

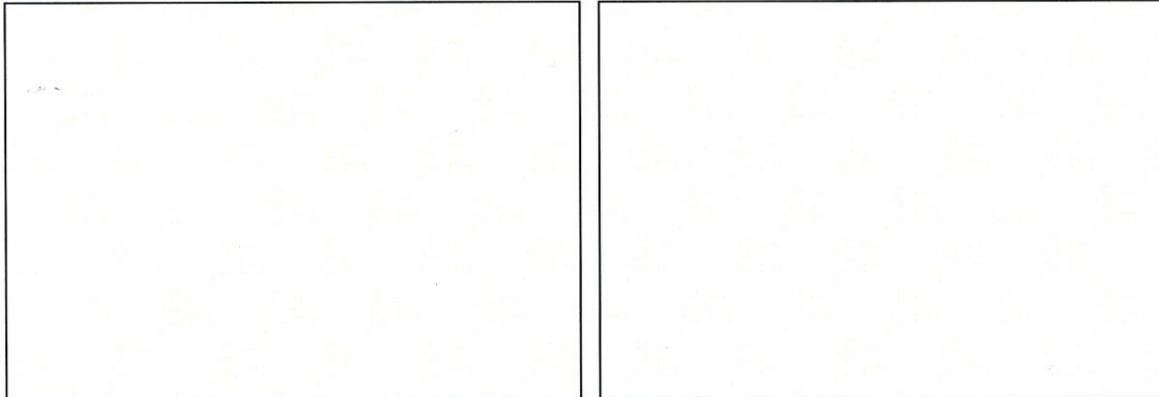
REGIONE MARCHE

PROVINCIA DI MACERATA

COMUNE DI RECANATI

COMMITTENTE: POMPOZZI ALBERINA

**PROGETTO DI LOTTIZZAZIONE RESIDENZIALE –
FRAZIONE MONTEFIORE – VIA FLAMINI**



PROGETTO

TAVOLA:	ELABORATO TECNICO	PIANO DI LOTTIZZAZIONE
SCALA: //	ELABORATO: STUDIO GEOLOGICO E SISMICO	
DATA: GIUGNO 2013		

IL PROGETTISTA:
DOTT. GEOL. PRIMO FALCIONI

IL COMMITTENTE:
POMPOZZI ALBERINA



IL PROJECT MANAGER:
DOTT. GEOL. PAOLO BASTIANI

AGG.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	PROGETTATO	VERIFICATO	ACQUISITO	APPROVATO
3				S.A.G.I.	S.A.G.I.	S.A.G.I.	S.A.G.I.
2				S.A.G.I.	S.A.G.I.	S.A.G.I.	S.A.G.I.
1				S.A.G.I.	S.A.G.I.	S.A.G.I.	S.A.G.I.
0				S.A.G.I.	S.A.G.I.	S.A.G.I.	S.A.G.I.

PERCORSO FILE: SERVER/LAVORO GENERALE/2013/41_13_25 C.C.

COMUNE DI RECANATI

Progetto di lottizzazione residenziale – Frazione Montefiore – Via Flamini

INDICE:

1. <i>PREMESSA</i>	2
2. <i>UBICAZIONE</i>	4
3. <i>INQUADRAMENTO GENERALE</i>	7
3.1 <i>GEOLOGIA</i>	7
3.2 <i>GEOMORFOLOGIA</i>	7
3.3 <i>IDROGEOLOGIA</i>	7
4. <i>INDAGINI GEOGNOSTICHE</i>	9
4.1 <i>STRATIGRAFIA</i>	9
4.2 <i>UNITA' LITOTECNICHE</i>	9
5. <i>VALUTAZIONI SISMICHE</i>	10
5.1 <i>CATEGORIE DI SOTTOSUOLO</i>	10
5.2 <i>CONDIZIONI TOPOGRAFICHE</i>	11
5.3 <i>VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA</i>	12
5.4 <i>PARAMETRI SISMICI</i>	13
6. <i>VALUTAZIONI CONCLUSIVE</i>	15

**ELABORATO TECNICO
STUDIO GEOLOGICO E SISMICO**

1. PREMESSA

Il seguente studio geologico viene redatto per il progetto di lottizzazione residenziale – Frazione Montefiore – Via Flamini.

Il lavoro svolto intende fornire le peculiarità geologiche, e nello specifico i dati relativi la successione litostratigrafia, la caratterizzazione idrogeologica tipica dei luoghi, la parametrizzazione geotecnica del terreno e la caratterizzazione sismica dell'area.

Le analisi in questione vengono svolte specificatamente tenendo conto delle aree di zonizzazione con particolare attenzione ai lotti edificabili che prevedono un'interazione certamente più significativa nel contesto geologico e morfologico dell'area. A tal proposito si analizza la stabilità dell'area nelle modalità richieste nella nuova normativa sismica NTC 2008 in condizioni statiche e pseudo statiche in relazione alla sismicità del sito.

I risultati ottenuti consentiranno al progettista di indirizzarsi verso quella che sarà la migliore scelta progettuale compatibilmente con le caratteristiche dei terreni presenti e con l'assetto geomorfologico dell'area esaminata.

Per tale scopo, il presente studio è stato articolato nel seguente modo:

- rilevamento di campagna;
- acquisizione dati esistenti;
- caratterizzazione stratigrafica;
- caratterizzazione sismica;
- valutazione sulla fattibilità geologica dell'opera.

NORMATIVE DI RIFERIMENTO

D.M. LL.PP. del 11/03/1988

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 e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

D.M. LL.PP. del 14/02/1992

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi

D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

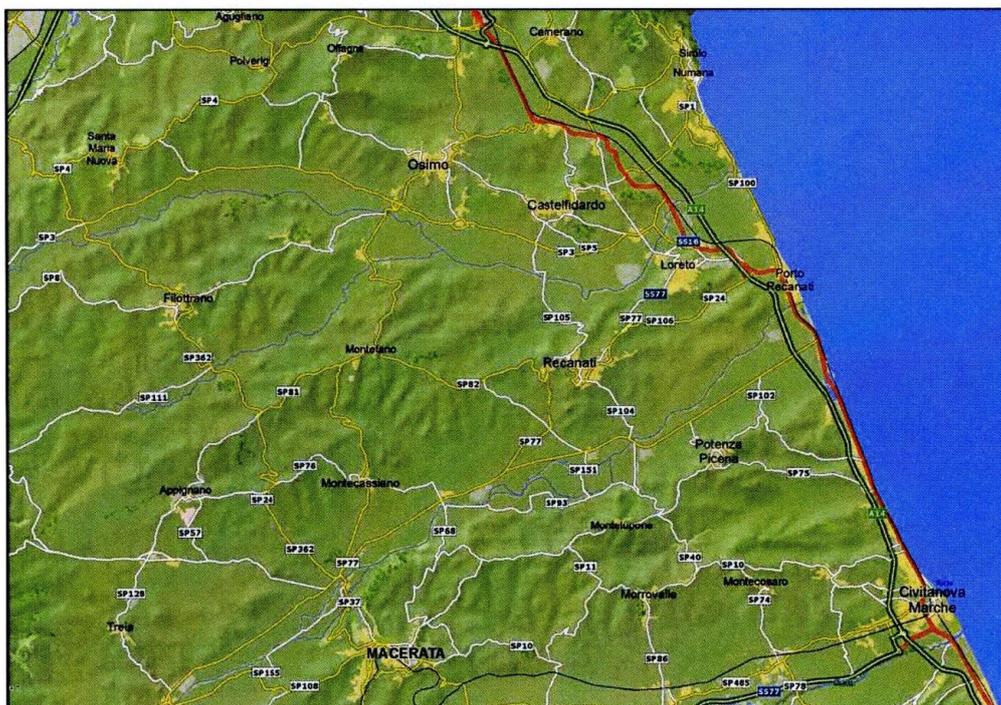
D.M. 14 Gennaio 2008

Norme Tecniche per le Costruzioni (G.U. n°29 del 04/02/08 suppl. ord. n°30)

2. UBICAZIONE

Il territorio in cui si colloca la lottizzazione, ricade nel Comune di Recanati, in Provincia di Macerata, all'estremo Ovest del territorio comunale, nella frazione di Montefiore, su di una collina adiacente il castello.

L'area di proprietà della Sig.ra Pompozzi Alberina si trova nella frazione di Montefiore collegata alla città tramite la S.P. n. 82 (Montefano-Recanati) che attraversando il territorio Ovest congiunge la città alla S.P. 361 e quindi al comune di Montefano (Ufficio del Territorio di Macerata, particelle 303 e 402 del foglio 31).



STRALCIO PLANIMETRIA CATASTALE

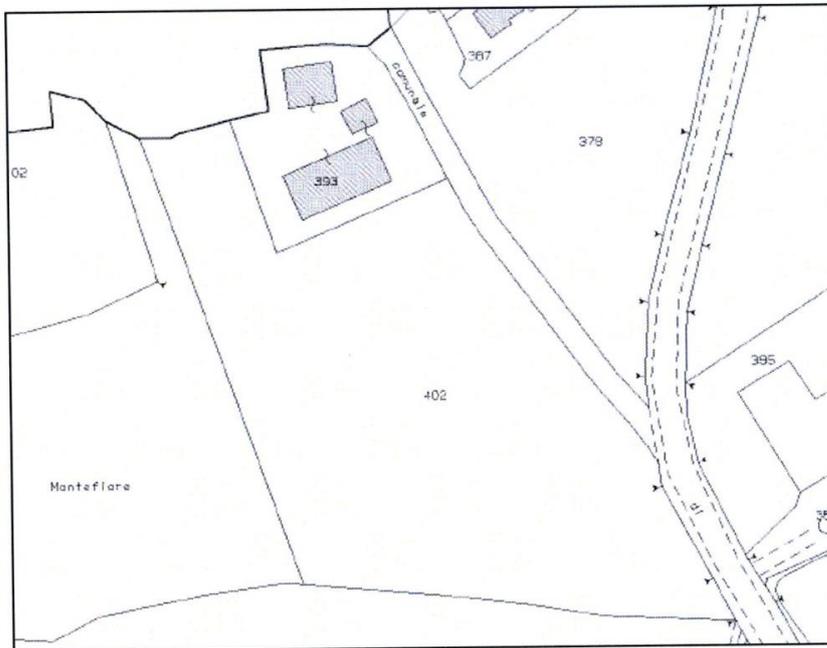
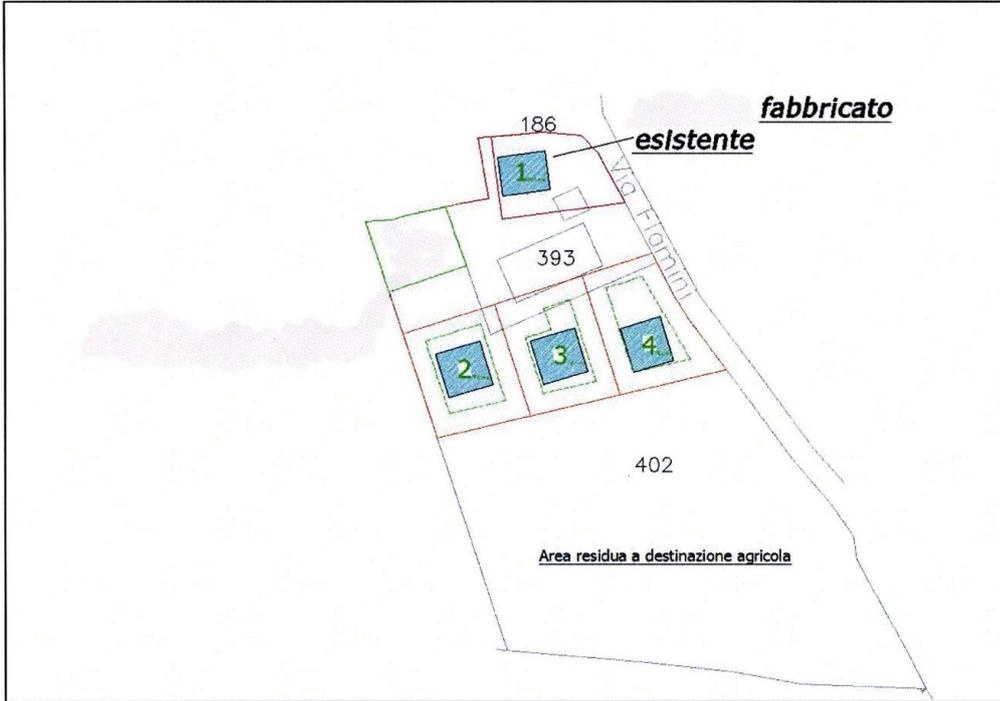


FOTO DA SATELLITE



LOTTIZZAZIONE



3. INQUADRAMENTO GENERALE

3.1 GEOLOGIA

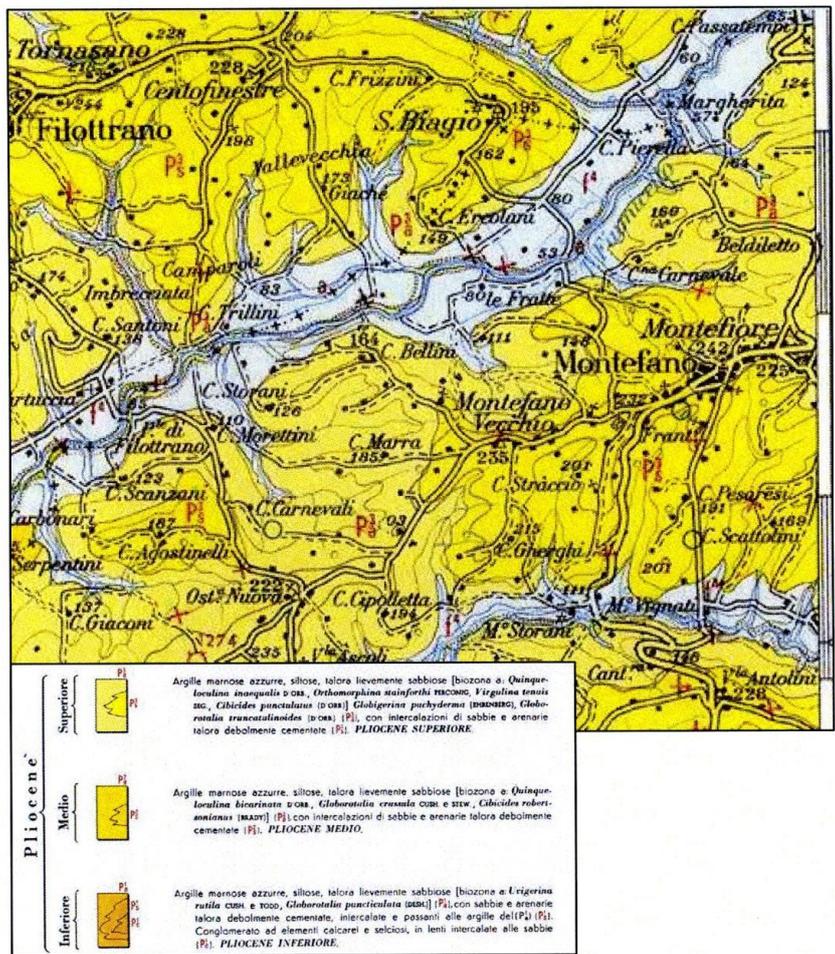
Geologicamente il territorio inquadrato appartiene al “Bacino Marchigiano Esterno” e si sviluppa su sedimenti di facies marina costituiti di limo argilloso alternato da livelli di limo sabbioso mediamente addensato. Al di sopra del substrato geologico si trovano ancora limi argillosi e argille limose inglobanti elementi organici e frammenti di laterizio a testimonianza della presenza di una vecchia fornace.

3.2 GEOMORFOLOGIA

L'area interessata è posta ad una quota compresa tra 201 e 225 m slm, lungo la parte alta del versante sud orientale di una dorsale collinare di direzione locale SSW-NNE.

3.3 IDROGEOLOGIA

Di fatto non sono presenti falde importanti ma soltanto sottili strati sabbiosi e/o limosi dove scorre una irrilevante quantità d'acqua, dovuta solamente agli effetti drenanti del terreno superficiale. Insomma non ci troviamo in prossimità di falde il cui livello piezometrico possa incidere sull'intervento in essere, perché la nuova costruzione non interesserà gli strati sabbiosi contenenti acqua.



4. INDAGINI GEOGNOSTICHE

4.1 STRATIGRAFIA

I dati in nostro possesso, relativi a zone limitrofe, hanno permesso di definire le caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo, indagato fino alla profondità 13.00m dal piano campagna.

Di seguito si riporta la descrizione litologica del terreno investigato.

<i>Da 0.00m a 5.00m</i>	<i>coltre colluviale di natura limoso argillosa con presenza di sabbie e a volte ghiaie;</i>
<i>da 5.00m a 10.00m</i>	<i>coltre eluviale e formazione alterata;</i>
<i>da 10.00 in poi</i>	<i>formazione consistente</i>

4.2 UNITA' LITOTECNICHE

UNITA' A (da 0.00m a 5.00m)

$\gamma_{nat} = 1.8 \text{ t/m}^3$ (peso dell'unità di volume naturale)

$Cu = 0.8 \text{ Kg/cm}^2$ (coesione non drenata)

$Eed = 50 \text{ Kg/cm}^2$ (modulo edometrico)

UNITA' B (da 5.00m a 10.00)

$\gamma_{nat} = 1.9 \text{ t/m}^3$ (peso dell'unità di volume naturale)

$Cu = 1.3 \text{ Kg/cm}^2$ (coesione non drenata)

$Eed = 200 \text{ Kg/cm}^2$ (modulo edometrico)

UNITA' C (da 10.00m in poi)

$\gamma_{nat} = 2.1 \text{ t/m}^3$ (peso dell'unità di volume naturale)

$Cu = 2.5 \text{ Kg/cm}^2$ (coesione non drenata)

$Eed = 400 \text{ Kg/cm}^2$ (modulo edometrico)

Per una valutazione precisa ed in sicurezza dell'interazione struttura terreno si consiglia di realizzare prove geognostiche all'interno di ogni lotto che verrà realizzato.

5. VALUTAZIONI SISMICHE

Le azioni sismiche di progetto devono essere valutate previa conoscenza della "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g e di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR.

In alternativa è possibile applicare l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Ai fini della nuova normativa tecnica per le costruzioni (marzo 2008), le forme spettrali sono definite per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- o a_g accelerazione orizzontale massima;
- o F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- o T^*C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
 - **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
 - **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

5.1 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario

valutare l'effetto della risposta sismica locale tenendo conto della tipologia e caratterizzazione geotecnica dei terreni esistenti in sito. Nel nostro caso specifico si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento riportate nelle tabelle di seguito allegate, tab. 3.2.II e 3.2.III.

Tabella 3.2.II (Norme Tecniche Costruzioni 2008) – Categorie di sottosuolo

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).

In aggiunta a queste categorie se ne definiscono altre due per le quali sono richiesti studi speciali allo scopo di meglio caratterizzare l'azione sismica. Queste ulteriori categorie sono di seguito riportate in tabella.

Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo

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.

5.2 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione così come descritta in tabella 3.2.IV.

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

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

Le categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

5.3 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

L'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali ed una verticale, da considerare tra di loro indipendenti.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta o dalle due componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico.

La componente che descrive il moto verticale è caratterizzata dal suo spettro di risposta o dalla componente accelerometrica verticale.

In mancanza di documentata informazione specifica, in via semplificata l'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie possono essere determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali. La componente accelerometrica verticale può essere correlata alle componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico.

*Attraverso la conoscenza dei parametri sismici a_g , F_0 , T^*C e delle caratteristiche topografiche e geotecniche del suolo, è possibile definire l'azione sismica di progetto seguendo la procedura di calcolo dettata dalle nuove norme tecniche per le costruzioni (NTC 2008). Per quel che riguarda il presente capitolo, compatibilmente con le competenze di settore, vengono forniti i seguenti parametri sismici da utilizzare per la definizione delle forme spettrali (spettri elastici e spettri di progetto).*

5.4 PARAMETRI SISMICI

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Muro rigido: 0

Sito in esame.

latitudine: 43,413025
 longitudine: 13,451786
 Classe: 2
 Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 21644 Lat: 43,4349Lon: 13,4212	Distanza: 3470,758
Sito 2	ID: 21645 Lat: 43,4350Lon: 13,4900	Distanza: 3934,876
Sito 3	ID: 21867 Lat: 43,3850Lon: 13,4900	Distanza: 4390,643
Sito 4	ID: 21866 Lat: 43,3849Lon: 13,4212	Distanza: 3981,709

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T1
 Periodo di riferimento: 50anni
 Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
 Tr: 30 [anni]
 ag: 0,051 g
 Fo: 2,408
 Tc*: 0,279 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
 Tr: 50 [anni]
 ag: 0,065 g
 Fo: 2,480
 Tc*: 0,286 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
 Tr: 475 [anni]
 ag: 0,183 g
 Fo: 2,474
 Tc*: 0,311 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
 Tr: 975 [anni]
 ag: 0,240 g
 Fo: 2,504
 Tc*: 0,320 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss: 1,500
Cc: 1,600
St: 1,000
Kh: 0,015
Kv: 0,008
Amax: 0,745
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
Cc: 1,590
St: 1,000
Kh: 0,019
Kv: 0,010
Amax: 0,951
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,430
Cc: 1,540
St: 1,000
Kh: 0,063
Kv: 0,031
Amax: 2,572
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,340
Cc: 1,530
St: 1,000
Kh: 0,090
Kv: 0,045
Amax: 3,154
Beta: 0,280

6. VALUTAZIONI CONCLUSIVE

L'area interessata dalla lottizzazione in progetto è situata all'estrema periferia Ovest del territorio del Comune di Recanati, lungo il versante che si affaccia verso la bassa valle del fiume Musone. La zona è già ampiamente edificata e l'appezzamento sul quale dovrebbe insistere è prospiciente la strada comunale "Via Flamini" che percorre ed attraversa la frazione di Montefiore dall'incrocio con la strada Provinciale "Montefano-Recanati" e con la strada Provinciale 361 "Settempedana".

Dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrogeologico, il rilevamento di dettaglio effettuato sull'area di interesse, non ha evidenziato situazioni critiche che possano interferire con gli interventi di previsione. L'acqua non è presente alle profondità investigate se non all'interno delle frazioni sabbiose, pertanto le opere non interagiscono con il sistema idrogeologico locale. E' comunque importante prevedere idonei sistemi di smaltimento fognario adeguatamente dimensionati in relazione alle superficie delle aree impermeabilizzate. E' importante inoltre che tali sistemi, sia delle acque bianche, sia delle acque nere, siano perfettamente impermeabili onde evitare interazione con la falda freatica. Per quanto riguarda l'aspetto sismico, sono state realizzate due prove una di tipo MASW e una di tipo TROMINO.

Attraverso suddette prove è stato possibile definire la tipologia di suolo in base al Vs 30 secondo la *Tabella 3.2.II (Norme Tecniche Costruzioni 2008) – Categorie di sottosuolo*. La risposta ottenuta al passaggio delle onde sismiche è stata di un **Vs 30 pari a 357m/sec**, quindi tra un terreno di tipo "C" (*depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT,30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu,30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina).*

Dal punto di vista topografico, l'area appartiene alla tipologia "T1", quindi superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con pendenza media $i < uguale 15^\circ$. I valori di ag , $F0$ e T^*C per i diversi periodi di ritorno Tr sono quelli riportati in tabella nel capitolo 7 a cui si rimanda per la consultazione.

Le opere in progetto sono state considerate appartenenti al tipo di costruzione 2 – quindi tra quelle di tipo ordinario con vita nominale **Vn = 50 anni**. La classe d'uso è la **II Cu = 1**, quindi affollamento normale, assenza di funzioni pubbliche e sociali. Nel calcolo d'interazione tra singola struttura e terreno, il progettista fornirà la Vn e Cu per ciascun edificio in progetto.

Tabella riassuntiva

Categoria di sottosuolo	Categoria topografica	Classe d'uso	Vita nominale	Vs 30
C	T1	II	50 anni	357 m/s

DOTT. GEOL. PRIMO FALCIONI



Di seguito si allegano i report sismici completi delle prove MASW e TROMINO.



INDAGINE GEOFISICA

PASSIVA A STAZIONE SINGOLA HVSR E MASW
(HORIZONTAL VERTICAL SPECTRAL RATIO)
(MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES)

Comune di Recanati (MC)

Oggetto: risultati di indagine geofisica tipo HVSR nel territorio
comunale di Recanati, località Montefiore Via Flamini.

committente: Sig.ra Pompozzi Alberina

Dott. Geol. Primo Falcioni

2013



Sismica a rifrazione

MASW

Downhole

Tromino

Microtremori

REMI

Tomografia Elettrica

Geoelettrica

Termografia IR

Misure Inclinoetriche

Carotaggi geognostici

Monitoraggi strutturali
e ambientali

Analisi e consulenze
ambientali,
civili, archeologiche,
agronomiche
geologiche e geofisiche

GeA S.n.c.
INDAGINI GEOFISICHE

www.geasnc.it – info@geasnc.it
Tel/Fax 0736 344383
Via del Commercio, 3
63100 Ascoli Piceno
P.IVA/C.F. 01852210440
Reg.Imp.CCIAA 178609

DOTT. GEOL. ORESTE SCHIAVONI

04/07/2013





Figura 2 – ubicazione indagine Tromino e centro e direzione dello stendimento MASW realizzato.

METODOLOGIA D'INDAGINE SISMICA TIPO MASW

L'indagine geofisica tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) si basa sulla misurazione e sull'analisi delle onde di Rayleigh in un semispazio stratificato, al fine della definizione della VS30, secondo quanto previsto dal D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008.

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di n.24 sensori posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che si trasmettono con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione, cioè sono onde la cui velocità dipende dalla frequenza.

STRUMENTAZIONE

L'acquisizione è stata effettuata con apparecchiatura Pasi mod.16SG24 a 24 canali, con tempo di registrazione impostato in 4096 millisecondi ed un passo di campionamento impostato in 500 microsecondi.

I collegamenti elettrici sono stati realizzati con cavi con connettori NK2721C e Geofoni aventi una frequenza di 4,5 Hz, ancorati verticalmente al terreno ad una distanza tra loro di 2,00 metri.

ACQUISIZIONE DATI

La base sismica è costituita da 24 geofoni disposti ad intervalli di 2,00 metri per cui risulta lunga 51 metri compreso il punto di energizzazione.

La base sismica è stata disposta, su richiesta della committenza, nelle zone di maggiore interesse per le finalità del progetto ed in funzione della morfologia e degli ostacoli presenti.

Per l'acquisizione è stato effettuato un punto di energizzazione, posto a cinque metri (5m) dal primo geofono, mediante mazza di battuta di Kg 10 con starter, posto a cinque metri dal primo geofono.

ELABORAZIONE DATI

L'analisi MASW può essere ricondotta in quattro fasi:

- la prima fase prevede la trasformazione delle serie temporali nel dominio frequenza f – numero d'onda K .

- la seconda fase consiste nella individuazione delle coppie f-k cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (densità spettrale) che consentono di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel piano Vfase (m/sec) – frequenza (lentezza (s/m) – frequenza (Hz).
- la terza fase consiste nel calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, modificando opportunamente lo spessore h, la densità di massa p degli strati che costituiscono il modello del suolo, le velocità delle onde di taglio Vs e di compressione Vp.
- la quarta ed ultima fase consiste nella modifica della curva teorica, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo.

RISULTATO INDAGINE MASW

Elaborazione eseguita in data 19/06/2013 – Time 17.16 – Dataset: *mof01.DAT*; curva di dispersione considerata:

“2013.06.19_Montefano_Geol.Falcioni.cdp”

STRATO					
	N.1	N.2	N.3	N.4	N.5
Vs (m/s)	133	203	236	308	915
Standard Deviations (m/s)	15	19	11	19	23
Spessore (m)	1.7	2.6	4.3	7.8	-
Standard Deviations (m)	0.3	0.2	0.3	1.0	-

VALORI APPROSSIMATI per Vp, DENSITÀ e MODULI ELASTICI

STRATO	N.1	N.2	N.3	N.4	N.5
Spessore (m)	1.7	2.6	4.3	7.8	-
Density (gr/cm ³)	1.73	1.86	1.89	1.96	2.19
Shear modulus (MPa)	31	77	105	186	1831
Vp (m/s)	258	455	507	681	1732
Poisson	0.32	0.38	0.36	0.37	0.31
Bulk modulus (MPa)	74	283	345	661	4120
Young's modulus (MPa)	81	211	287	510	4785
Lamé (MPa)	54	232	275	537	2899

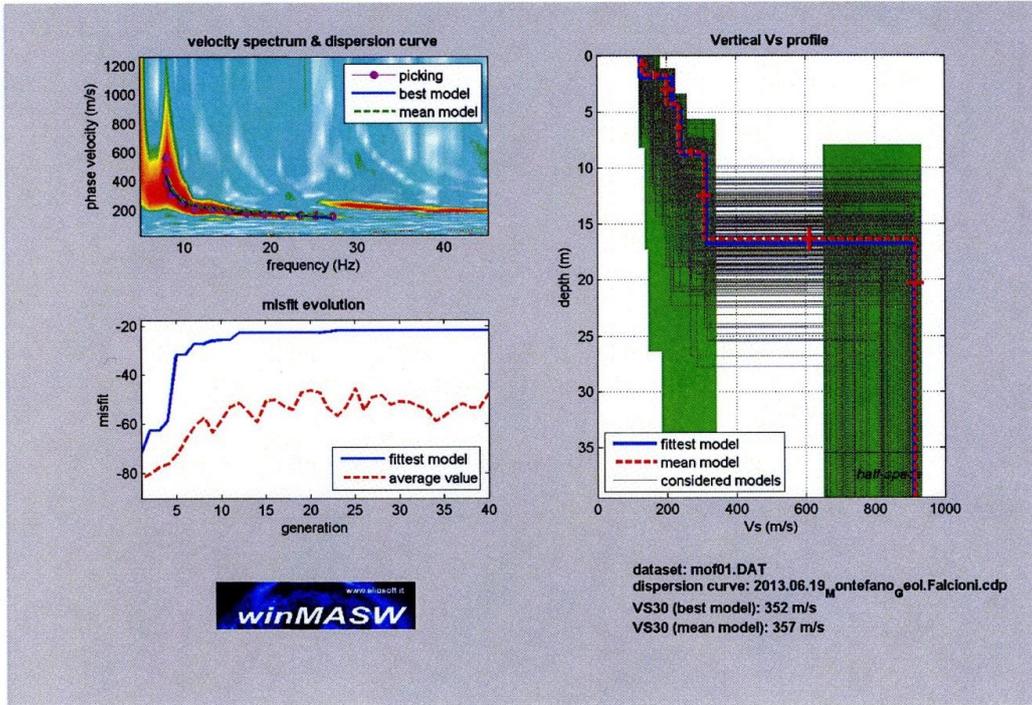
Vs₃₀, e SOIL TYPE

Vs ₃₀ (m/s):	357
Soil Type	C

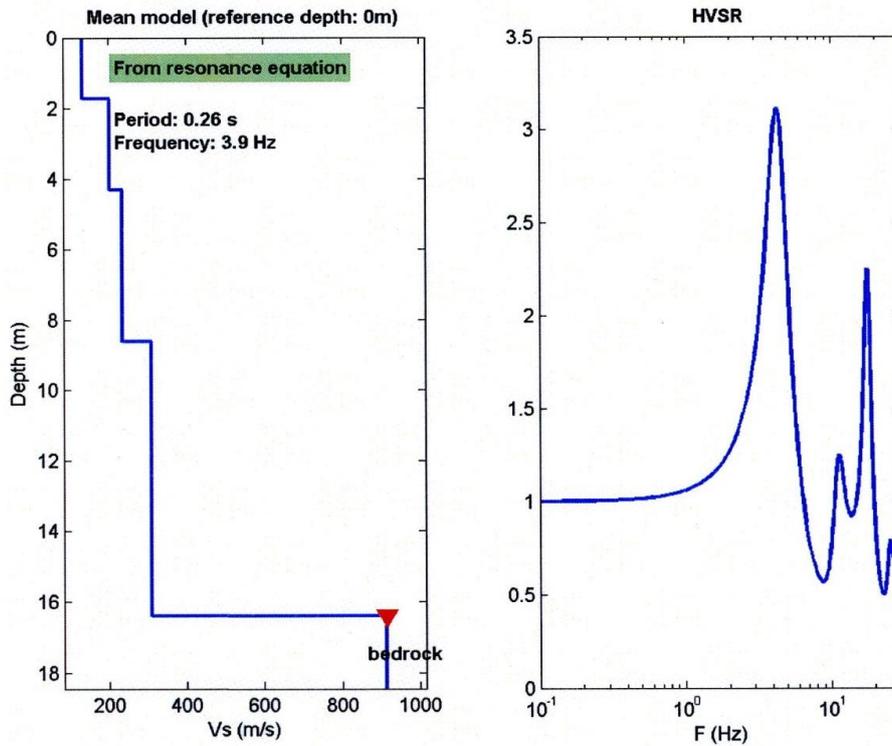


Foto 1 – vista dello stendimento MASW realizzato.

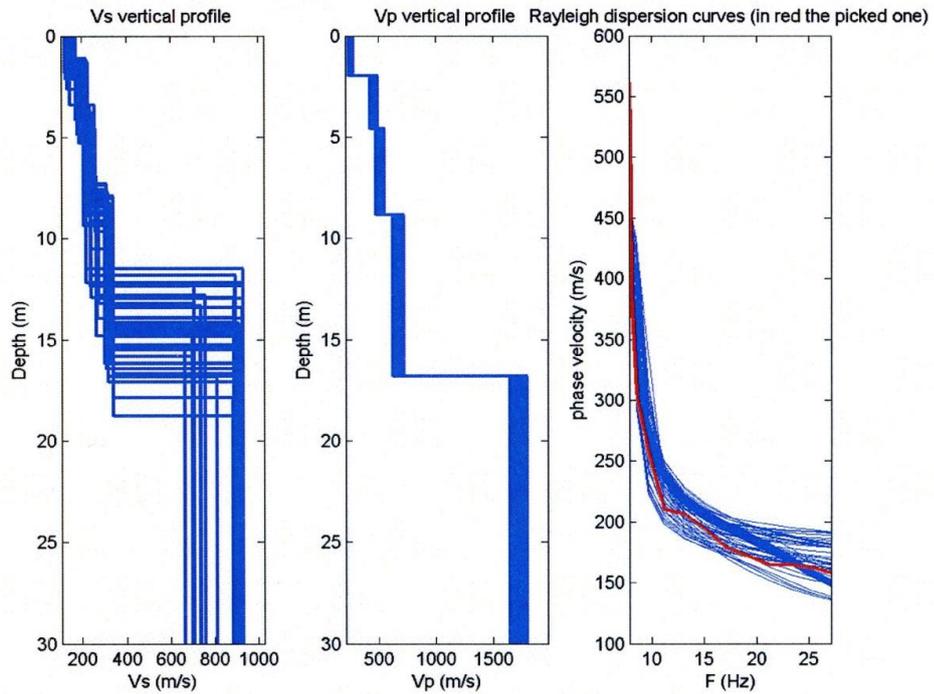
Curva di Dispersione, Profilo Verticale Vs



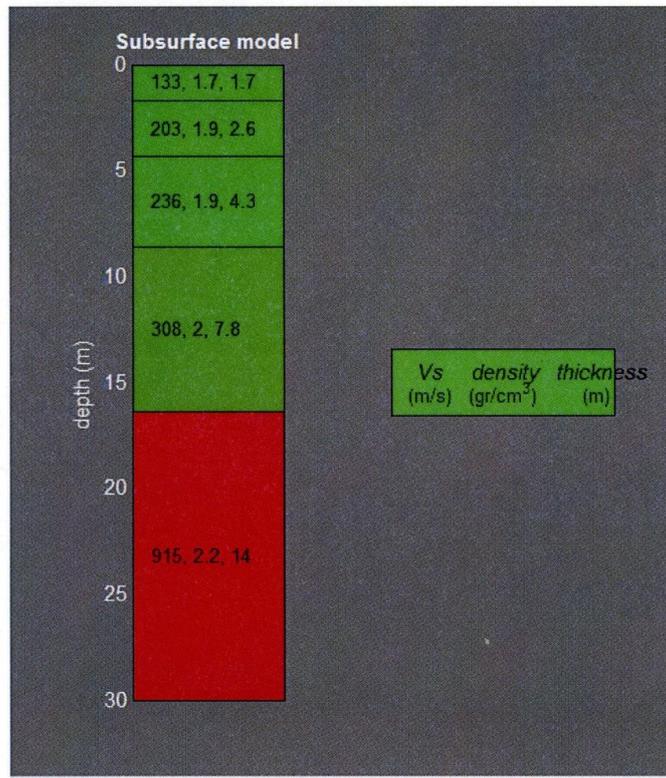
Profilo verticale Vs, Vp e curva di dispersione Rayleigh



Modello medio e HSVR



Profilo verticale



RISULTATI SISMICA PASSIVA, MISURA DEL MICROTREMORE

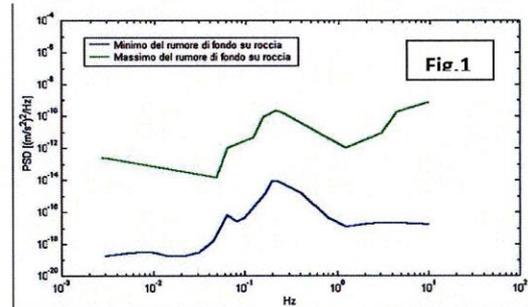
La sismica passiva è il ramo della sismologia/sismica che si basa sull'analisi del **microtremore sismico** (rumore sismico) ossia sulla parte del segnale che veniva scartato dall'indagine sismica tradizionale

Il *rumore sismico*, generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terrestre. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro. Anche l'attività industriale o il traffico veicolare possono generare tremore sismico, soprattutto in alta frequenza (alcuni Hz), che si attenua rapidamente allontanandosi dalla sorgente. In aree prive di sorgenti locali di tremore, in assenza di vento o su basamenti rocciosi tabulari, lo spettro del tremore assume la forma mostrata in Figura 1: dove le curve blu e verdi indicano rispettivamente le ampiezze 'massima' e 'minima' assunte come standard per il rumore sismico di fondo dal Servizio Geologico degli Stati Uniti (USGS).

Lo spettro del rumore sismico diminuisce in corrispondenza delle alte frequenze e mostra due massimi a 0.14 e 0.07 Hz.

Questi massimi sono probabilmente legati al moto ondoso degli oceani i cui effetti si propagano a distanze anche dell'ordine delle migliaia di km dalla costa a causa delle particolari modalità di propagazione delle onde superficiali.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.



Durante un terremoto, se la frequenza di risonanza del sottosuolo coincide con quella degli edifici presenti, può avere luogo un fenomeno di accoppiamento fra le due modalità di vibrazione. Questo effetto di amplificazione sismica produrrà un grande aumento della sollecitazione sugli edifici.

L'amplificazione sismica è la prima causa dei danni indotti dal terremoto, anche più importante della dimensione del terremoto stesso.

STRUMENTAZIONE

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

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di contrasto di impedenza. Per strato si intende cioè un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

Le misure a stazione singola in campo aperto è stata orientata secondo il Nord.

ACQUISIZIONE DATI

Per l'acquisizione il Tromino viene posizionato sul terreno cercando di ottimizzare al meglio l'accoppiamento terreno strumento, più importante del livellamento.

Nel posizionamento è preferibile posizionare lo strumento con l'asse maggiore in direzione del Nord nelle misure su terreno, mentre per le misure su edifici viene posizionato lungo l'asse principale dell'edificio.

Una volta posizionato lo strumento, come precedentemente detto, si parte con l'acquisizione che ha una durata di circa 10 minuti.

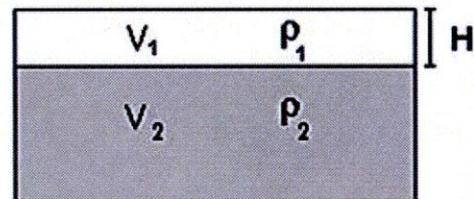
BASI TEORICHE DEL METODO H/V

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente semplici in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D).

Consideriamo il sistema di Figura in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (ρ_1 e ρ_2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2). Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati.

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

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



I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh. Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume, poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1.

Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione [1].

L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) il contenuto in frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La situazione, nel caso di un suolo reale, è spesso più complessa. Innanzitutto il modello di strato piano al di sopra del bedrock si applica molto raramente. Poi, la velocità aumenta con la profondità, possono esserci eterogeneità laterali importanti ed infine la topografia può non essere piana. L'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici, nei casi reali, sfrutta quindi la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli 'sintetici', cioè con quelli calcolati relativamente al campo d'onde completo di un modello 3D. L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini.

In questo lavoro i segnali sono stati analizzati non solo attraverso i rapporti spettrali H/V ma anche attraverso gli spettri delle singole componenti, e nei casi più significativi, le curve HVSR sono state invertite secondo la procedura descritta da Arai e Tokimatsu (2004).

PROCEDURA ANALISI DATI

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

1. le curve HVSR, ottenute col software Grilla in dotazione al tromografo TROMINO, con parametri:
 - larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
 - lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale,
 - rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine / media a lungo termine) superiore a 2,
 - rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti.
2. le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto (ottenute dopo analisi con gli stessi parametri del punto 1).

MONTEFANO (MC), VIA FLAMINI GEOL. FALCIONI SAGI

Strumento: TEP-0064/01-10

Inizio registrazione: 18/06/13 11:20:01 Fine registrazione: 18/06/13 11:40:02

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 83% tracciato (selezione manuale)

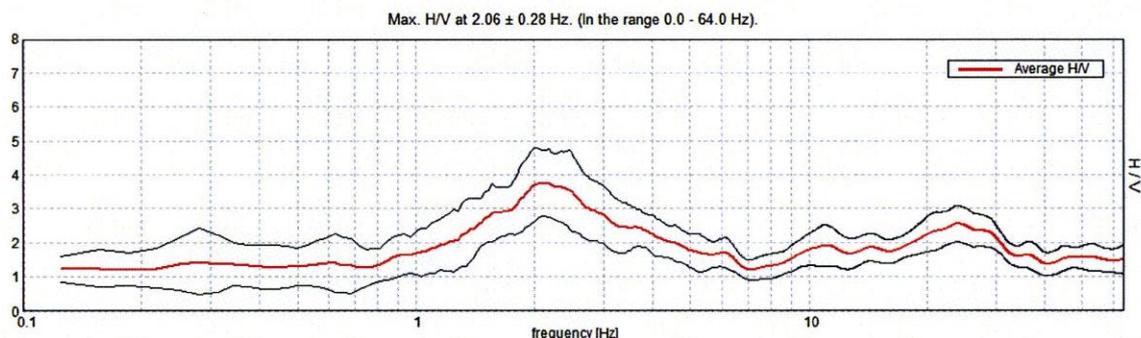
Freq. campionamento: 128 Hz

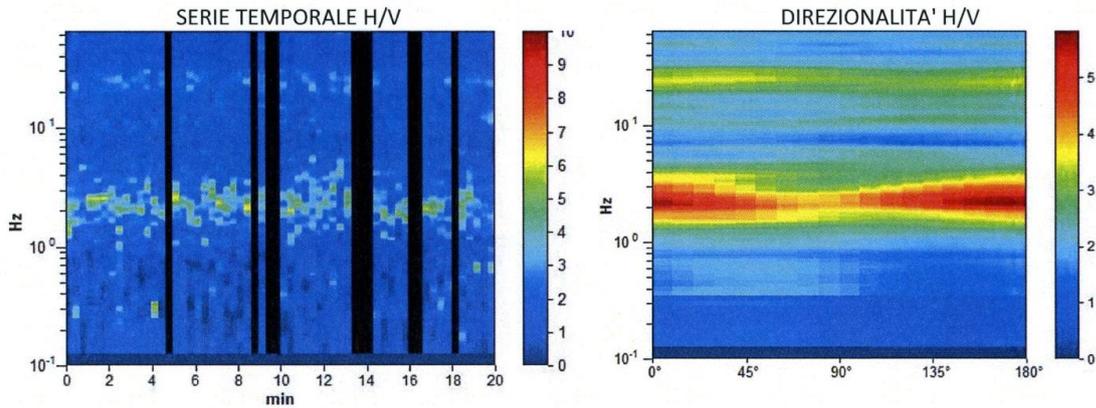
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

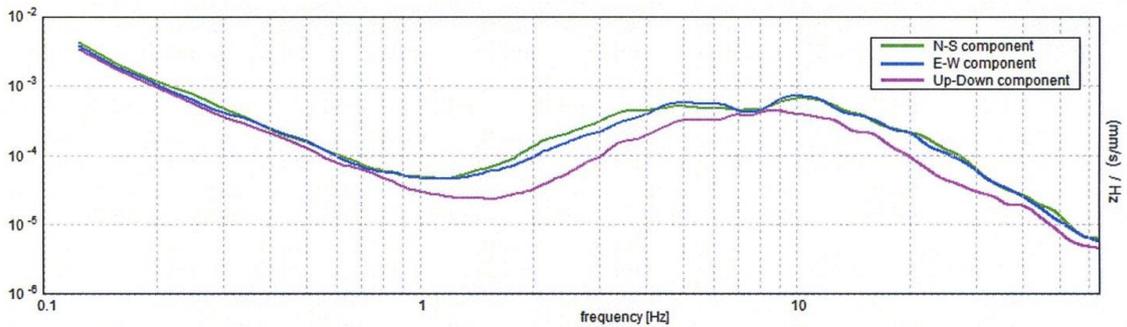
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE





SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 2.06 ± 0.28 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.06 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2062.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 100	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.125 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.781 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.75 > 2$	OK	

$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.13717 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.28291 < 0.10313$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.0082 < 1.58$	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



Foto 2 - ubicazione indagine HVSR.

CONCLUSIONI

Dall'analisi (con software Grilla vers.6.2beta - 2012) della registrazione HVSR nello spettro H/V è possibile osservare che il **picco massimo di frequenza** risulta pari a **2.06 (± 0.28)Hz**; quest'ultima è la frequenza massima riscontrabile e il corrispondente **periodo di oscillazione** è **T = 0.485 s.**

L'analisi della misura di campagna effettuata mediante geophysical software WinMASW (vers. 4.1.1 pro – Eliosoft) appare compatibile con il modello geofisico del sottosuolo ottenuto. Per quello che concerne il V_{s30} è l'analisi ha evidenziato il seguente valore di:

V_{s30}	357 m/s
-----------	---------

Con tale valore di V_{s30} in base alla normativa vigente si può classificare l'area in oggetto come tipo di suolo:

tipo di suolo	C
---------------	---

Con tale valore di V_{s30} , ai sensi dell'O.P.C.M. 3274/03 e D.M. 14/01/08 Testo Unico "Norme tecniche per le costruzioni", si ottiene la seguente una categoria di suolo:

D - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Elaborazione - GeA S.n.c.

Dott. Geol. Oreste Schiavoni

GeA s.n.c.
Via del Commercio, 8 - Tel. 0736.344383
63100 ASCOLI PICENO
Partita IVA: 01462270440