

COMUNE DI FANO

(Provincia di PESARO-URBINO)

PIANO DI RECUPERO IN VARIANTE AL PIANO
PARTICOLAREGGIATO DEL CENTRO STORICO DI
FABBRICATO SITO IN VIA GARIBALDI N. 115-117



ROSSANO ROCCHETTI - geologo
Via Circonvallazione, 68
60030 CASTELBELLINO (AN)
C.F. RCC RSN 60H02 F347X
P. IVA 01220390429
☎ 0731.701709 📠 0731.690281
📞 338.7348510

Il Geologo:



RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA con riferimenti idrogeologici

Committenti:

EREDI BARGNESI

BARGNESI FABIO

CAMPANELLI ANNALISA

ARCHIVIO N°: R026T.11

DATA: 08.11.2011

e-mail: rossanorocchetti@cpmail.it

INDICE

1. PREMESSA.....	3
1.1. Normativa di riferimento	5
1.1.1. Normativa Tecnica Nazionale	5
1.1.2. Normativa Tecnica della Regione Marche	5
2. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOMORFOLOGICHE E SISMICHE	6
2.1. Inquadramento geologico e geomorfologico	6
2.2. Idrografia superficiale.....	7
2.3. Caratteri idrogeologici	7
2.3.1. Superficie piezometrica	8
2.4. Descrizione dell'area di interesse	8
3. CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE	9
3.1. Schema stratigrafico e parametri geotecnici dei sedimenti.....	9
4. PERICOLOSITA' GEOLOGICA	10
4.1. Fattori di pericolosità legati all'azione della gravità	10
4.1.1. Interferenze con il Piano Assetto Idrogeologico (P.A.I.).....	10
4.2. Fattori di pericolosità legati alla dinamica fluviale	10
4.3. Vulnerabilità degli acquiferi	10
5. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE	11
5.1. Classificazione sismica	11
5.2. Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche	11
5.2.1. Categoria di sottosuolo di fondazione	11
5.2.2. Condizioni topografiche.....	12
5.3. Pericolosità sismica di base	13
5.3.1. Accelerazione massima attesa in superficie	14
5.4. Valutazione del potenziale di liquefazione	15
6. VULNERABILITA' AMBIENTALE.....	16
7. RISCHIO GEOLOGICO.....	16
8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	17
Figura 1.1: Carta Tecnica Regionale, scala 1:10000.....	4
Tavola 1: Carta geologica, scala 1:10000	18
Tavola 2: Carta geomorfologica, scala 1:10000	19
Tavola 3: Carta idrogeologica, scala 1:10000	20
Tavola 4: Carta delle pericolosità geologiche, scala 1:10000.....	21
Appendice 1: Diagramma prova penetrometrica dinamica.....	22
Appendice 2: Indagine sismica passiva a stazione singola HVSR	23

1. PREMESSA

Su incarico conferito da Eredi Bargnesi, Bargnesi Fabio e Campanelli Annalisa, è stata eseguita la presente indagine a carattere geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico, ad integrazione della Relazione R026.11 del 28.04.2011, come richiesto dalla Provincia di Pesaro e Urbino – Servizio Urbanistica – Pianificazione Territoriale . V.I.A. – V.A.S. – Aree Protette nella comunicazione Prot. n. 72811 su di un'area, sita nel comune di Fano (PU), ove è previsto il *Piano di Recupero in variante al Piano Particolareggiato del centro storico di un fabbricato sito in via Garibaldi n. 115-117.*

Il fabbricato in esame è situato sul margine del centro storico di Fano, in via Garibaldi n. 115-117, a circa 30 m dall'incrocio con Viale Antonio Gramsci; altimetricamente è posto ad una quota di circa 13 m s.l.m. e, in base alla Carta Tecnica Regionale, in scala 1:10000, ricade nella sezione 269130 "Fano".

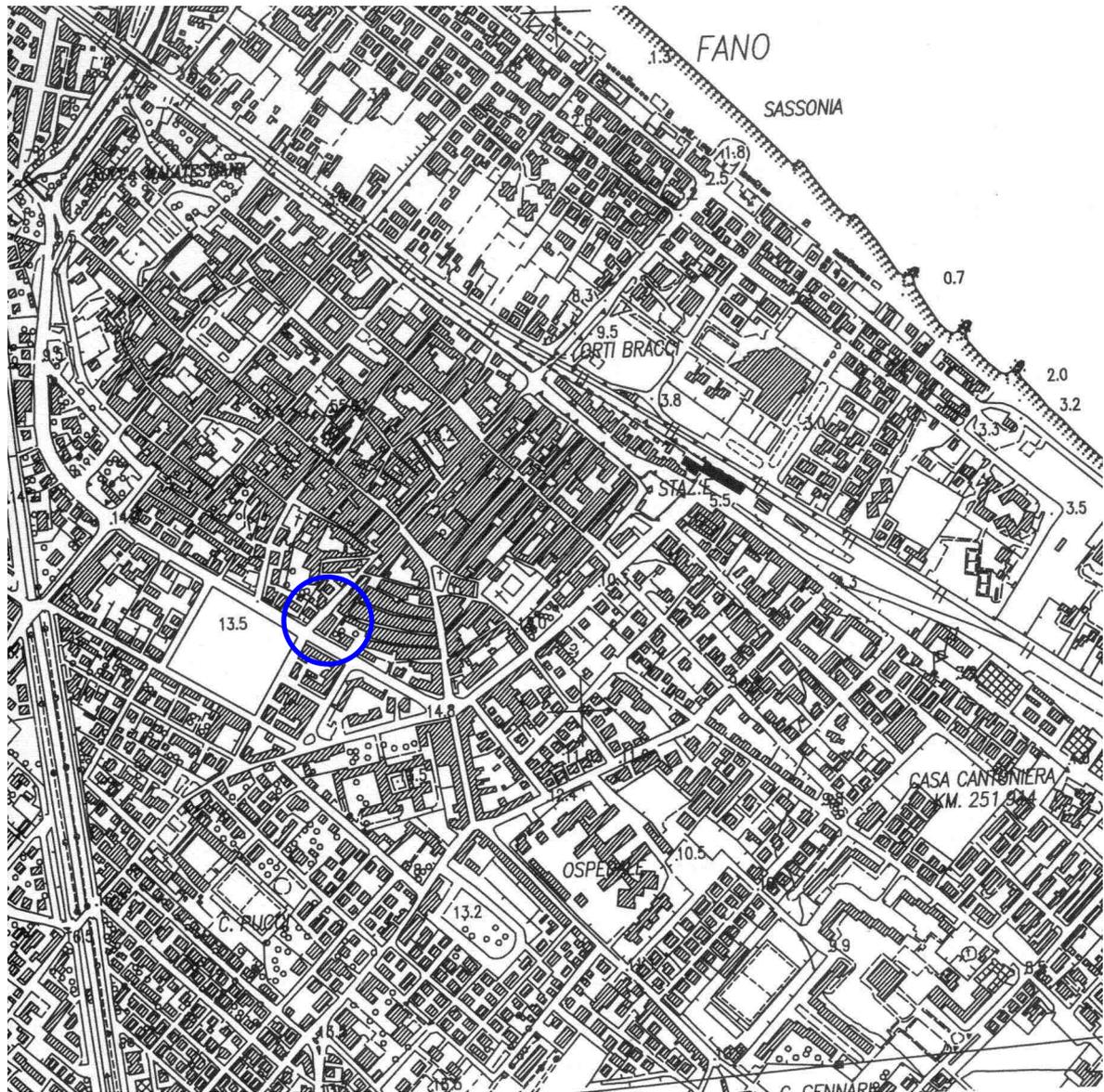
Scopo del presente studio è stato la ricostruzione dei principali caratteri geologici, geomorfologici, idrogeologici e sismici dell'area di interesse, al fine di giungere alla delimitazione delle zone a maggiore pericolosità geologica ed alla individuazione della vocazionalità dell'area alla edificazione.

Lo studio è stato sviluppato mediante il seguente programma di indagine:

- rilevamento geologico e geomorfologico con l'ausilio, per la parte cronostratigrafica e per quella riguardante la tettonica, delle indicazioni riportate dalla Cartografia Ufficiale⁽¹⁾;
- valutazione delle interferenze con il Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico per i bacini di rilievo regionale (P.A.I.);
- ricostruzione della stratigrafia locale sulla base dell'esecuzione di n. 1 prova penetrometrica dinamica continua (DPSH);
- esecuzione di n. 1 prova sismica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) per la determinazione della velocità di propagazione delle onde di taglio $V_{s,30}$
- realizzazione della cartografia di base (Carta geologica e Carta geomorfologica), in scala 1:10000;
- realizzazione delle carte derivate (Carta idrogeologica), in scala 1:10000;
- realizzazione della cartografia di sintesi (Carta delle pericolosità geologiche), in scala 1:10000;
- ricostruzione della stratigrafia locale sulla base dei dati di indagini eseguite in aree limitrofe;
- definizione della vocazionalità ai fini edificatori dell'area interessata dal piano di recupero;
- stesura della relazione finale.

⁽¹⁾ Carta Geologica d'Italia in scala 1:100000, F° 110 "Senigallia", a cura del Servizio Geologico d'Italia.

Figura 1.1: Carta Tecnica Regionale, scala 1:10000



Sezione 269130 "Fano"



1.1. Normativa di riferimento

1.1.1. Normativa Tecnica Nazionale

- **Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici, n. 3797** (Pres. Cons. Superiore - Servizio Tecnico Centrale, 6 novembre 1967)
Istruzioni per il progetto, esecuzione e collaudo delle fondazioni
- **Circolare del Ministro dei LL.PP. n. 218/24/3 del 9/1/1996**
Legge 2 febbraio 1974, n. 64. Decreto del Ministro dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988. Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica.
- **Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 6/6/2001** (e successive modifiche ed integrazioni)
Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274** (e successive modifiche ed integrazioni)
Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica.
- **Decreto Legislativo 3 aprile 2006 n. 152**
Norme in materia ambientale.
- **Decreto ministeriale (infrastrutture) del 14 gennaio 2008**
Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni.
- **Circolare del Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti n. 617 del 02 febbraio 2009**
Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.
- **Decreto Legislativo 29 giugno 2010, n.128**
Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, a norma dell'articolo 12 della legge 18 giugno 2009, n. 69

1.1.2. Normativa Tecnica della Regione Marche

- **Legge Regionale del 3 novembre 1984 n. 33**
Norme per le costruzioni in zone sismiche nella Regione Marche.
- **Delibera del Consiglio Regionale n° 197 del 03 novembre 1989**
Approvazione del Piano Paesistico Ambientale Regionale (PPAR) - Legge 431 dell'08.08.1985 e Legge Regionale n°26 del 08.06.1987
- **Circolare n. 12 del 31 luglio 1990**
Varianti urbanistiche parziali ai sensi dell'art. 1, quinto comma, della legge 3 gennaio 1978, n. 1, e disposizioni di cui agli artt. 60, 63 bis e 63 ter delle N.T.A. del P.P.A.R. indicazione della procedura da seguire e della documentazione da trasmettere.
- **Circolare n. 14 del 28 agosto del 1990**
Indirizzi e criteri per l'effettuazione di indagini geologiche in sede di adeguamento degli strumenti urbanistici al PPAR (Art. 9 - sottosistema geologico-geomorfologico) ed alla legge regionale n.33/84.
- **Circolare n. 15 del 28 agosto del 1990**
Relazione Tecnico-illustrativa Circolare ex L.R. 33/84 artt. 10/11.
- **Circolare n. 17 del 18 settembre del 1990**
Definizione e perimetrazione delle aree caratterizzate dalla presenza di emergenze geologiche e geomorfologiche - art. 64 punto h delle Norme Tecniche di attuazione del Piano Paesistico Ambientale Regionale concernente le discipline complementari del Piano.
- **Legge Regionale 5 agosto 1992, n. 34**
Norme in materia Urbanistica, Paesaggistica e di assetto del territorio.
- **Deliberazione della G.R. n. 1287 ME/URB del 19/05/97**
L.R. 5 agosto 1992, n. 34 (Norme in materia Urbanistica, Paesaggistica e di assetto del Territorio) - Piano Paesistico Ambientale Regionale - Delibera C.R. n. 197 del 3 novembre 1989 - Documento di orientamento agli enti locali in materia di pianificazione urbanistica - Linee guida per la redazione degli strumenti urbanistici generali comunali e per il loro adeguamento al P.P.A.R..
- **Deliberazione del Consiglio Regionale n. 116 del 21/01/2004**
Approvazione del Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico per i bacini di rilievo regionale (PAI). Articolo 11 della L.R. 25 maggio 1999 n. 13.
- **Deliberazione della Giunta Regionale n. 136 del 17 febbraio 2004**
Art. 6, comma 7, dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 23 gennaio 2004, n. 3333. Modifica alla D.G.R. n. 1046 del 29 luglio 2003 contenente "Indirizzi generali per la prima applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003. Individuazione e formazione dell'elenco delle zone sismiche nella Regione Marche".

2. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOMORFOLOGICHE E SISMICHE

2.1. Inquadramento geologico e geomorfologico

L'abitato di Fano si sviluppa in gran parte su un terrazzi alluvionali del III e IV ordine del fiume Metauro in continuità stratigrafica con i terrazzi marini omologhi rinvenibili lungo la fascia costiera (cronologicamente riferibili *Pleistocene medio e superiore*).

Le alluvioni terrazzate (I-IV ordine) si sono deposte durante i periodi glaciali, che hanno interessato la penisola italiana nel Pleistocene e nell'Olocene, e successivamente sono state incise dal corso fluviale a seguito delle variazioni climatiche e/o dei sollevamenti tettonici.

In particolare col sopraggiungere delle condizioni di clima freddo si produceva una drastica diminuzione della copertura vegetale lungo i versanti, con conseguente erosione dei suoli; i processi di disgregazione del substrato roccioso davano origine ad enormi quantità di detriti che, portati ai sistemi di drenaggio, sovraccaricavano le correnti fluviali esaurendone l'energia e favorendo ovunque i processi di sedimentazione alluvionale.

Al mutare delle condizioni ambientali verso climi temperati, si aveva il ripopolamento vegetale dei versanti ed i depositi alluvionali venivano reincisi dalle acque fluviali, sempre meno cariche di detriti e dalle aumentate capacità erosive.

Una genesi differente deve essere attribuita al livello terrazzato più basso (IV ordine); i clasti di questo deposito sono stati messi in posto soprattutto come conseguenza degli estesi disboscamenti effettuati in epoca storica, mentre la loro incisione si è verificata in tempi molto recenti a seguito delle attività antropiche che hanno rallentato l'apporto detritico dai versanti o hanno interrotto il transito dei materiali lungo l'alveo (formazione di bacini artificiali, escavazione di inerti dai letti fluviali, ecc.).

Nello specifico, i terrazzi alluvionali e marini del III ordine, che si rinvergono ad una quota di circa 10÷15 m sul livello del mare, presentano una buona estensione areale con uno spessore dei depositi attorno ad una ventina di metri; il deposito è costituito in prevalenza da ghiaia fine e grossa, di natura calcareo-marnosa, in matrice limoso-sabbiosa variamente abbondante; al tetto del deposito è presente un orizzonte (di circa 5÷6 m di spessore) costituito da sedimenti argilloso-limoso-sabbiosi sovraconsolidati.

I terrazzi alluvionali ed i depositi litorali del IV ordine si rinvergono ad una quota di circa 3÷5 m sul livello del mare e rappresentano una fascia (di alcune centinaia di metri di larghezza) parallela alla linea di costa con uno spessore dei depositi valutato attorno ad una decina di metri; il deposito è costituito in prevalenza da ghiaia fina e grossa (con frequenti elementi ciottolosi), di natura calcareo-marnosa, con rare intercalazioni lentiformi di sedimenti limoso-sabbiosi ed argilloso-limosi.

Nella zona a ridosso della costa è presente una stretta fascia di depositi litorali recenti ed attuali, posti a quote non superiori a 2 m s.l.m., costituiti da sabbia e ghiaia (anche grossolana) variamente prevalenti, con scarsa matrice limosa.

La coltre alluvionale ed i depositi litorali poggiano su un substrato, costituito da sedimenti di origine marina, rappresentati da argille siltoso-marnose di colore grigio-azzurro passanti ed intercalate a sabbie ed arenarie debolmente cementate che, in base alla cartografia ufficiale, sono cronologicamente riferibili al *Pliocene inferiore* e si inquadrano, nel contesto geologico regionale nei depositi dell'Avanfossa Periadriatica (Bacino Marchigiano Esterno).

2.2. Idrografia superficiale

Per quanto riguarda il reticolo idrografico della parte di territorio in esame, il corso d'acqua principale è rappresentato dal canale del porto che taglia, in direzione NE-SO, il margine settentrionale dell'area di studio.

In relazione alla distanza (700 m) ed al dislivello (circa 10 m) con l'area interessata dal piano di recupero si possono escludere interferenze da parte del corso d'acqua; pertanto il fattore idrologico principale è rappresentato dall'azione delle acque meteoriche che si può manifestare con limitati fenomeni di ristagno idrico favoriti dall'andamento morfologico locale pianeggiante e dalla presenza, in superficie, di sedimenti scarsamente permeabili.

2.3. Caratteri idrogeologici

Nella ricostruzione dello schema idrogeologico della parte di territorio comunale in esame, è stata prevista una suddivisione delle varie unità litologiche in base a un diverso grado di permeabilità dei sedimenti, desunto dai dati bibliografici in possesso (si veda Tavola 3 - Carta Idrogeologica).

In particolare sono state individuate n. 2 classi di permeabilità: terreni a permeabilità variabile e terreni a permeabilità elevata.

Nei terreni a **permeabilità variabile** sono stati classificati i depositi alluvionali terrazzati del III ordine del fiume Metauro e gli omologhi depositi litoranei, caratterizzati da una variabilità granulometrica anche su brevi spazi, sia arealmente che in profondità: ne conseguono caratteristiche idrogeologiche molto variabili.

Con terreni a **permeabilità elevata** sono stati individuati i depositi litorali ghiaioso-sabbiosi recenti ed attuali ed i depositi alluvionali terrazzati del fiume Metauro e gli omologhi depositi litoranei del IV ordine ove la matrice, in genere di natura limoso-sabbiosa, è scarsa o assente.

2.3.1. Superficie piezometrica

Nel corso dell'indagine geognostica non è stata intercettata la superficie piezometrica della falda; sulla base dei dati geognostici di indagini seguite in aree limitrofe risulta la presenza di una falda freatica ad una profondità di circa 10÷12 m dal p.c. locale, poco al di sopra del livello del mare.

2.4. Descrizione dell'area di interesse

L'area interessata dal piano di recupero si trova sul margine sud-occidentale del centro storico, in una zona completamente urbanizzata, e presenta un andamento morfologico pianeggiante riconducibile ad un lembo di terrazzo alluvionale del III ordine del fiume Metauro.

In relazione a tale andamento morfologico locale ed all'assenza, nelle vicinanze, di terreni con significativi valori di acclività, l'area interessata piano di recupero presenta sicuri caratteri di stabilità e non esistono i presupposti per l'insorgere di fenomeni gravitativi anche a seguito dei lavori di urbanizzazione.

3. CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE

In relazione al modesto rilievo dell'intervento in progetto, in rapporto alla stabilità globale dell'insieme opera-terreno (D.M. 14 febbraio 2008 Paragrafo 6.2.2. "Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica"), la ricostruzione litostratigrafica è stata basata sull'esecuzione, all'interno del locale al piano terra, nel periodo di Ottobre 2011, di n. 1 prova penetrometrica dinamica continua (DPSH), con penetrometro pesante tipo Emilia (peso maglio 63,5 kg ed altezza di caduta 75 cm), spinta sino alla profondità di 5.0 m dal p.c. locale, profondità alla quale si raggiungevano i massimi valori di penetrazione (rifiuto).

3.1. Schema stratigrafico e parametri geotecnici dei sedimenti

Nel complesso, al di sotto di un orizzonte superficiale di terreno di riporto (spessore di 0.8 m) l'area risulta essere caratterizzata dalla presenza di una coltre di origine alluvionale, di spessore (stimato) superiore ad una decina di metri, costituita da sedimenti limoso-argillosi in superficie (primi 3 m) e ghiaioso-sabbiosi, in profondità.

Strato 1. (dal p.c. fino a 0.8 m di profondità)

Terreno di riporto limoso-sabbioso, con frammenti di laterizi sparsi.

- Peso di volume, $\gamma = 19.0$ kN/m³
- Indice N₂₀, = 9÷18 colpi/20cm

Strato 2. (da 0.8 m fino a 3.4 m di profondità)

Limo argilloso e limo sabbioso, molto consistente, con interstrati sabbioso-limosi di spessore decimetrico [coltre alluvionale].

- Peso di volume, $\gamma = 19.5$ kN/m³
- Indice N₂₀, = 6÷15 colpi/20cm
- Resistenza al taglio non drenata, $c_u = 150\div 200$ kN/m²
- Angolo di resistenza al taglio, $\varphi' = 22\div 27$ °
- Coesione intercetta, $c' = 5\div 10$ kN/m²
- Modulo di deformazione, $M = 7\div 14$ MPa

Strato 3. (da 3.4 m di profondità in poi)

Sabbia limosa e/o ghiaia sabbiosa, molto addensata [coltre alluvionale].

- Peso di volume, $\gamma = 19.0$ kN/m³
- Indice N₂₀, = 22÷rifiuto colpi/20cm
- Densità relativa, $D_r \geq 70$ %
- Angolo di resistenza al taglio, $\varphi' = 35\div 45$ °
- Modulo di deformazione, $M = 40\div 80$ MPa

4. PERICOLOSITA' GEOLOGICA

Sulla base dell'analisi dei dati scaturiti dal rilievo geologico, geomorfologico ed idrogeologico della parte di territorio comunale interessata dal piano di recupero in progetto, si è proceduto alla redazione della *Carta delle pericolosità geologiche* (si veda Tavola 4).

Scopo della Carta delle pericolosità geologiche è quello di individuare eventuali problematiche a carattere geologico, geomorfologico ed idrogeologico nelle aree interessate dal Piano di Recupero.

4.1. Fattori di pericolosità legati all'azione della gravità

Nell'area di studio non sono stati rilevati fattori di pericolosità legati all'azione della gravità.

4.1.1. Interferenze con il Piano Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

In base alla "Carta del Rischio Idrogeologico", in scala 1:10000, allegata al P.A.I. (Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico per i bacini di rilievo regionale) il sito, ricadente nella Tavola RI 7c, si trova al di fuori delle aree perimetrate a rischio.

4.2. Fattori di pericolosità legati alla dinamica fluviale

Nell'area di studio non sono stati rilevati fattori di pericolosità legati alla dinamica fluviale.

4.3. Vulnerabilità degli acquiferi

Nelle alluvioni terrazzate del III ordine del fiume Metauro e negli omologhi depositi litoranei, in relazione alla generale elevata variabilità della permeabilità dei corpi alluvionali ed alla presenza di un orizzonte superficiale (dello spessore di alcuni metri) di sedimenti fini limoso-argillosi, poco permeabili, si può escludere che interventi edificatori possano modificare le attuali condizioni delle falde freatiche, purché vengano realizzati a regola d'arte, secondo le Normative vigenti.

Potenziata vulnerabilità dell'acquifero si potrà avere nei terrazzi alluvionali del IV ordine del fiume Metauro e depositi litoranei omologhi oltre che nei depositi di spiaggia attuali e recenti, essendo ridotto o assente l'orizzonte superficiale limoso-argilloso, scarsamente permeabile.

5. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

In data 23 ottobre 2005 è entrata l'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 mentre il 06.03.2008 è entrato in vigore il D.M. 14.01.2008.

5.1. Classificazione sismica

In base alla ripartizione nei livelli base del rischio sismico (in cui è stata suddivisa la Regione Marche) riportata nelle Circolari della Regione Marche n. 14 e n. 15 del 28.08.90 (BUR n. 120 del 24.09.90) il comune di Fano è incluso nel *Livello B a rischio medio*.

Sulla base delle tabelle allegate alle Circolari della Regione Marche n. 14 e n. 15 del 28.08.90 non sono state individuate delle tipologie di situazioni locali a maggior pericolosità sismica.

Nella classificazione sismica dei comuni italiani di cui all'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 (Allegato 1 – Allegato A) il comune di Fano viene classificato come Zona 2.

5.2. Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, in assenza della valutazione dell'effetto della risposta sismica locale sulla base di analisi specifiche è possibile fare riferimento ad una metodologia semplificata basata sulle categorie di sottosuolo di riferimento (Tabella 3.2.II del D.M. 14/01/2008) e sulle categorie topografiche (Tabella 3.2.IV del D.M. 14/01/2008).

5.2.1. Categoria di sottosuolo di fondazione

Ad integrazione dell'indagine geognostica la ditta INTERGEO – Servizi Geologici, ha eseguito, nel periodo di Settembre 2011, una prova HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) per la determinazione della velocità di propagazione delle onde di taglio $V_{s,30}$ come suggerito dalla vigente normativa tecnica e dalle "Linee guida preliminari relative alla applicazione delle D.M. Infrastrutture 14.01.2008" dell'Ordine dei Geologi delle Marche/Federazione Ingegneri Marche.

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,30}$ definita dall'espressione:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ [m/s]}$$

è risultata essere pari a $V_{s,30} = 284 \div 300$ m/s.

La metodologia di prova, i risultati e l'interpretazione della prova HVSr sono riportati nell'Appendice 2.

Tabella 5.1: Categorie di sottosuolo (Tabella 3.2.II D.M. 14.01.2008)

Categoria	Descrizione
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>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
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>

Sulla base della velocità $V_{s,30} = 284\pm 300$ m/s. determinata nel corso della prova HVSR, il profilo stratigrafico del suolo di fondazione delle opere in progetto ricade nella **categoria C**.

5.2.2. Condizioni topografiche

In relazione all'andamento morfologico praticamente pianeggiante del lotto, con riferimento alla Tabella 5.2, è possibile classificare il sito di interesse come **categoria T1**.

Tabella 5.2: Categorie topografiche (Tabella 3.2.IV e Tabella 3.2.VI D.M. 14.01.2008)

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	---	1.0
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

5.3. Pericolosità sismica di base

Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) D.M. 14.01.2008 introducono il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

La “pericolosità sismica di base”, nel seguito chiamata semplicemente pericolosità sismica, costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell’intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV, <http://esse1.mi.ingv.it/>).

Le NTC introducono il concetto di nodo di riferimento di un reticolo composto da 10751 punti in cui è stato suddiviso l’intero territorio italiano. Le stesse NTC forniscono, per ciascun nodo del *reticolo di riferimento* e per ciascuno dei periodi di ritorno T_r considerati dalla *pericolosità sismica*, tre parametri:

a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno (espressa in g/10);

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Da un punto di vista normativo, pertanto, la pericolosità sismica di un sito non è sintetizzata più dall’unico parametro (a_g), ma dipende dalla posizione rispetto ai nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame (Tabella A1 delle NTC), dalla Vita Nominale e dalla Classe d’Uso dell’opera. I punti del reticolo di riferimento riportati nella Tabella A1 delle NTC hanno un passo di circa 10 km e sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine.

La rappresentazione grafica dello studio di pericolosità sismica di base dell’INGV, da cui è stata tratta la Tabella A1 delle NTC, è caratterizzata da una mappa di pericolosità Sismica del Territorio Nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo rigido (in g) in funzione della probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento considerato.

Nella Tabella 5.3 seguente, per i vari stati limite, sono indicati i valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^* , calcolati come media dei valori dei nodi della griglia di riferimento, estrapolati dalla Tabella A1 delle NTC per Vita Nominale (V_N) 50 anni e Classe d’Uso II.

Tabella 5.3: Parametri spettrali: Classe d'Uso II - $V_N = 50$ anni

Coordinate del sito WGS84:				
Latitudine 43.841109° Longitudine 13.017684°				
Stato limite	T_R (anni)	a_g	F_o	T_c^*
SLO	30	0.047	2.433	0.275
SLD	50	0.061	2.582	0.276
SLV	475	0.184	2.469	0.296
SLC	975	0.240	2.509	0.309

5.3.1. Accelerazione massima attesa in superficie

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale è possibile valutare l'accelerazione massima attesa al sito mediante la relazione:

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad \text{in cui:}$$

S_S = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione stratigrafica

S_T = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione topografica

a_g = accelerazione orizzontale massima sul suolo di categoria A,

Tabella 5.4: Espressioni di S_S (estratte da Tabella 3.2.V D.M. 14.01.2008)

Categoria sottosuolo	S_S
A	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot a_g / g \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot a_g / g \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot a_g / g \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot a_g / g \leq 1,60$

Nel caso in esame potrà essere assunto:

V_N 50 anni - Classe d'Uso II
Stato limite SLV e $T_R = 475$ anni (Paragrafo 7.1 D.M. 14.01.2008):
$S_S = 1.43$ Categoria sottosuolo C
$S_T = 1.0$ Categoria topografica T1
$a_g = 0.184 \cdot g$

Sulla base dei dati sopra riportati risulta pertanto che:

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g = 1.43 \times 1.0 \times 0.184 \approx 0.263 \cdot g$$

5.4. Valutazione del potenziale di liquefazione

Col termine di liquefazione si intende generalmente la perdita di resistenza dei terreni saturi, sotto sollecitazioni di taglio cicliche o monotoniche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso. Ciò avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento e quindi allorché gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero. Questi fenomeni si verificano soprattutto nelle sabbie fini e nei limi saturi di densità da media a bassa e a granulometria piuttosto uniforme, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa.

La stratigrafia dell'immediato sottosuolo dell'area del piano di recupero mostra la presenza di una coltre di origine alluvionale prevalentemente limoso-argillosa, molto consistente e/o ghiaioso-limosa, addensata, con superficie piezometrica all'interno del corpo ghiaioso-sabbioso.

Le caratteristiche stratigrafiche dei terreni presenti nell'area permettono pertanto di escludere l'instaurarsi di fenomeni di alterazione locale (liquefazione) delle caratteristiche di resistenza al taglio dei terreni in concomitanza di eventi sismici.

6. VULNERABILITA' AMBIENTALE

In relazione ai parametri geomorfologici, stratigrafici e geotecnici dei terreni costituenti l'area interessata dal piano di recupero, è possibile che la stessa non sia soggetta a condizioni di vulnerabilità ambientale.

Per quanto riguarda la possibile vulnerabilità degli acquiferi va sottolineato che nell'area di interesse ed in quelle limitrofe, in relazione alla natura prevalentemente limoso-argillosa e/o limoso-sabbiosa della parte superficiale della coltre alluvionale si può escludere che gli interventi edificatori in progetto possano modificare le attuali condizioni della falda freatica.

7. RISCHIO GEOLOGICO

Per quanto riguarda il rischio geologico, tenendo presente le considerazioni esposte nei capitoli precedenti, si può evidenziare che le interazioni tra l'ambiente naturale e le opere di progetto, purché ben dimensionate, non appaiono tali da inficiare concretamente l'insieme morfologico e geoambientale e quindi la fattibilità del progetto medesimo.

Allo scopo di consentire un adeguato e positivo inserimento delle opere da realizzare nel contesto geologico e geomorfologico dell'area il più possibile omogeneo e non lesivo delle attuali condizioni geoambientali, si ritiene comunque opportuno segnalare alcune indicazioni tecniche:

- regimare opportunamente tutte le acque di corrivazione e di scolo del fabbricato;
- eseguire uno studio puntuale prima di procedere alla realizzazione dell'intervento edificatorio, in modo da stabilire le modalità esecutive, la tipologia di fondazione, la stabilità locale dei fronti di scavo, le opere accessorie e rendere minima l'influenza dei sovraccarichi sul terreno e sulle abitazioni limitrofe.

8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'elaborazione e la sintesi finale dei dati esposti nei precedenti paragrafi, ricavati in conformità ai contenuti, agli obiettivi ed alle metodologie di indagine individuate nel D.M. del 14.01.2008 e nelle circolari regionali n. 14 e 15 del 28.08.90 (BUR n. 120 del 24.09.90), ha consentito di definire come **fattibile** il *Piano di Recupero in variante al Piano Particolareggiato del centro storico di un fabbricato sito in via Garibaldi n. 115-117*, oggetto del presente studio.

Sulla base dei dati ottenuti nel corso dello studio è stato infine possibile definire la differente vocazionalità ai fini dell'edificazione o dell'urbanizzazione in genere.

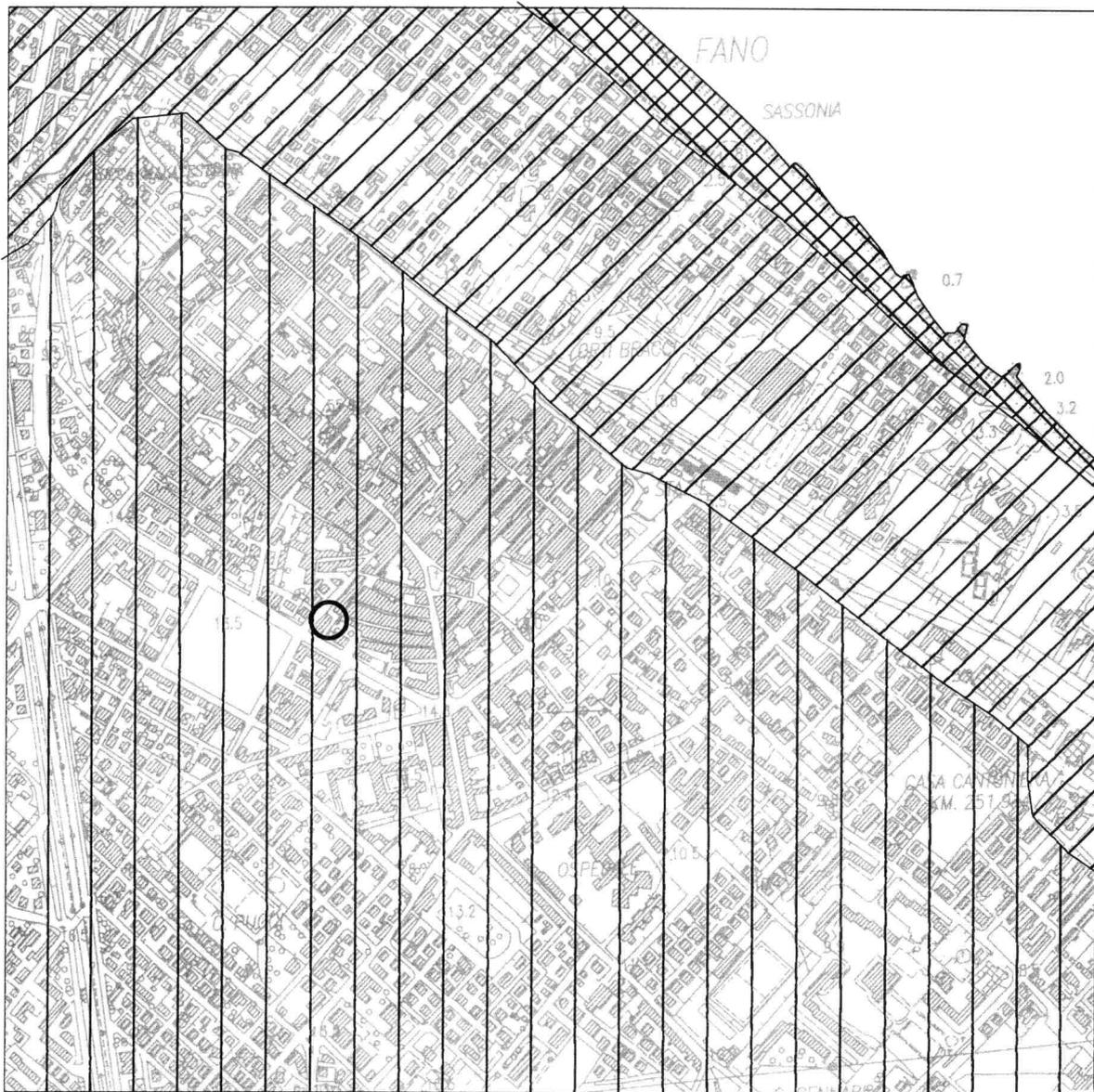
Nello specifico l'area di interesse è caratterizzata da un'unica classe di penalità: **penalità bassa**.

L'individuazione a **penalità bassa** di tutta l'area è derivata dall'andamento morfologico pianeggiante, dall'assenza (nelle vicinanze) di terreni con significativi valori di acclività, e dalla mancanza di interferenze con i principali corsi d'acqua (canale del porto); l'edificazione pertanto potrà avvenire senza particolari prescrizioni, ad esclusione della regimazione delle acque di corrivazione e di quelle provenienti dal fabbricato; nella realizzazione delle strutture, in genere, potranno essere adottate soluzioni fondazionali dirette.

Occorre infine ribadire il carattere generale della presente relazione che non può essere utilizzata, se non a titolo di riferimento di base, per la realizzazione delle future opere, le quali dovranno comunque essere precedute da una specifica e puntuale indagine geognostica.



Tavola 1: Carta geologica, scala 1:10000



Depositi di spiaggia attuali e recenti



Alluvioni e depositi litoranei del III ordine

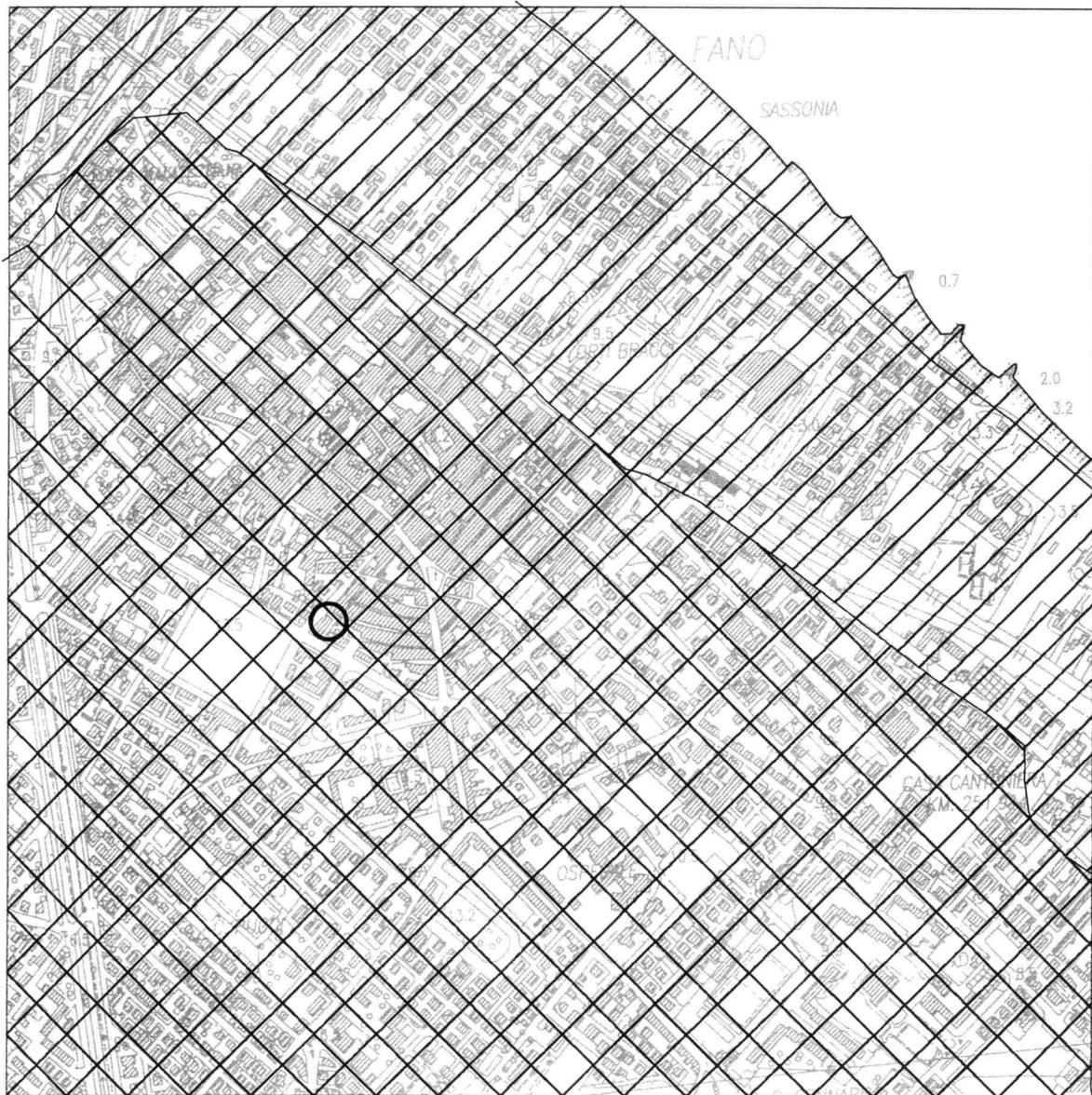


Alluvioni e depositi litoranei del IV ordine



Area di indagine

Tavola 3: Carta idrogeologica, scala 1:10000



Permeabilità variabile

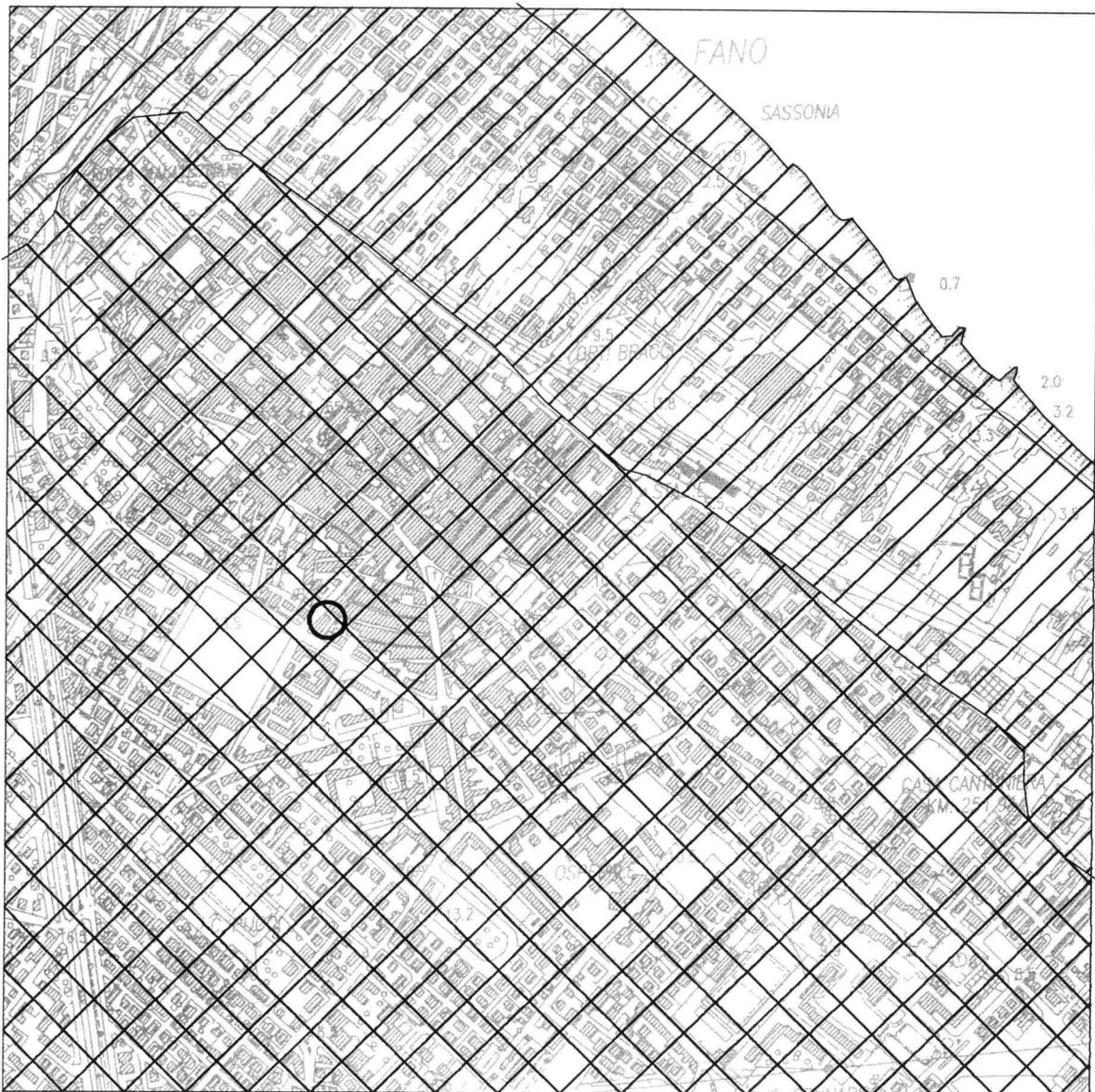


Area di indagine



Permeabilità elevata

Tavola 4: Carta delle pericolosità geologiche, scala 1:10000



Vulnerabilità acquifero medio-bassa

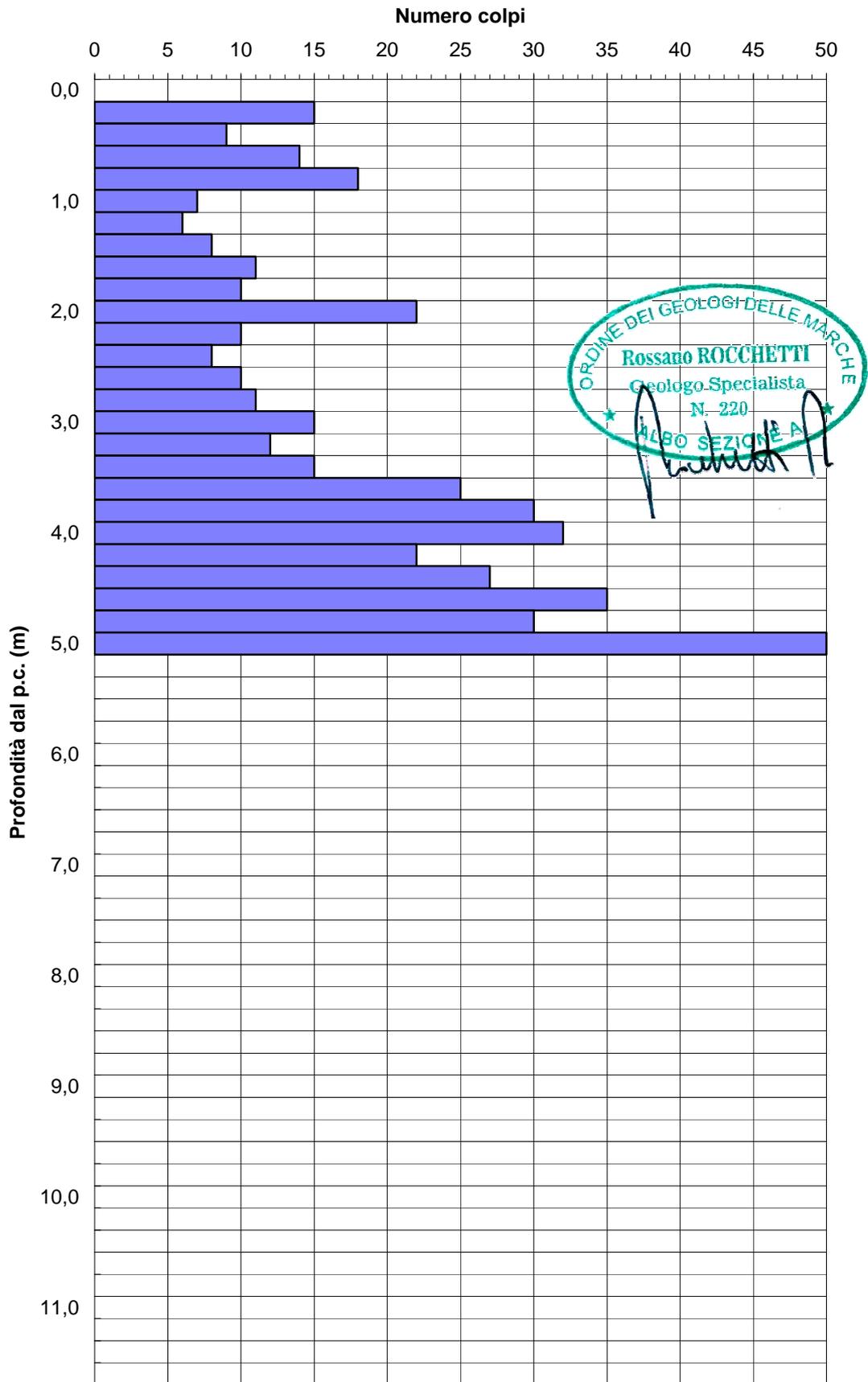


Area di indagine



Vulnerabilità acquifero elevata

Appendice 1: Diagramma prova penetrometrica dinamica



Appendice 2: Indagine sismica passiva a stazione singola HVSR

Premessa

Il giorno 19/10/2011 a Fano (PU) - Via Garibaldi 117 è stata eseguita un'indagine sismica passiva a stazione singola al fine di stimare il profilo della velocità delle onde di taglio (V_s) per fornire la categoria di suolo di fondazione, secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (2008), ex DM 14/09/2005:

Strumentazione utilizzata e modalità esecutive

La misura di microtremore ambientale è stata effettuata per mezzo di un registratore sismico mostrato in figura 1.



Fig. 1

Il registratore è composto da una terna di velocimetri, i quali trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore.

Lo strumento è stato posizionato correttamente (tramite bolla sferica e piedini regolabili) sul terreno; inizia l'acquisizione dei microtremori: i modi di vibrare del terreno vengono amplificati, convertiti in forma digitale, organizzati e salvati su una memoria digitale. Successivamente i dati vengono trasferiti nel PC dove, mediante il codice di calcolo Grilla appositamente sviluppato, vengono analizzati ed elaborati come mostrato in seguito.

Procedura di analisi dati per stazione singola H/V

Dall'elaborazione della registrazione del rumore sismico ambientale, è stata ricavata la curva H/V (HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO) (Pag. 4).

Il grafico H/V TIME HISTORY (Pag. 4) mostra le “finestre temporali” analizzate per l'elaborazione della curva H/V e permette di individuare eventuali finestre di disturbo all'interno di una registrazione.

Il grafico DIRECTIONAL H/V (Pag. 4) rappresenta la proiezione del HVSR lungo le diverse direzioni, da 0° a 180° in senso orario, dove 0° rappresenta la direzione del Nord segnato sullo strumento (da 180° a 360° i risultati sono simmetrici). Questo permette di vedere se una componente orizzontale prevale sull'altra: cioè se la media HVSR riceve più il contributo da parte di un componente orizzontale.

In seguito, il grafico SINGLE COMPONENT SPECTRA (Pag. 5), mostra l'andamento delle singole componenti nelle tre direzioni (N-S_E-O_Verticale).

In base alle conoscenze stratigrafiche, utilizzando la curva H/V, è stato possibile realizzare su di essa un modello sintetico di Vs (EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V) (Pag. 5) seguendo inoltre le linee guida Sesame, 2005 (Pag. 6).

Infine viene calcolata la velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m di terreno ai sensi di legge (Norme Tecniche per le Costruzioni 2008, ex DM 14/09/2005) con la seguente formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

dove h_i e V_{s_i} sono spessori e velocità dei singoli strati.

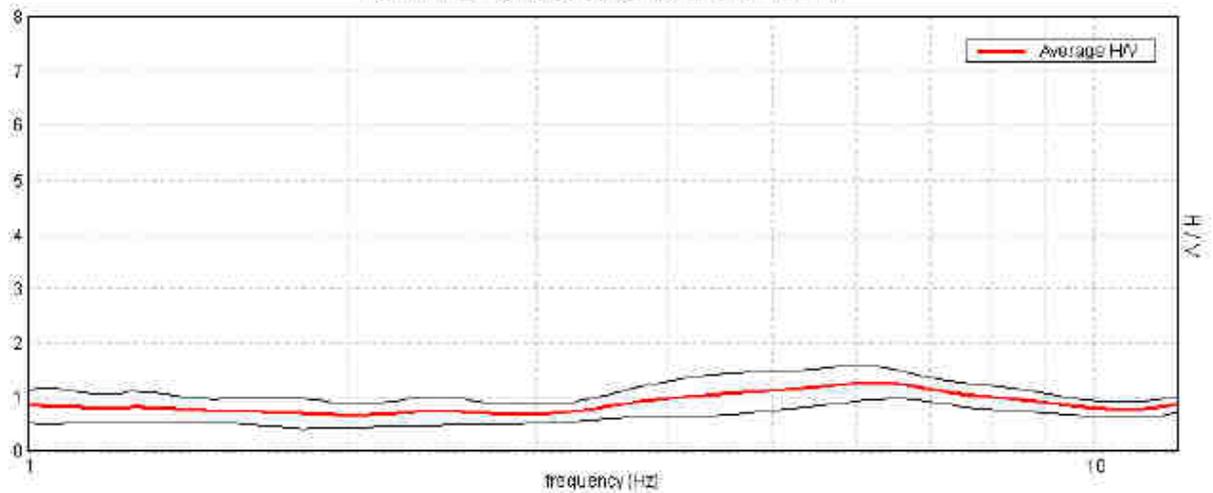
FANO (PU) - VIA GARIBALDI 117

Inizio registrazione: 19/10/11 12:19:53 Fine registrazione: 19/10/11 12:39:54
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
Dato GPS: 43.841102 - 13.017482

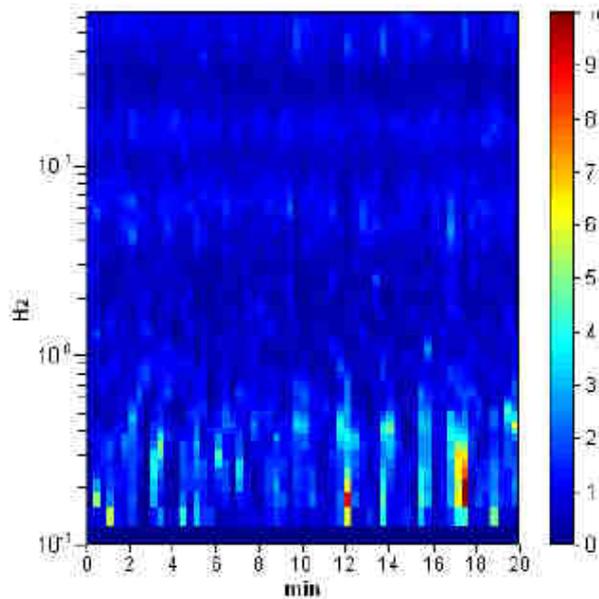
Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di liscio: Triangular window
Liscio: 15%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

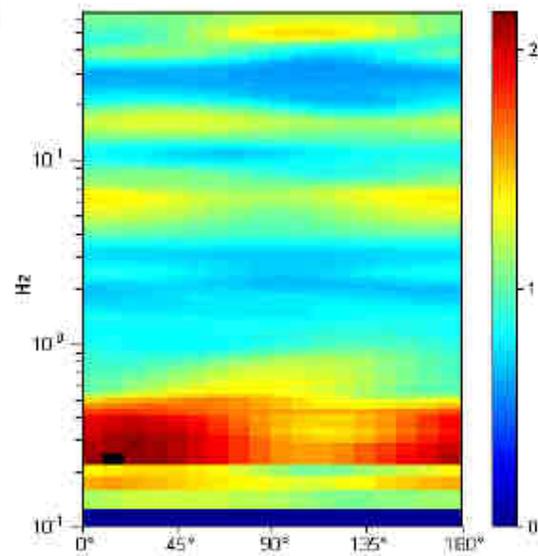
Picco H/V a 6.25 ± 0.02 Hz (nell'intervallo 1.0 - 10.0 Hz)



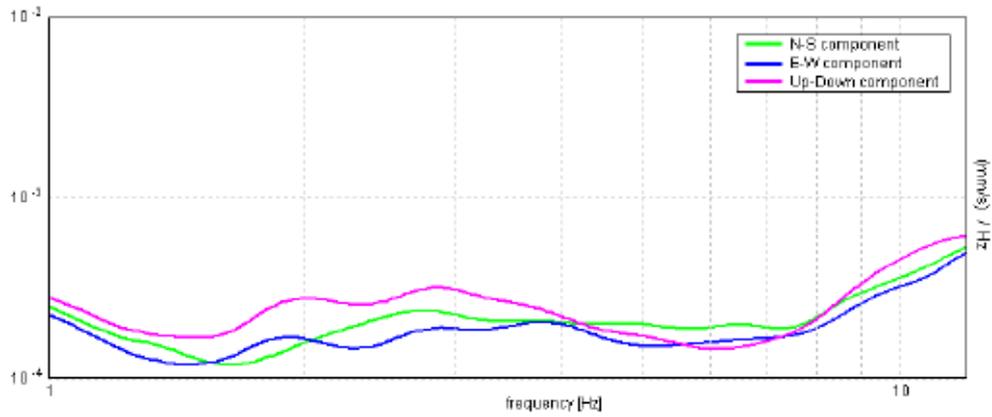
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V

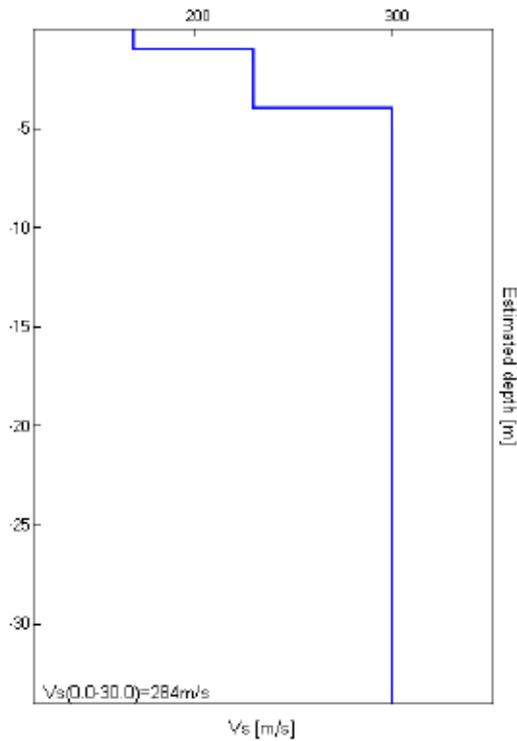
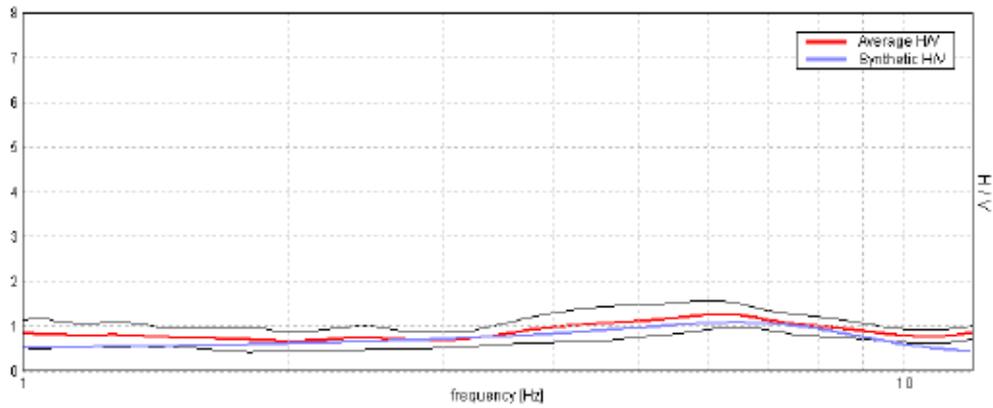


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a 6.25 ± 0.02 Hz (nell'intervallo 1.0 - 10.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
1.00	1.00	170
4.00	3.00	230
inf.	inf.	300

$V_s(0.0-30.0)=284\text{m/s}$

Picco H/V a 6.25 ± 0.02 Hz (nell'intervallo 1.0 - 10.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	6.25 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	7500.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 301	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.319 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	7.005 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.26 > 2		NO
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00198 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.01236 < 0.3125	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1507 < 1.58	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

According to the Sesame, 2005 guidelines.

Con la determinazione delle onde di taglio V_s i terreni indagati vengono inseriti in una delle seguenti categorie di sottosuolo (N.T.C. 2008_Tabella 3.2.II e Tabella 3.2.III):

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

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Dall'analisi dell'indagine si può affermare che il sito è caratterizzato dalle seguenti velocità delle onde di taglio (V_{s30}) :

profondità di calcolo	V_{s30} m/sec.	Categoria di suolo
0,00-30,00mt.	284	C
1,00-31,00mt.	291	C
2,00-32,00mt.	294	C
3,00-33,00mt.	297	C
4,00-34,00mt.	300	C