenere uno scavo a parete ad angolo elevato; sarà in ogni caso opportuno valutare le caratteristiche geo-meccaniche con particolare riguardo a possibili sistemi di fratture ed eventuali forme di circolazione idrica. In considerazione della presenza della Via Flaminia a breve distanza dell'area di scavo è tuttavia necessario adottare tutte le cautele indispensabili a garantire la stabilità della scarpata. In tale ottica è consigliabile operare con angoli di scavo inferiori ai 70° e successivo riempimento con materiale inerte oppure realizzare un contenimento (ad esempio palificata) prima dell'esecuzione degli sbancamenti; in questo caso le opere di contenimento andranno estese a tutti i fronti di scavo.

Nel caso di prolungate aperture i fronti dovranno essere in ogni caso messi in sicurezza realizzando opportune opere di contenimento.

6 INDAGINE SISMICA

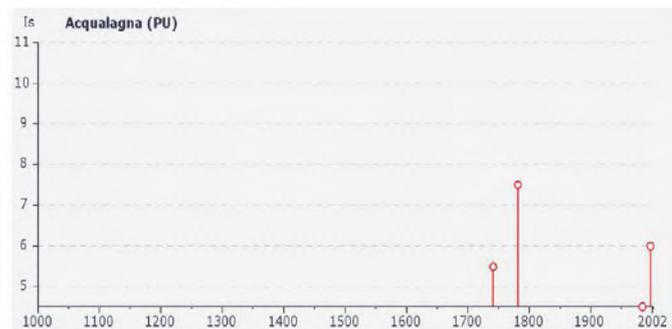
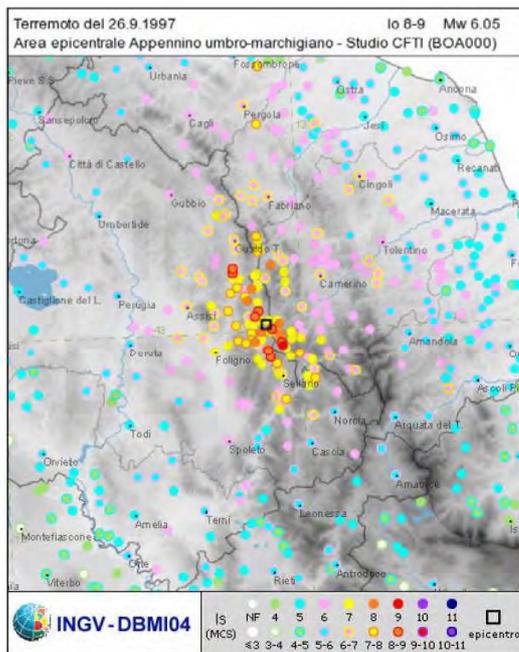
6.1 SISMICITÀ STORICA

Il territorio del Comune di Acqualagna è stato classificato di seconda categoria (S = 9) ai sensi del decreto del 10.02.1983, pubblicato sulla G.U. n. 80 del 23.03.1983 e confermato dalla Nuova Classificazione Sismica del territorio nazionale effettuata dal Dipartimento della Protezione Civile – Ufficio Servizio Sismico Nazionale (marzo 2003). Il territorio in esame, come risulta dalla consultazione della bibliografia del GNDT ed in particolare Stucchi et al. (2007) *DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04*, è stato interessato negli ultimi secoli da vari terremoti che hanno raggiunto l'intensità massima pari a 8 gradi della Scala Mercalli nell'anno 1781.



Storia sismica di Acqualagna (PU) [43.619, 12.673]

Effetti		In occasione del terremoto:		
Is	Anno Me Gi Or Mi Se	AE	Io	Mw
7-8	1781 06 03	CAGLIESE	9-10	6.23
6	1997 09 26 09 40 25	Appennino umbro-marchigiano	8-9	6.05
5-6	1741 04 24 09 20	FABRIANESE	9	6.08
4-5	1984 04 29 05 02 59	GUBBIO/VALFABBRICA	7	5.68
4	1875 03 17 23 51	Romagna sud-orient.	8	5.74
4	1909 01 13 45	BASSA PADANA	6-7	5.53
4	1979 09 19 21 35 37	Valnerina	8-9	5.90
4	1987 07 05 13 12 36	VALMARECCHIA	6	4.65
3-4	1897 12 18 07 24 20	Appennino umbro-marchigiano	7	5.18
3	1916 08 16 07 06 14	Alto Adriatico	8	5.92
2	1993 06 05 19 16 17	GUALDO TADINO	6	4.92
NF	1898 08 25	VISSO	7	5.09
NF	1907 01 23 25	ADRIATICO CENTRALE	5-6	4.84
NF	1972 11 26 16 03	MONTEFORTINO	7-8	5.34



Dati e immagini tratte da:

Stucchi et al. (2007). DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04.

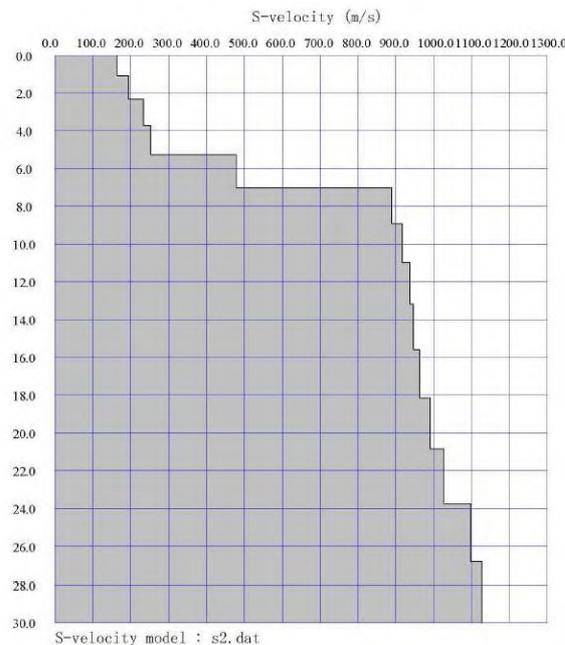
Quaderni di Geofisica, INGV, *accettato*.

6.2 DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali in corrispondenza dei geofoni posti lungo uno stendimento.

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, la velocità media ponderata di propagazione delle onde di taglio nei primi 30.00 m di profondità è calcolata con la seguente espressione:

$$V_{S_{30}} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$



Dal profilo verticale monodimensionale delle Vs riportato sopra si evince la presenza di un evidente incremento della velocità di propagazione delle onde di taglio rilevabile nell'intervallo di profondità compreso tra 5,30 e 7,00 m circa dal p.c.; oltre quest'ultima quota si assiste ad un lieve ma graduale incremento del valore di Vs con la profondità sino alle quote investigate.

Sulla base della quota d'imposta del fabbricato in progetto le Vs 30 assumono un valore di **982 m/sec** da cui deriva un terreno di fondazione di **tipo A** ovvero *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di Vs,30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

6.3 PARAMETRI SISMICI

6.3.1 SITI DI RIFERIMENTO.

Sito in esame.

latitudine: 43,638634
 longitudine: 12,714177
 Classe: 2
 Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 20745 Lat: 43,6320Lon: 12,6612 Distanza: 4328,137
 Sito 2 ID: 20746 Lat: 43,6324Lon: 12,7303 Distanza: 1466,149
 Sito 3 ID: 20524 Lat: 43,6824Lon: 12,7297 Distanza: 5026,642
 Sito 4 ID: 20523 Lat: 43,6820Lon: 12,6605 Distanza: 6468,423

Vita nominale: 50 anni;

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: A

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. Superamento [%]	T_r [anni]	A_g [g]	F_0 [.]	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0.057	2.457	0.270
Danno (SLD)	63	50	0.072	2.433	0.286
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0.178	2.432	0.328
Prevenzione del collasso (SLC)	5	975	0.230	2.460	0.334

Tabella 1

6.3.2 COEFFICIENTI SISMICI

	S_s [-]	C_c [-]	S_t [-]	K_h [-]	K_v [-]	A_{max} [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1.000	1.000	1.000	0.011	0,006	0.559	0,200
SLD	1.000	1.000	1.000	0.014	0.007	0.705	0,200
SLV	1,200	1,400	1,000	0,053	0,027	2.175	0,240
SLC	1,160	1,390	1,000	0,078	0,039	2.731	0,280

Tabella 2

7 CONCLUSIONI

Gli studi e le indagini svolte hanno consentito di verificare la compatibilità del progetto con le caratteristiche geologico – geomorfologiche e le proprietà geotecniche dei terreni.

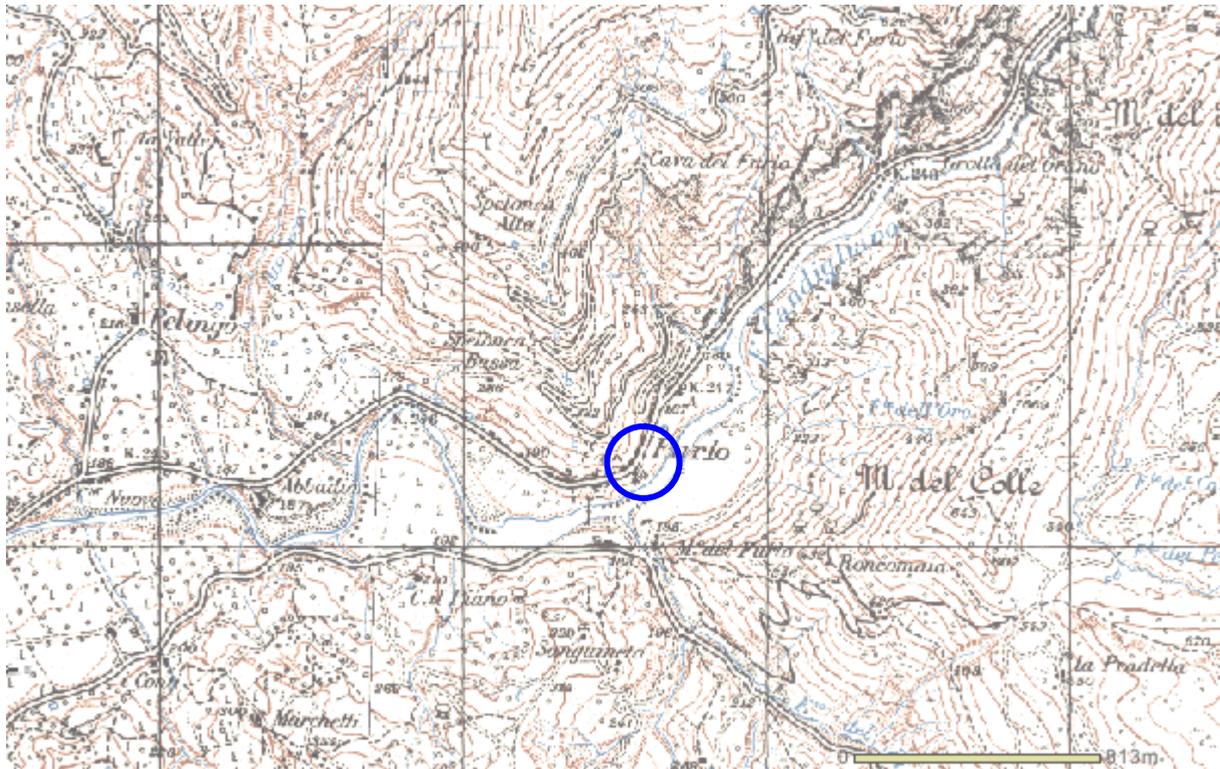
In particolare dallo studio è emerso quanto segue:

- L'area interessata dal progetto s'inquadra all'interno di un comprensorio edificato o parzialmente modellato artificialmente in relazione alla realizzazione di interventi strutturali e infrastrutturali connessi all'attività antropica. In particolare il sito esaminato si sviluppa morfologicamente al margine della fascia sub pianeggiante di modellamento alluvionale posta in sinistra idrografica del Fiume Candigliano per una superficie totale di circa 2100 mq.
- L'area si articola secondo due distinti livelli coincidenti il primo con una spianata antropica di un ex stazione di servizio al margine della vecchia Flaminia (definita zona A posta a quota media di circa 186 metri slm e che costituisce l'oggetto del presente studio) ed il secondo con un'area altimetricamente più depressa in cui è insediato il complesso alberghiero della Ginestra (zona B quote comprese tra 179 e 177.5 metri slm). Le due superfici si raccordano attraverso una scarpata sub-verticale contenuta attualmente da un muro di sostegno in pietra in ottime condizioni statiche.
- nell'ambito dell'area esaminata non sono stati rilevati movimenti gravitativi in atto o forme di dissesto potenziale;
- Dal punto di vista del rischio esondazione il progetto è già stato sottoposto all'approvazione delle misure di mitigazione del rischio idraulico da parte dell'Autorità di Bacino.
- Il substrato geologico è risultato affiorante al di sotto dell'asfalto del piazzale nella fascia prossima alla Via Flaminia nella zona A; limitatamente alla fascia posta a ridosso del muro e presente un riempimento in scarto di cava messo in opera per l'allargamento verso valle del piazzale stesso. Sulla base

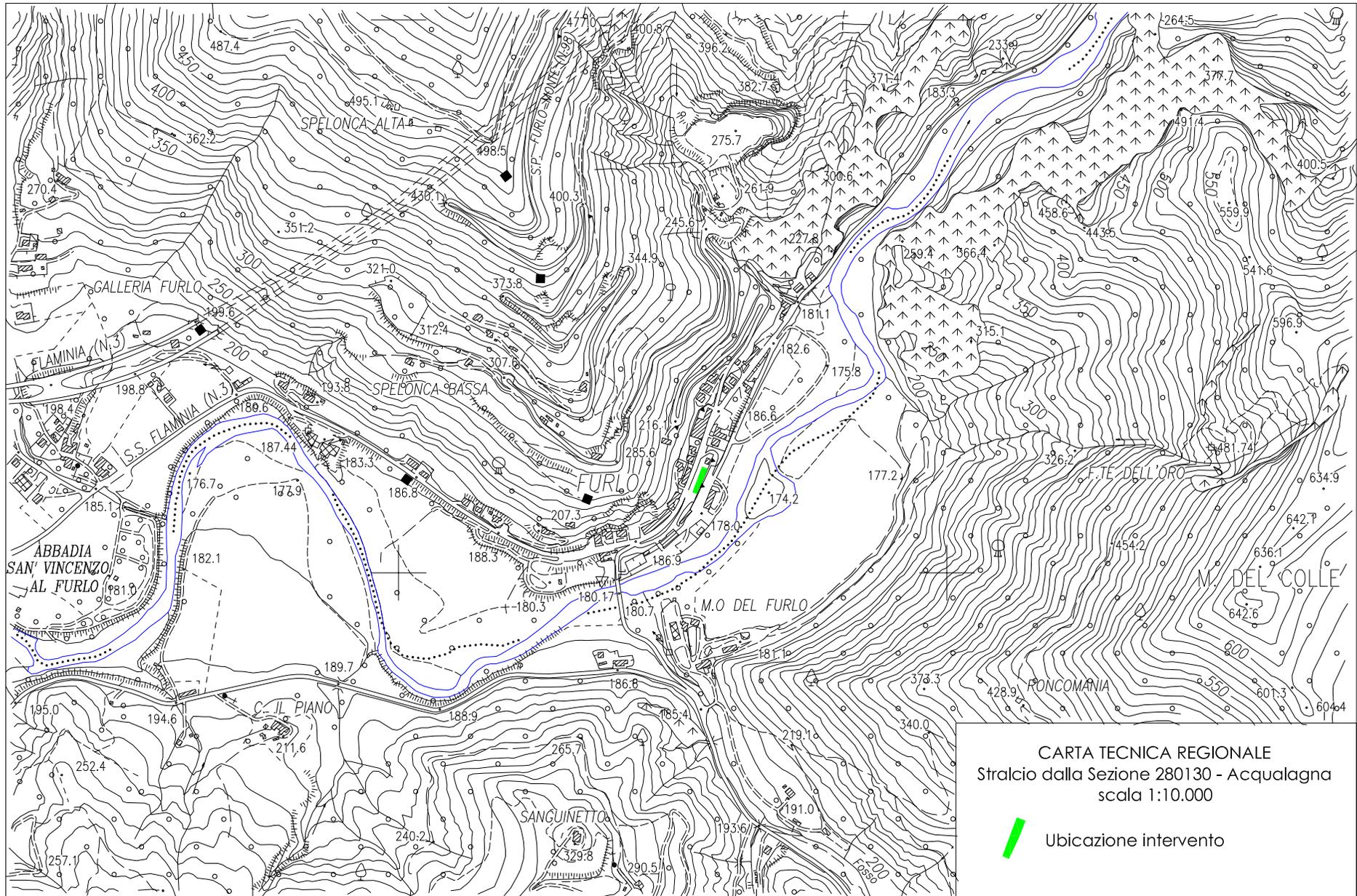
dell'indagine geofisica lo spessore del riempimento è stimabile a 9 metri di distanza dal muro in circa 6.0 metri

- Nella zona B le indagini geognostiche hanno evidenziato una buona correlabilità dell'orizzonte alluvionale ghiaioso (Orizzonte B) e del substrato geologico (Orizzonte C) con inclinazione del tetto della formazione geologica di base in direzione dell'asse fluviale, conformemente ai processi di modellamento che hanno interessato l'area.
- La rapida variazione dell'inclinazione del tetto della Scaglia Rossa coincide con la vecchia scarpata fluviale attualmente mascherata dai depositi alluvionali: lo spessore è quantificabile in 5.0 metri per la fascia marginale dell'area (ai piedi del muro di contenimento) e in circa 8.5/9.0 metri per il lato valle della zona d'intervento B. Per quello che riguarda i terreni più superficiali, e presente un modesto livello di terreno modellato artificialmente, costituito da limi argilloso sabbiosi con inclusioni poligeniche (ghiaia e pietrisco calcareo). Per quello che riguarda la circolazione idrica nel sottosuolo è stata rilevata la presenza di acqua, a profondità di circa 5.0 metri dal p.c., unicamente nei due sondaggi a carotaggio continuo realizzati al margine di valle dell'area. Si tratta con ogni probabilità della falda di sub-alveo del Fiume Candigliano
- Sulla base dell'assetto stratigrafico e ipotizzabile che la realizzazione del piano fondale porterà ad intercettare i terreni del substrato geologico a parte una stretta fascia sul lato valle nella quale sarà possibile la presenza di ghiaia. Si prevede quindi l'uso di fondazioni superficiali.

COROGRAFIA
Scala 1:25.000.



Stralcio dalla Tavoletta I.G.M. "Acqualagna" - F° 116 IV° N.E.



CARTA TECNICA REGIONALE
Stralcio dalla Sezione 280130 - Acqualagna
scala 1:10.000

 Ubicazione intervento

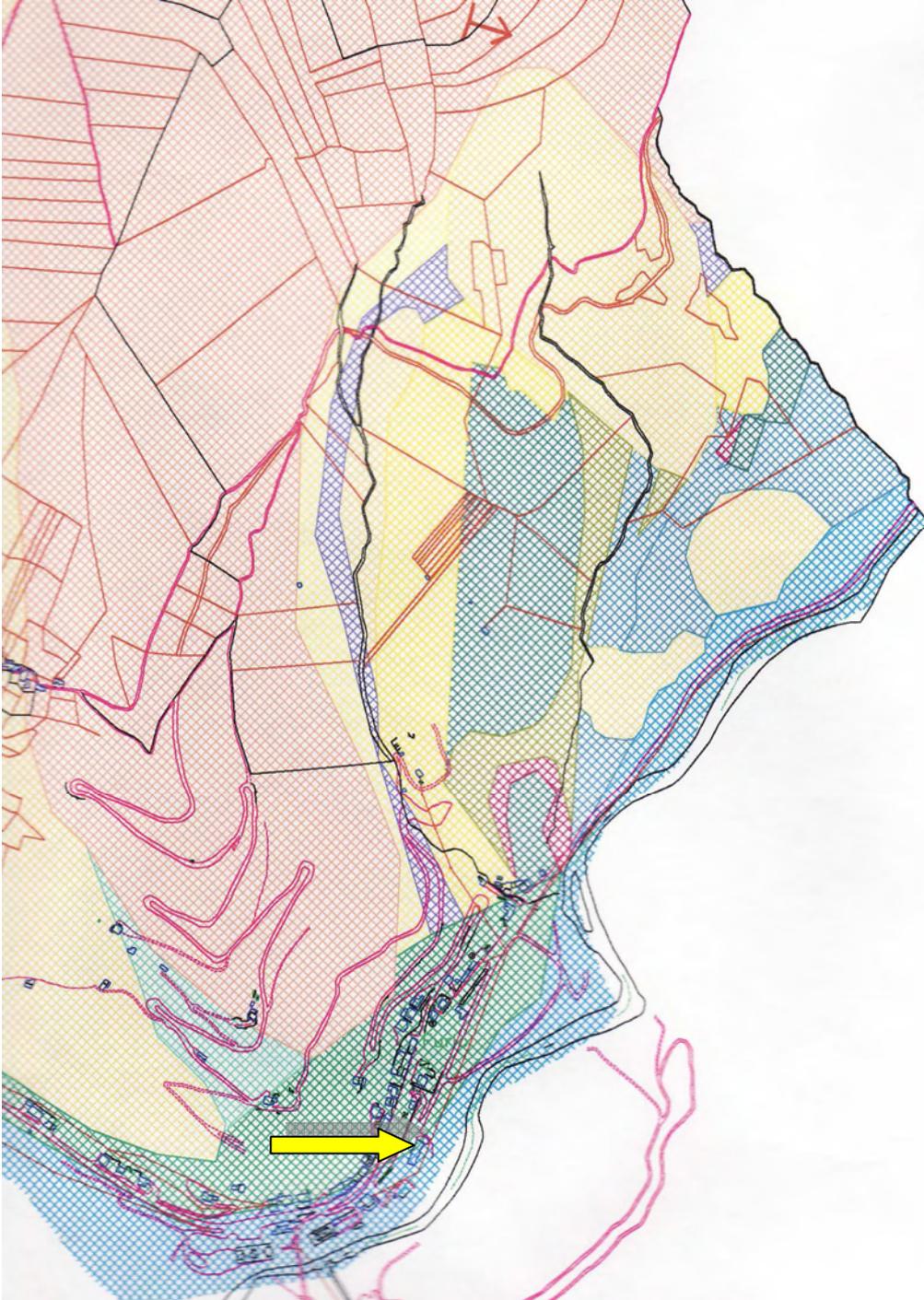
CARTA GEOMORFOLOGICA
PRG COMUNE DI ACQUALAGNA
Scala 1:10.000



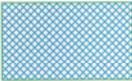
LEGENDA CARTA GEOMORFOLOGICA

AZIONE FLUVIALE			
FORME E PROCESSI			
Alveo torrentizio: in erosione			
Scarpata di erosione fluviotorrentizia			
Erosione di sponda			
Piana di esondazione			
Ripiano di erosione fluviale			
AZIONE CRIO-NIVALE, GLACIALE E FORME CLASSICHE			
FORME E PROCESSI			
Circo			
Arco morenico			
Dolina			
Inghiottitoio			
Grotta			

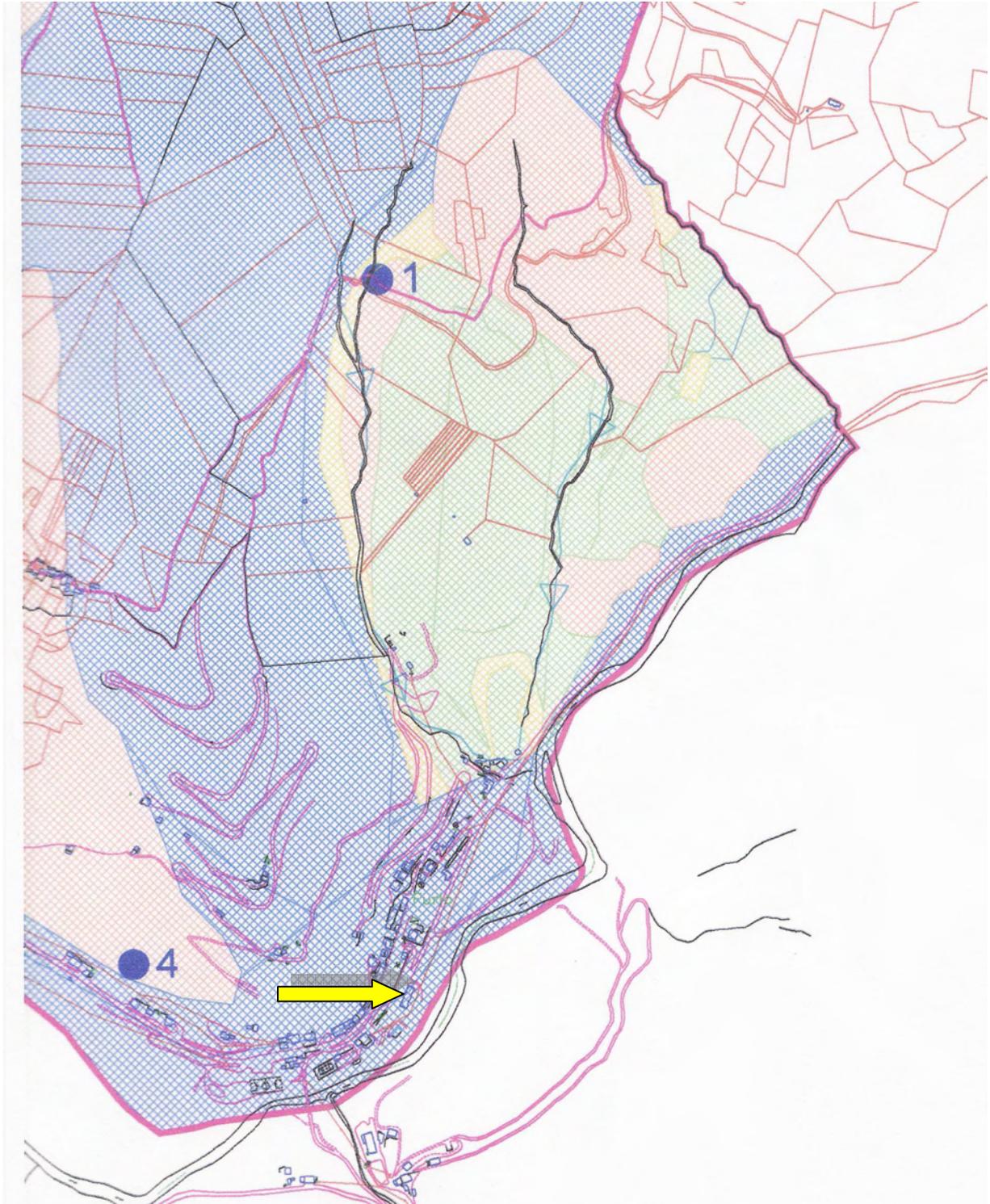
CARTA GEOLOGICA
PRG COMUNE DI ACQUALAGNA
Scala 1:10.000



LEGENDA CARTA GEOLOGICA

	DETRITI E FRANE		GIACITURA STRATI
	ALLUVIONI ATTUALI		ASSE DI ANTICLINALE
	ALLUVIONI TERAZZATE 4° ORDINE		LINEA DI FAGLIA
	ALLUVIONI TERAZZATE 3° ORDINE		CONOIDE DI DEIEZIONE E CONO DETRITICO
	ALLUVIONI TERAZZATE 2° ORDINE		CONFINE COMUNALE
	MARNOSO ARENACEA (facies arenaceo - pelitica)		
	MARNOSO ARENACEA (facies pelitico - arenacea)		
	SCHLIER		
	BISCIARO		
	SCAGLIA CINEREA		
	SCAGLIA ROSSA (A calcari e calcari marnosi) (B marni argillose)		
	SCAGLIA BIANCA		
	MARNE A FUCOIDI		

CARTA IDROGEOLOGICA
PRG COMUNE DI ACQUALAGNA
Scala 1:10.000



LEGENDA CARTA IDROGEOLOGICA



Permeabilità secondaria per fessurazione

FORMAZIONI CALCARE MASSICCIO
 CORNIOLA
 CALCARI DIASPRINI
 MAIOLICA



Permeabilità primaria per porosità

FORMAZIONI ALLUVIONI
 FRANE
 DETRITI
 CONOIDE DI DEIEZIONE

LITOTIPI A PERMEABILITA' MEDIA



Permeabilità secondaria per fessurazione

FORMAZIONI SCAGLIA BIANCA
 SCAGLIA ROSSA
 BISCIARO
 MARNOSO ARENACEA

LITOTIPI IMPERMEABILI

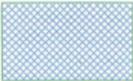
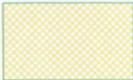
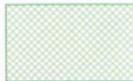


FORMAZIONI MARNE A FUCOIDI
 MARNE ARGILLOSE
 SCAGLIA CINEREA
 SCHLIER
 ROSSO AMMONITICO

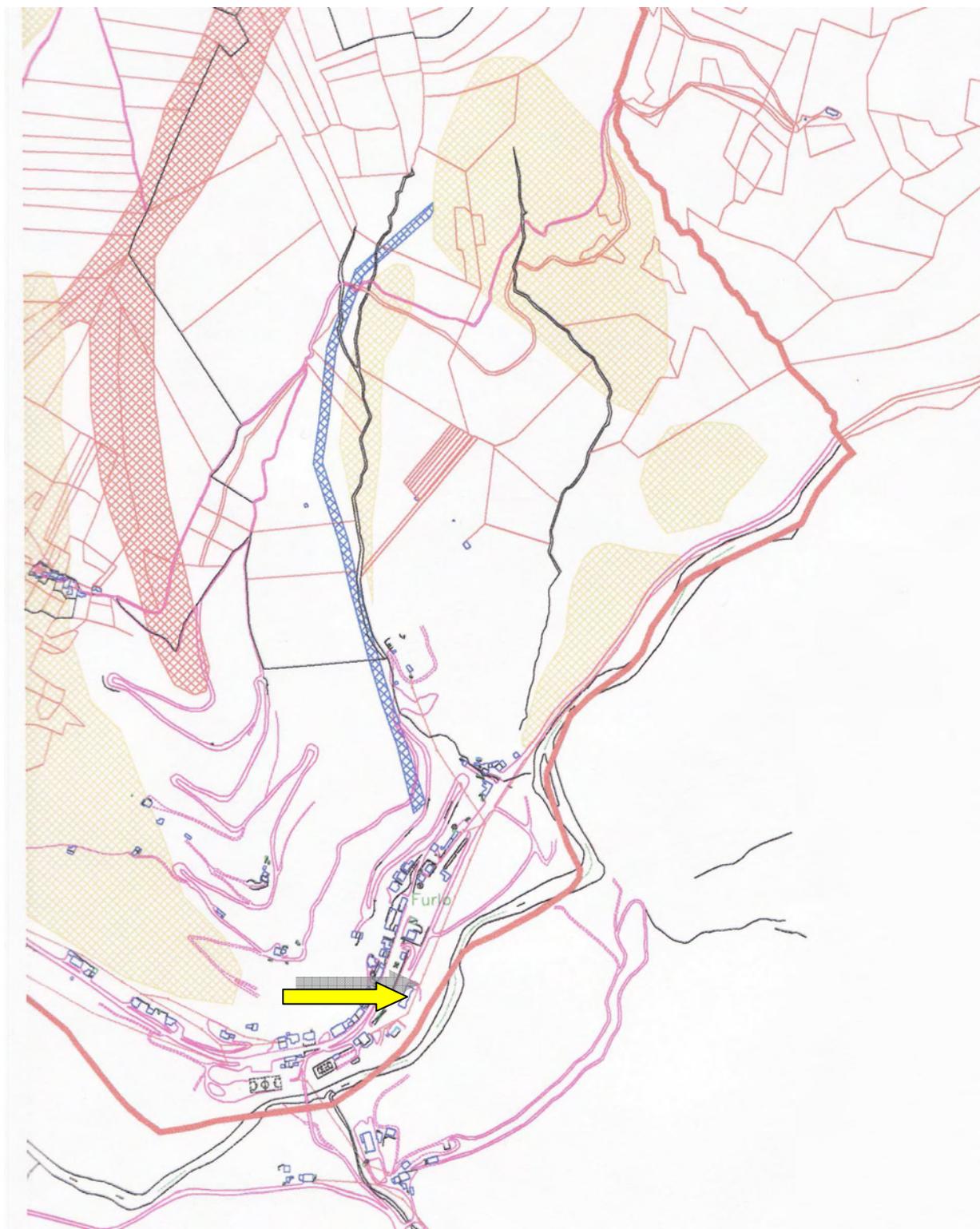
CARTA DELLE PERICOLOSITA' GEOLOGICHE
PRG COMUNE DI ACQUALAGNA
Scala 1:10.0000



LEGENDA CARTA DELLE PERICOLOSITA' GEOLOGICHE

1) ELEVATA PERICOLOSITA'	
	AREE CARATTERIZZATE DA FRANE RECENTI E QUIESCENTI
	AREE ESONDABILI ATTIVE E QUIESCENTI
	SCARPATA FLUVIALE
	AREE CON SPESSORI COSPIQUI DI DEPOSITI ELUVIO-COLLUVIALI
2) MEDIA PERICOLOSITA'	
	AREE INTERESSATE DA MOVIMENTI GRAVITATIVI ANTICHI INATTIVI
	AREE DI BORDO DI TERRAZZO
	AREE DI FAGLIA E/O FRATTURA E/O CONTATTO TRA LITOTIPI DIFFERENTI
	CONFINE COMUNALE

CARTA DELLE PERICOLOSITA' GEOLOGICHE
PRG COMUNE DI ACQUALAGNA
Scala 1:10.0000



LEGENDA CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

	TIPO 1	<p>aree caratterizzate da frane recenti e quiescenti aree potenzialmente franose: - aree caratterizzate da indizi di instabilità superficiale e diffusa circolazione idrica - aree con copertura detritica interessata da erosione al piede - aree eccessivamente acclivi in rapporto al substrato roccioso, al suo stato fisico ed alle condizioni di giacitura degli strati</p>
POSSIBILI EFFETTI IN CASO DI TERREMOTO		accentuazione di fenomeni di instabilità in atto e potenziali dovuti ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici
	TIPO 2	aree caratterizzate da depositi superficiali di caratteristiche meccaniche particolarmente scadenti
POSSIBILI EFFETTI IN CASO DI TERREMOTO		cedimenti diffusi del terreno in concomitanza di stress dinamici in relazione alle scadenti caratteristiche meccaniche dei terreni di fondazione, amplificazione del moto del suolo dovuta a differente risposta sismica tra substrato e terreno di copertura
	TIPO 3	aree di cresta rocciosa, cocuzzolo o dorsale; aree di bordo e di ciglio di scarpata
POSSIBILI EFFETTI IN CASO DI TERREMOTO		amplificazione diffusa del moto del suolo connessa con la focalizzazione delle onde sismiche lungo pendii obliqui, ribaltamenti e/o distacchi di blocchi rocciosi con arretramento dell'orlo di scarpata
	TIPO 4	aree di fondovalle; aree pedemontane di falda di detrito
POSSIBILI EFFETTI IN CASO DI TERREMOTO		amplificazione diffusa del moto del suolo dovuta alla differenza di risposta sismica tra substrato e copertura, cedimenti collegati a particolari caratteristiche meccaniche dei terreni
	TIPO 5	aree di brusca variazione litologica o aree di contatto tra litotipi aventi caratteristiche meccaniche molto diverse
POSSIBILI EFFETTI IN CASO DI TERREMOTO		amplificazioni differenziali del moto del suolo e/o cedimenti differenziati del terreno dovuti alla presenza di terreni di fondazione con resistenza e deformabilità non uniformi
	TIPO 6	aree con presenza, negli strati superficiali di depositi sabbiosi sciolti, interessati da falda acquifera superficiale
POSSIBILI EFFETTI IN CASO DI TERREMOTO		cedimenti diffusi del terreno per fenomeni di liquefazione dei terreni

SONDAGGI TRIVELSONDA [anno 2007]



Sondaggio S1 - 2007



Sondaggio S2 - 2007



Sondaggio S3 - 2007

SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO [anno 2008]



Sondaggio S1 - 2008



Sondaggio S2 - 2008



Sondaggio S3 - 2008



Sondaggio S4 - 2008



Particolare del foro di perforazione del sondaggio S1 - 2007 (Trivelsonda) - calcari rosati della Scaglia Rossa



Particolare del foro di perforazione del sondaggio S2 - 2007 (Trivelsonda) - riempimento a tergo del muro con scarti di cava (frammenti di Scaglia Rossa)



Particolare del foro di perforazione del sondaggio S3 - 2007 (Trivelsonda) - calcari rosati della Scaglia Rossa

SONDAGGIO N° 1



Cassetta 0 - 5 metri



Cassetta 5- 10 metri

SONDAGGIO N° 2



Cassetta 0 - 5 metri



Cassetta 5- 10 metri

SONDAGGIO N° 3



Cassetta 0 - 5 metri



Cassetta 5- 10 metri

SONDAGGIO N° 4



Cassetta 0 - 5 metri

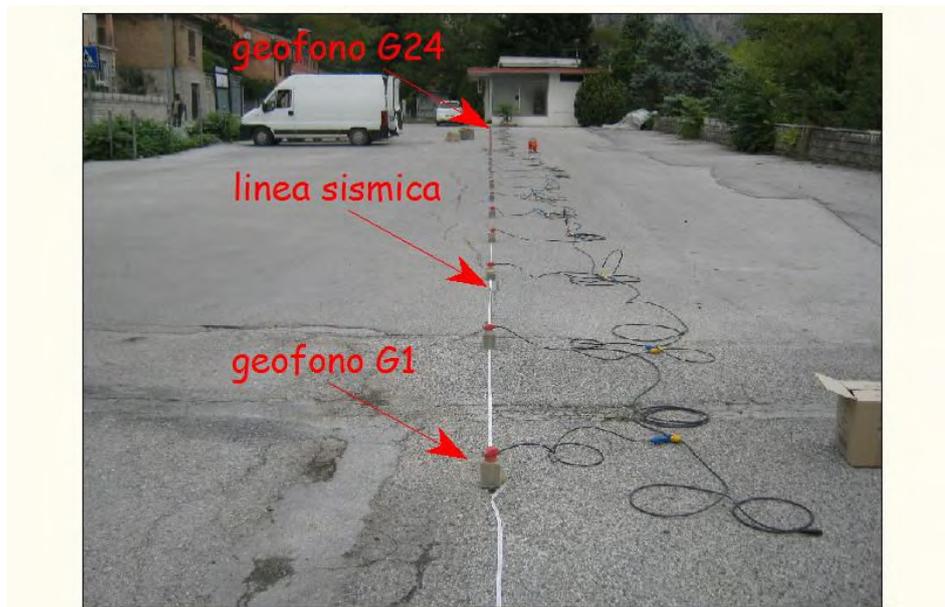


Cassetta 5- 10 metri

**REGIONE MARCHE
PROVINCIA DI PESARO-URBINO
COMUNE DI ACQUALAGNA**

COMMITTENTE: GEOL. EGISTO PANICHI

**INDAGINE SISMICA ESEGUITA IN UN'AREA RICADENTE IN VIA FURLO
NEL COMUNE DI ACQUALAGNA (PU) IN CORRISPONDENZA DEL
PIAZZALE SOVRASTANTE L'HOTEL RISTORANTE "LA GINESTRA"**



Sassoferrato, 14 novembre 2011

**INDAGINE SISMICA ESEGUITA IN UN'AREA RICADENTE IN VIA FURLO
NEL COMUNE DI ACQUALAGNA (PU) IN CORRISPONDENZA DEL
PIAZZALE SOVRASTANTE L'HOTEL RISTORANTE "LA GINESTRA"**

INDICE

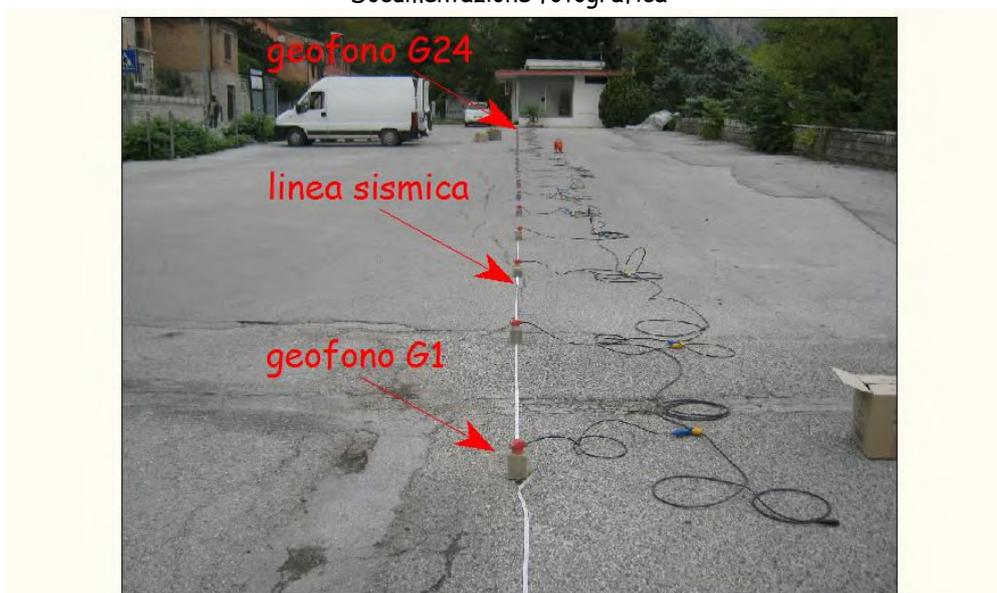
1	PREMESSA	pag. 1
2	INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA MASW	
2.1	Analisi multicanale delle onde superficiali	pag. 1
2.2	Descrizione generale della procedura MASW	pag. 3
2.3	Strumentazione e metodologia di indagine	pag. 3
3	RISULTATI E CONCLUSIONI	
3.1	Classificazione dei terreni di fondazione (Vs30)	pag. 5



1 PREMESSA

Su incarico ricevuto dal Geol. Egisto Panichi è stata eseguita un'indagine geofisica in un'area ricadente in via Furlo nel Comune di Acqualagna (PU), in corrispondenza del piazzale sovrastante l'Hotel Ristorante "La Ginestra". L'indagine è consistita nell'esecuzione di n°1 stendimento sismico con metodologia MASW per la determinazione del profilo verticale delle onde di taglio e del valore V_{s30} necessario per la classificazione dei terreni di fondazione degli interventi in progetto nelle categorie di suolo descritte al paragrafo 3.2.2 delle N.T.C. 2008 "D.M. 14/01/2008".

Documentazione fotografica



2 INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA MASW

2.1 Analisi multicanale delle onde superficiali

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Le onde di Rayleigh sono generate dall'interazione tra le onde di pressione e le onde di taglio verticali ogni qualvolta esiste una superficie libera in un mezzo omogeneo ed isotropo. Alla superficie libera hanno un moto ellittico retrogrado (antiorario) che si inverte ad una profondità di $\lambda/2\pi$. In un semispazio elastico, omogeneo ed isotropo, la velocità di propagazione delle onde di Rayleigh è indipendente dalla frequenza e il moto indotto dalla propagazione si smorza rapidamente sino ad estinguersi ad una profondità pari circa ad una lunghezza d'onda. Ciò vuol dire che la profondità raggiunta dipende dalla lunghezza d'onda, e che, a diverse lunghezze d'onda corrispondente la stessa velocità di fase. In un mezzo verticalmente eterogeneo, costituito cioè da strati aventi proprietà meccaniche

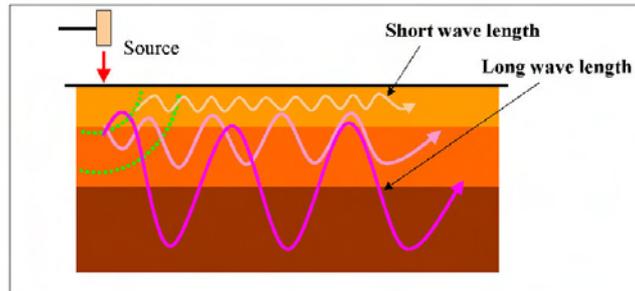


differenti, le onde superficiali presentano un comportamento dispersivo, ossia a frequenza diverse corrispondono diverse velocità di fase. Ciò vuol dire che lunghezze d'onda diverse interessano strati differenti ai quali sono associate proprietà meccaniche diverse: ogni lunghezza d'onda si propaga ad una velocità di fase che dipende dalle caratteristiche dello strato interessato dalla propagazione.

Per ottenere un profilo V_s bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. I dati acquisiti vengono sottoposti ad una fase di *processing* che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto, ovvero la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza. Esistono diverse tecniche per estrarre dai sismogrammi acquisiti le caratteristiche dispersive del sito. La metodologia più diffusa è l'analisi spettrale nel dominio f-k (frequenza-numero d'onda). I dati sismici registrati vengono sottoposti ad una doppia trasformata di Fourier che consente di passare dal dominio x-t (spazio-tempo) al dominio f-k. Lo spettro f-k del segnale consente di ottenere una curva di dispersione per le onde di Rayleigh, nell'ipotesi che nell'intervallo di frequenze analizzato le onde che si propagano con il maggior contenuto di energia siano proprio le onde di Rayleigh e che le caratteristiche del sito siano tali da consentire la propagazione delle onde superficiali e un comportamento dispersivo delle stesse. La velocità delle onde di Rayleigh è infatti associata ai massimi dello spettro f-k; si può così ottenere una curva di dispersione individuando ad ogni frequenza un picco spettrale al quale è associato un numero d'onda k e quindi una velocità delle onde di Rayleigh V_r determinabile in base alla teoria delle onde dalla relazione:

$$V_r(f) = 2\pi f/k$$

Riportando le coppie di valori V_r -f in un grafico si ottiene la curva di dispersione utilizzabile nella successiva fase di inversione. La fase di inversione deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo, che viene di norma schematizzato come un mezzo visco - elastico a strati piano paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati. Il processo di inversione è iterativo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati, il problema diretto viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello. Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza tra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica). Il processo di inversione si basa su algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati che consentono di automatizzare la procedura.

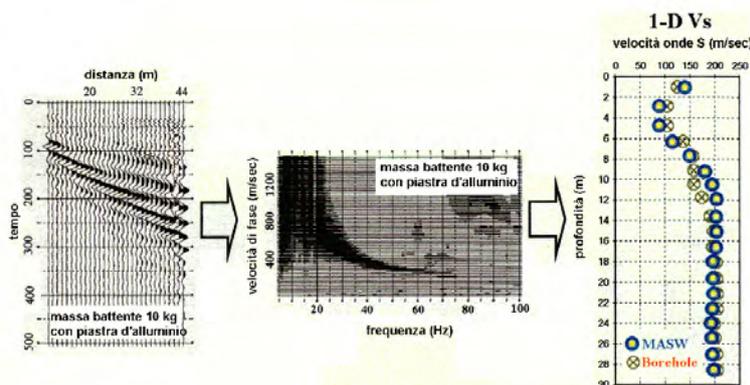


L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte) hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

2.2 Descrizione generale della procedura MASW

La procedura MASW comprende tre passi successivi:

- 1 acquisizione delle onde superficiali (ground roll);
- 2 estrazione della curva di dispersione caratteristica del sito (grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
- 3 inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s (profilo 1-D) che descrive la variazione di V_s con la profondità.



2.3 Strumentazione e metodologia di indagine

La prospezione sismica oggetto del presente lavoro è stata eseguita utilizzando un Sismografo multicanale a trasmissione digitale della Sara Electronic Instruments dotato di memoria indipendente per ogni canale in grado di memorizzazione oltre 30.000 campioni. Gli intervalli di campionamento sono programmabili da 5 a 0.05 millisecondi,



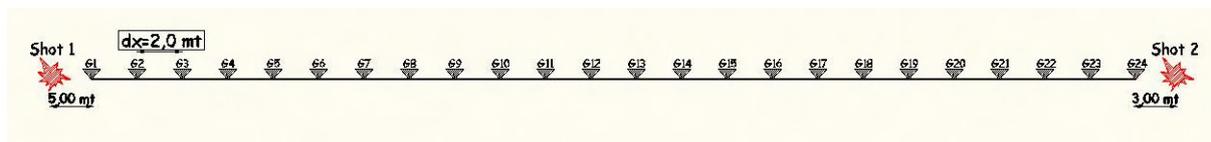
corrispondenti a frequenze di campionamento da 200 a 20000 Hz. La durata del campionamento è selezionabile fra 0.1 e 60 secondi. Elevata dinamica (96dB al convertitore, 155dB totale). Impedenza d'ingresso: >100k Ω .. La trasmissione digitale dei dati consente un'elevata silenziosità e immunità ai rumori.

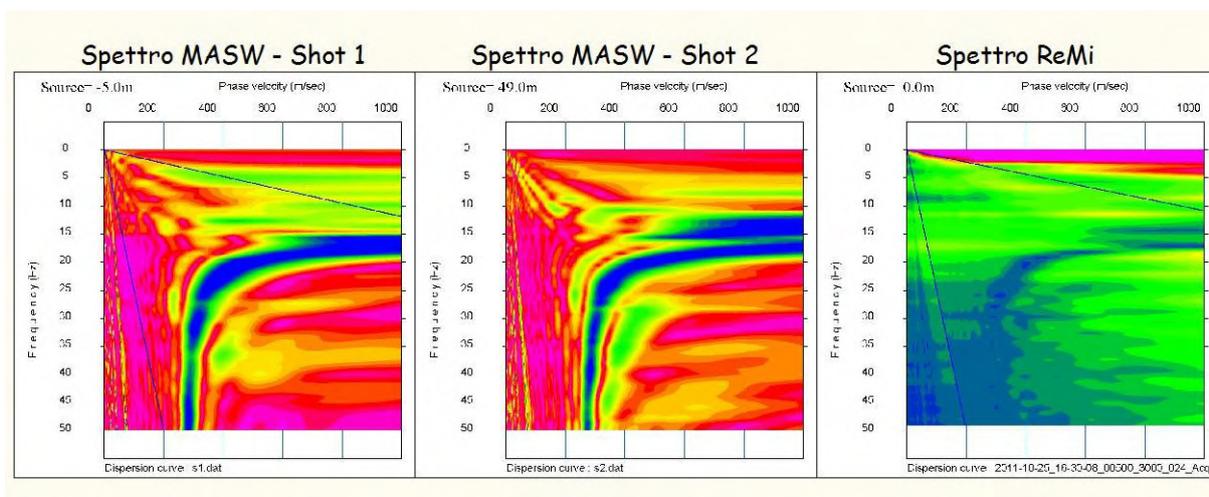
Per la presente indagine si è adottata una frequenza di campionamento pari a 2000 Hz e una durata del campionamento di 1 secondo. Per l'acquisizione delle onde di superficie i sensori sono costituiti da una catena di 24 geofoni verticali Geo-space GS-11D da 4.5Hz 4000 ohms equispaziati con interdistanza geofonica di 2,00 mt.

I fondamenti teorici della metodologia MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali; pertanto una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata dalla presenza di pendenze significative superiori a 15°-20° sia della topografia che delle diverse discontinuità elastiche. Per valutare la validità di monodimensionalità (strati piano paralleli) e la stabilità della curva di dispersione caratteristica del sito, durante la fase di acquisizione si sono eseguiti due shots coniugati posti alle estremità opposte dello stendimento.

Per ciascun punto di scoppio si sono eseguite più energizzazioni con le tracce che sono state poi sommate al fine di evidenziare il segnale sismico (stack) rispetto ai rumori ambientali presenti. Sulla stessa stesa geofonica sono state inoltre eseguite registrazioni con metodologia ReMi, basata sull'analisi dei microtremiti, che hanno di fatto confermato i risultati dell'indagine MASW, come si vede dal confronto dei relativi spettri ottenuti. I dati sono stati registrati con la strumentazione precedentemente descritta effettuando n°10 registrazioni ad intervalli irregolari nell'arco di $\frac{1}{2}$ ora con un lunghezza di ciascuna acquisizione di 30 sec.

La base sismica con metodologia MASW è stata eseguita con 2 punti di scoppio coniugati secondo lo schema di seguito riportato.





Le curve di dispersione così ottenute, riportate nella precedente figura, risultano fra loro simili confermando quindi l'applicabilità della metodologia MASW; il processo di inversione è stato eseguito sulla curva di dispersione ottenuta dallo Shot 2, posto ad una distanza di 3,00 mt dal geofono G24, meglio definita nell'intervallo di frequenze utilizzato e caratterizzata dal miglior rapporto segnale/rumore e dal minore errore sul fitting con la curva di dispersione sperimentale apparente.

La generazione della perturbazione sismica è avvenuta mediante mazza battente del peso di 8 Kg su piastra metallica. L'istante di tempo zero (segnale di inizio registrazione) viene inviato allo strumento da un sensore di contatto posto all'estremità della stessa mazza di energizzazione. La topografia del sito interessato dall'indagine sismica oggetto del presente lavoro risulta completamente pianeggiante.

3 RISULTATI E CONCLUSIONI

3.1 Classificazione dei terreni di fondazione (Vs30)

L'esecuzione dell'indagine sismica con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) consente di classificare i terreni di fondazione degli interventi in progetto nelle categorie di suolo descritte al paragrafo 3.2.2 delle N.T.C. 2008 "D.D.L. 14/01/2008".

La metodologia MASW presenta rispetto ad altre tecniche sismiche il vantaggio di non essere limitata dalla presenza di inversioni di velocità, consentendo pertanto l'individuazione di strati soffici compresi tra strati più rigidi o di strati più rigidi compresi tra strati più soffici. Il metodo MASW consente quindi di individuare il profilo di velocità Vs anche in presenza di contrasti di rigidità tra gli strati del suolo. Tale prova fornisce un profilo di velocità Vs monodimensionale. La velocità di propagazione delle onde di taglio dipende dalle proprietà elastiche dei mezzi attraversati e il parametro geofisico Vs30 è quello che meglio rappresenta la condizione geotecnica



media dei materiali geologici del sottosuolo dei primi 30 metri. Infatti la velocità di propagazione delle onde trasversali dipende dalle proprietà elastiche del mezzo attraversato, come si evince dalla seguente relazione:

$$V_S = \sqrt{\frac{\mu}{\gamma}}$$

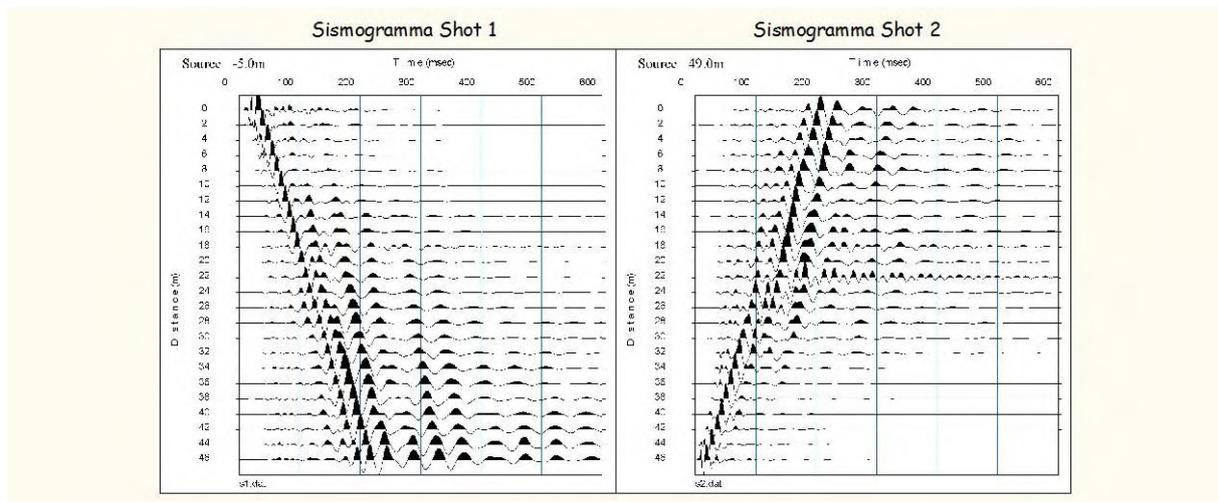
dove γ rappresenta la densità del corpo e μ il modulo di rigidità o modulo di taglio che indica la resistenza di un corpo alle variazioni di forma. Le proprietà elastiche del mezzo sono a loro volta influenzate da numerosi fattori quali la compattezza o il grado di litificazione, la porosità, la tessitura, il grado alterazione e/o fratturazione, la composizione mineralogica, il contenuto di fluidi, la profondità, ecc.

Con V_{S30} si definisce la velocità media di propagazione nei primi 30 metri di profondità delle onde di taglio, il cui calcolo viene effettuato utilizzando la seguente espressione:

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

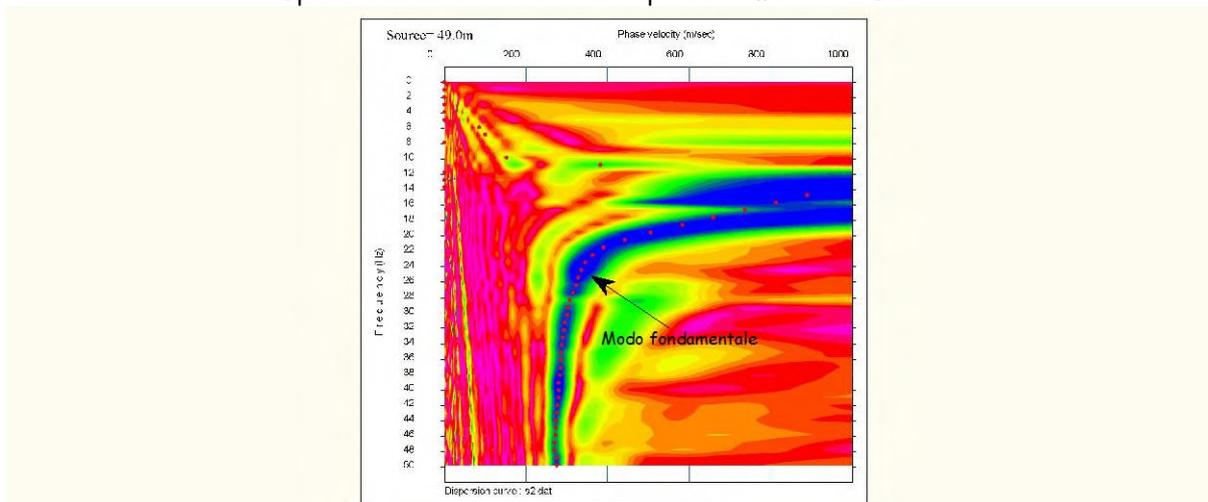
Dove h_i e V_i indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

Le diverse fasi di acquisizione ed elaborazione dei dati sismici hanno portato alla creazione dei seguenti elaborati:

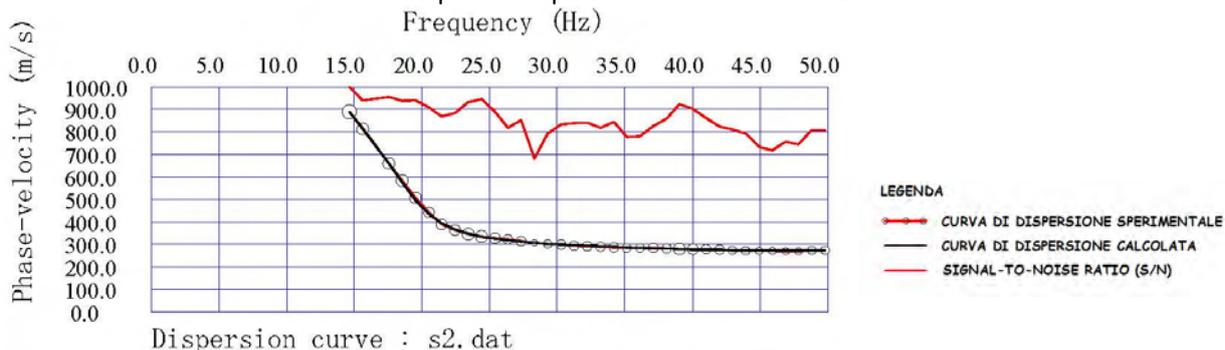




Spettro di velocità e curva di dispersione misurata - Shot 2



Curva di dispersione sperimentale e calcolata - Shot 2



Il profilo verticale delle onde di taglio e il valore Vs30 necessario per la classificazione dei terreni di fondazione dell'area di interesse nelle categorie di suolo descritte al paragrafo 3.2.2 delle N.T.C. 2008 sono riassunti nella tabella di seguito riportata.

Profondità (mt)	hi (mt)	Vi (m/s)	hi/Vi	Vs30 (m/s)
0,00 ÷ 1,07	1,07	164	0,0065	Vs30 = 579 m/s Categoria di sottosuolo "E" Nota: I terreni sovrastanti il substrato rigido di riferimento con Vs>800 m/s, rilevato a partire dalla prof. di 7,00 mt circa dal p.c., presentano una Vs = 243 m/s (Terreno tipo C) rendendo conseguentemente i terreni di sedime dell'intervento in progetto attribuibili alla categoria E
1,07 ÷ 2,31	1,24	194	0,0064	
2,31 ÷ 3,71	1,40	234	0,0060	
3,71 ÷ 5,27	1,57	252	0,0062	
5,27 ÷ 7,01	1,73	479	0,0036	
7,01 ÷ 8,90	1,90	889	0,0021	
8,90 ÷ 10,96	2,06	916	0,0022	
10,96 ÷ 13,19	2,23	938	0,0024	
13,19 ÷ 15,58	2,39	946	0,0025	
15,58 ÷ 18,13	2,55	962	0,0027	
18,13 ÷ 20,85	2,72	990	0,0027	
20,85 ÷ 23,74	2,88	1026	0,0028	
23,74 ÷ 26,79	3,05	1096	0,0028	
26,79 ÷ 30,00	3,21	1127	0,0029	

$\Sigma hi/Vi = 0,0519$



Alla luce di quanto precedentemente esposto, i terreni di fondazione del sito oggetto di indagine risultano attribuibili alla categoria di sottosuolo E, come si evince dalla tabella 3.2.II delle N.T.C. 2008.

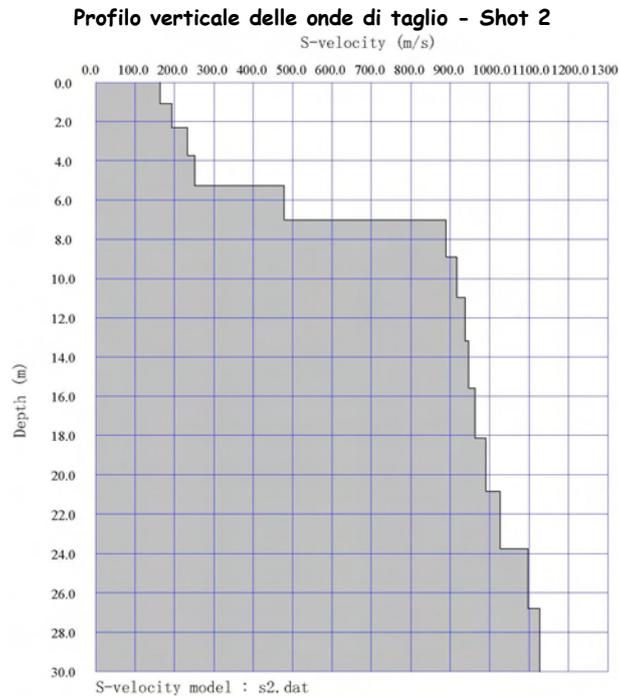
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i>
----------	--

Come richiesto dal Committente, di seguito si riporta inoltre il calcolo del valore di Vs30 eseguito a partire da una quota di -6,00 mt dal piano di esecuzione dell'indagine sismica oggetto del presente lavoro.

Profondità (mt)	hi (mt)	Vi (m/s)	hi/Vi	Vs30 (m/s)
----	----	----	----	Vs30 = 982 m/s Categoria di sottosuolo "A"
----	----	----	----	
----	----	----	----	
----	----	----	----	
6,00 ÷ 7,01	1,01	479	0,0021	
7,01 ÷ 8,90	1,90	889	0,0021	
8,90 ÷ 10,96	2,06	916	0,0022	
10,96 ÷ 13,19	2,23	938	0,0024	
13,19 ÷ 15,58	2,39	946	0,0025	
15,58 ÷ 18,13	2,55	962	0,0027	
18,13 ÷ 20,85	2,72	990	0,0027	
20,85 ÷ 23,74	2,88	1026	0,0028	
23,74 ÷ 26,79	3,05	1096	0,0028	
26,79 ÷ 36,00	9,21	1127	0,0082	

$$\Sigma hi/Vi = 0,0306$$

A	<i>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.</i>
----------	---



Dal profilo verticale monodimensionale delle Vs sopra riportato si evince la presenza di un evidente incremento della velocità di propagazione delle onde di taglio rilevabile nell'intervallo di profondità compreso tra 5,30 e 7,00 mt circa dal p.c.; oltre quest'ultima quota si assiste ad un lieve ma graduale incremento del valore di Vs con la profondità sino alle profondità investigate.

Sassoferrato, 14 novembre 2011

SERVIZI SISMICI S.n.c.
di Donnini A. & Mantoni F.
Via Piano di Frassineta, 109
60041 - SASSOFERRATO (AN)
Cod. Fisc. e P.IVA: 02495830420
M. Res: AN-192227
Giuseppe Scrimin