



COMUNE DI FANO
Provincia di Pesaro e Urbino

RELAZIONE GEOLOGICA
PER LA REALIZZAZIONE DI UN CAPANNONE INDUSTRIALE
SITO IN VIA PAPIRIA
ZONA INDUSTRIALE BELLOCCHI

Località: Bellocchi, Fano (PU)

Committente: Ditta Alfa Immobiliare S.r.l.

Marzo 2024



Studio Geologico Dott.ssa Geol.
Francesca Macchi
Geologia Tecnica e Ambientale

Via dei Pioppi, 20 / 61032 Fano (PU)
Tel. Cell. 3298049003
e.mail: francescamacci@libero.it
P.Iva 02 423 660 410 - C.F. MCCFNC76P61D488T

INDICE

PREMESSA	pag. 2
INQUADRAMENTO TERRITORIALE	pag. 3
<i>RAPPORTO GEOLOGICO</i>	<i>pag. 5</i>
INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO	pag. 5
IDROLOGIA -IDROGEOLOGIA	pag. 6
VERIFICA DI STABILITA'	pag. 7
ANALISI DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO	pag. 8
INDAGINI IN SITO	pag. 9
CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA	pag. 9
CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI LITOTIPI	pag. 11
AZIONE SISMICA	pag. 12
VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE	pag. 15
CONCLUSIONI	pag. 16

ALLEGATI:

- Carta geologica d'Italia (stralcio da scala 1:25000)
- Planimetria con ubicazione delle indagini geognostiche (stralcio)
- Stratigrafie sondaggi
- Documentazione fotografica
- Report indagine geofisica (MASW)
- Parametri sismici

PREMESSA

Su incarico della Ditta Alfa Immobiliare S.r.l. è stata effettuata un'indagine geologica al fine di individuare le caratteristiche geomeccaniche del terreno per la realizzazione di un capannone industriale sito in via Papiria.

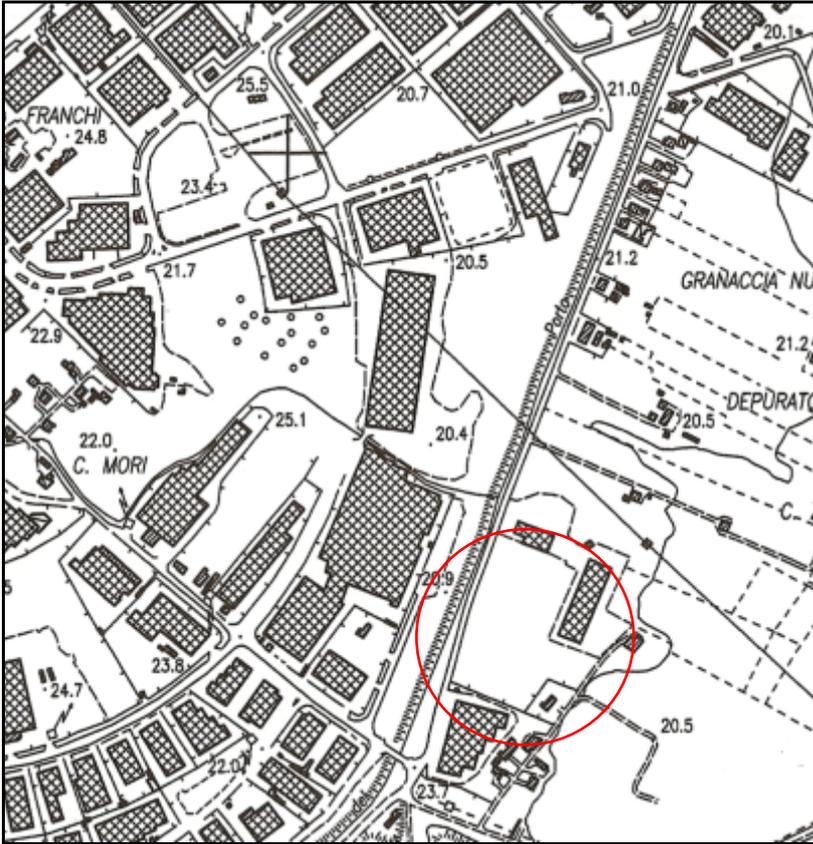
L'area è ubicata nel Comune di Fano, nella zona industriale di Bellocchi.

Lo studio, svolto in conformità alle normative tecniche vigenti, si è articolato nelle seguenti fasi:

- studiare gli aspetti geologici e geomorfologici diretti a caratterizzare l'area nei suoi lineamenti generali;
- ricostruire la successione stratigrafica dei terreni;
- analizzare le condizioni idrologiche e idrogeologiche locali;
- caratterizzare sotto l'aspetto geotecnico i diversi terreni indagati ed individuare i parametri di calcolo utili ai fini progettuali;
- calcolare i parametri sismici per la valutazione dell'azione sismica locale;

Per lo sviluppo del programma di lavoro e la stesura della relazione si è fatto riferimento ai seguenti documenti:

- *D. M. LL.PP. 11/3/88 n. 47 e Circ. LL.PP. 24/09/88 n. 30483 "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" e relative istruzioni.*
- *Legge 02/02/74 n° 64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolare prescrizioni per le zone sismiche", D.M. 24/01/86 Costruzioni in zone sismiche, D.M. LL.PP. 16/01/96 "Norme per le costruzioni in zona sismica".*
- *A.G.I. Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geognostiche;*
- *D.P.G.R. 14/9/89 n° 23 "Regolamento Edilizio Tipo";*
- *Ord. P.C.M. 20 marzo 2003, n°3274 e successive integrazioni "Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";*
- *"Norme tecniche per le costruzioni": approvate con Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018.*



CARTA DERIVATA
FOGLIO 281010
Scala 1: 10.000

Ubicazione area in oggetto



ESTRATTO DA
CARTOGRAFIA GIS
Foglio 117 mappali 60, 61,
71, 74, 152, 153, 167

Area oggetto d'intervento

RAPPORTO GEOLOGICO

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Il quadro geo-litologico che si descrive, risulta essere la sintesi di rilevamenti originali di superficie e di una raccolta di dati bibliografici e cartografici.

Strutturalmente l'area è situata nel Bacino Marchigiano Esterno. Le formazioni sedimentarie ivi presenti risultano deformate secondo una configurazione tipica di uno stile a pieghe, con serie di anticlinali e sinclinali aventi direzione NW-SE, attraversate dal corso del F.^{me} Metauro orientato in direzione WSW-ENE.

Da un punto di vista geologico, nella zona esaminata, il F.^{me} Metauro ha scavato la sua valle nei terreni sedimentari delle formazioni prequaternarie (Plioceniche). La suddetta valle è stata successivamente colmata da abbondanti depositi alluvionali.

Facendo riferimento al Foglio 110 Senigallia della Carta Geologica d'Italia, dal punto di vista tettonico, si rileva che non esistono faglie del substrato in corrispondenza dell'area studiata, il sito risulta quindi esente da disturbi tettonici significativi, delineando una situazione geologica di basso rischio.

In particolare l'area oggetto d'intervento si colloca su di una superficie pianeggiante all'interno della piana alluvionale del F.^{me} Metauro e riferibile al III° ordine dei terrazzi ed è posta a circa 400 m dall'alveo del fiume stesso.

L'indagine geognostica puntuale ha evidenziato, al disotto del piano campagna attuale del materiale di riporto per uno spessore variabile da un minimo di 2.00 m ad un massimo di 4.00 m, a cui seguono ghiaie eterometriche in matrice sabbioso-limosa e successivamente la formazione pliocenica alterata e poi integra (argille marnose, azzurre, siltose, talora lievemente sabbiose).

Dalle indagini geognostiche si attesta la presenza di acqua a 8 m di profondità solo in S1 e poca sempre a -8 m dal p.c.a. in S2.

L'area esaminata, inserita in una zona fortemente industrializzata, attualmente non presenta, dal punto di vista geomorfologico, particolari segni di degrado e/o di instabilità.

IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA

L'elemento idrografico di ordine maggiore è il Fiume Metauro, che rappresenta uno dei principali corsi d'acqua della Regione. Va precisato comunque che, in relazione alla distanza compresa tra l'area in esame e l'alveo del Metauro (circa 400 m), la dinamica di tale corso d'acqua non interferisce con l'area di studio ed esclude il rischio di possibili inondazioni.

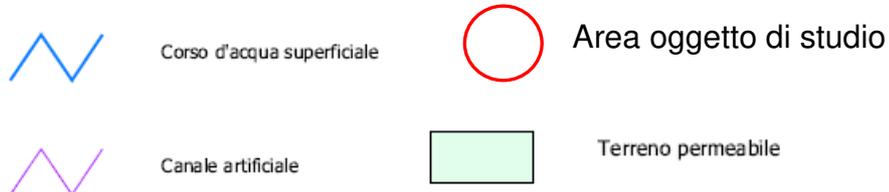
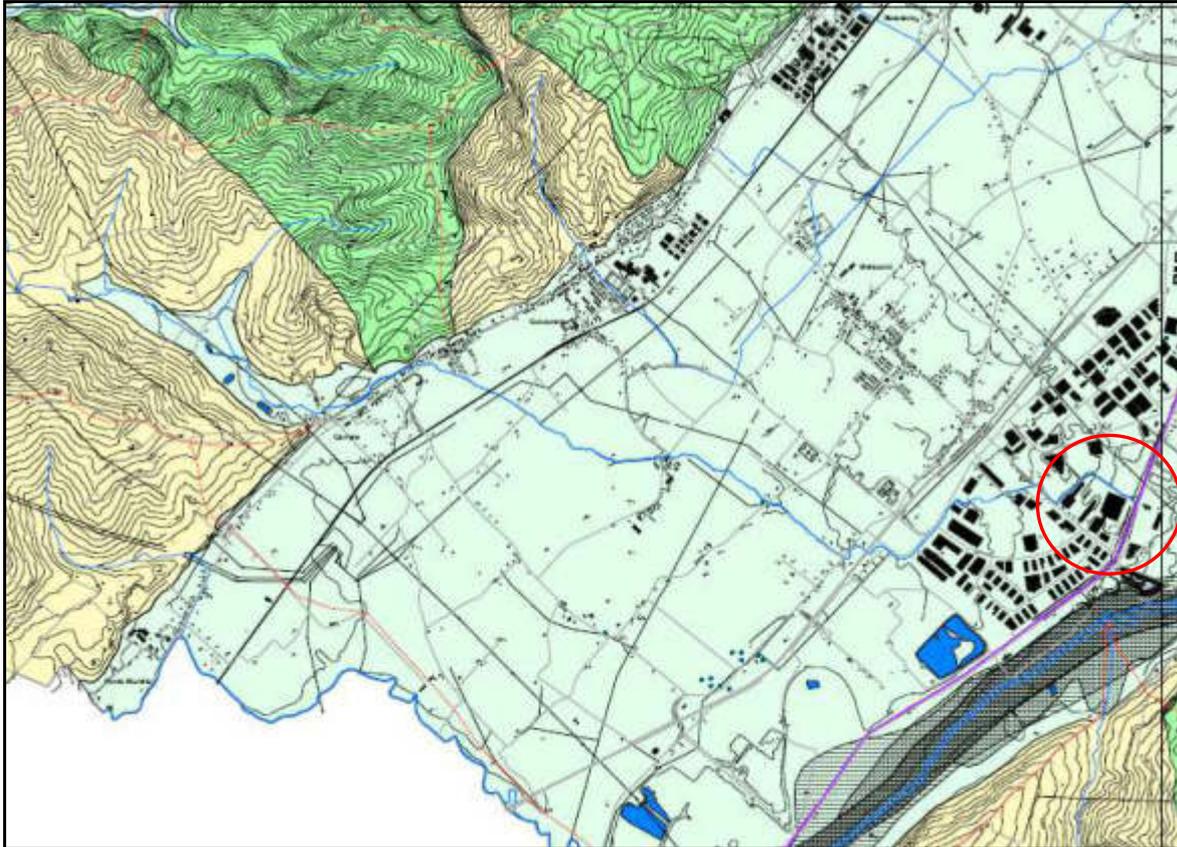
L'idrografia superficiale è rappresentata esclusivamente dalla presenza del Fosso della Carrara che riversa le sue acque nel Vallato del Porto che scorre non lontano dall'area d'interesse (distanza minima a circa 30 m).

Per quanto concerne l'idrologia sotterranea, l'elevata permeabilità degli orizzonti più ghiaiosi, favorisce la circolazione idrica nel sottosuolo, con la formazione di livelli acquiferi impostati soprattutto al contatto tra la coltre alluvionale ed il substrato di natura argilloso-marnosa. Alla profondità di circa 8.00 metri è presente la falda acquifera, solo in S1 e S5, probabilmente per l'elevata pendenza degli strati impermeabili sottostanti.

Il livello piezometrico e la presenza di acque di circolazione nel sottosuolo, sono soggetti ad oscillazioni stagionali in relazione alle condizioni meteo-climatiche; considerando le condizioni climatiche precedenti al periodo di perforazione, caratterizzate da buone precipitazioni, si ritiene che il livello rilevato possa essere prossimo al limite massimo.

L'alimentazione della falda sotterranea, rilevata e monitorata nella zona, avviene come già detto in precedenza, principalmente per apporti meteorici diretti, grazie alla elevata permeabilità dei terreni più superficiali. Una fonte di alimentazione non trascurabile è costituita anche dal Fosso della Carrara, i cui coni di deiezione si innestano profondamente nelle alluvioni. Anche il Vallato del Porto che scorre non lontano dall'area, alimenta la falda.

In particolare, come già detto, nell'area indagata è stata rilevata presenza di falda acquifera durante la fase esecutiva delle indagini geognostiche non in tutte le perforazioni.

STRALCIO DA CARTA IDROGEOLOGICA DEL P.R.G. DEL COMUNE DI FANO**VERIFICA DI STABILITA'**

L'area oggetto d'intervento presenta un profilo di superficie uniforme con acclività inesistente in corrispondenza del fabbricato che verrà realizzato.

Allo stato attuale, non si osservano indizi di fenomeni gravitativi in atto e/o pregressi né esistono i presupposti per un loro innesco in relazione all'andamento morfologico locale sub-pianeggiante e all'assenza, nelle vicinanze, di terreni con significativi valori di acclività. In relazione alla situazione morfologica locale è stata pertanto omessa la verifica analitica della stabilità del versante.

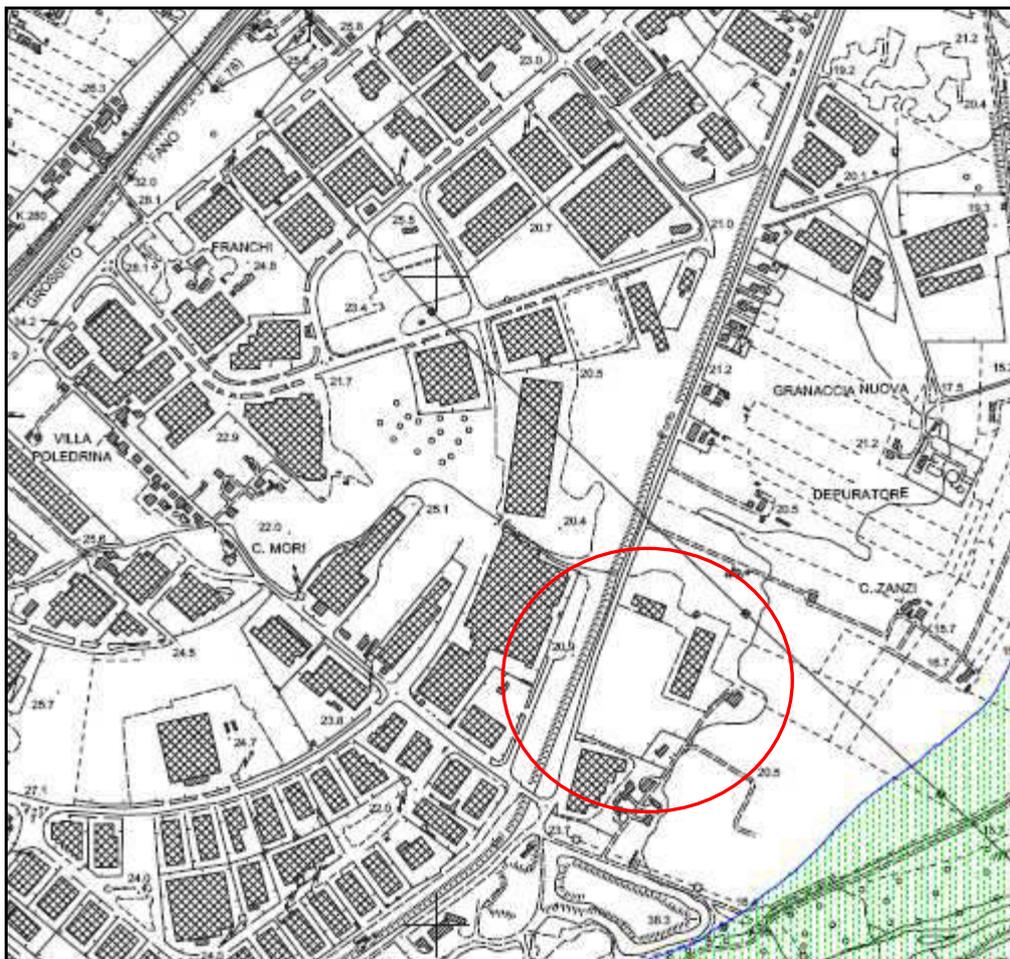
ANALISI DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO

L'area in esame ricade in sinistra idrografica del Fiume Metauro, su una zona pianeggiante, all'interno della quale, come precedentemente osservato, non sono stati rilevati né movimenti gravitativi, né potenziali forme di dissesto.

Questo è confermato ulteriormente dall'osservazione della Cartografia relativa al P.A.I. (Piano Assetto Idrogeologico), dalla quale si evince che l'area in studio e le zone adiacenti non sono interessate da movimenti gravitativi o forme di potenziale instabilità dei versanti o da fenomeni di esondazione.

Si allega di seguito uno stralcio del P.A.I. relativo alla zona studiata.

**Stralcio da
PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO
Tavola RI 13d**



Aree a rischio esondazione
(Codice E-xx-yyyy)

 Rischio moderato (R1)

 Area oggetto d'intervento

INDAGINI IN SITO

In seguito al rilevamento geologico e geomorfologico, per definire il profilo stratigrafico dei terreni e per la loro caratterizzazione, si è provveduto a programmare ed eseguire in data 18/01/'24 e 19/01/'24, n°5 sondaggi con Trivelsonda con carotiere con diametro da 60 cm, realizzati dalla ditta Pompili S.n.c. di Orciano.

Le profondità raggiunte nei sondaggi vengono riassunte nella tabella seguente, mentre la loro ubicazione e le stratigrafie ad essi relative vengono allegate in fondo al testo. Si fa presente che alcune zone non sono state indagate perché al momento delle indagini geognostiche erano presenti cumuli di terra che impedivano l'accesso e quindi la perforazione. Si procederà se necessario in seguito ad effettuare eventuali sondaggi e a confrontare la stratigrafia con quella già emersa.

<i>Sondaggio n°</i>	<i>Profondità (m dal p.c.)</i>
S1	24.00 m
S2	17.00 m
S3	18.00 m
S4	18.00 m
S5	24.00 m

CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA

La stratigrafia del terreno è stata individuata attraverso la realizzazione di n. 5 sondaggi meccanici con analisi dettagliata in situ delle litologie estratte e attraverso la correlazione con quanto emerso da sondaggi effettuati dalla scrivente in aree adiacenti a quella oggetto di studio.

In fondo al testo sono allegate le stratigrafie dei sondaggi.

S1 (m)

0.00 – 2.00 m: riporto antropico

2.00 – 7.00 m: ghiaie eterometriche in matrice limoso-sabbiosa. A -6.00 m si rinviene un livello di limo debolmente sabbioso

7.00 – 10.00 m: ghiaie eterometriche in matrice limoso-sabbiosa. A -9.00 m la matrice diventa abbondante

10.00 – 24.00 m (fine sondaggio): formazione argilloso-marnosa che nei primi 2 metri circa risulta leggermente alterata.

S2 (m)

0.00 – 2.00 m: riporto antropico

2.00 – 8.00 m: ghiaie eterometriche in matrice limoso-sabbiosa

8.00 – 17.00 m (fine sondaggio): formazione argilloso-marnosa che nei primi 2 metri circa risulta leggermente alterata.

S3 (m)

0.00 – 2.00 m: riporto antropico

2.00 – 8.00 m: ghiaie eterometriche in matrice limoso-sabbiosa. A -7.00 m la matrice diventa abbondante

8.00 – 18.00 (fine sondaggio): formazione argilloso-marnosa che nei primi 2 metri circa risulta leggermente alterata.

S4 (m)

0.00 – 4.00 m: riporto antropico

4.00 – 6.00 m: ghiaie eterometriche in matrice limoso-sabbiosa.

6.00 – 18.00 (fine sondaggio): formazione argilloso-marnosa che nei primi 2 metri circa risulta leggermente alterata.

S5 (m)

0.00 – 3.00 m: riporto antropico

3.00 – 10.00 m: ghiaie eterometriche in matrice limoso-sabbiosa. A -9.00 m la matrice diventa abbondante

10.00 – 24.00 (fine sondaggio): formazione argilloso-marnosa che nei primi 2 metri circa risulta leggermente alterata.

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI LITOTIPI

I risultati delle indagini eseguite in situ ed il confronto con i dati relativi a terreni con analoghe caratteristiche litologiche analizzati in precedenza dalla scrivente nelle aree limitrofe, consentono di indicare i valori medi, orientativi, dei principali parametri geotecnici ascrivibili agli orizzonti A, B e C, interessati dai carichi trasmessi dalle strutture di fondazione:

ORIZZONTE LITOLOGICO A – Ghiaia in matrice sabbioso-limosa

Peso di volume secco	$\gamma_d = 2.00 \text{ t/m}^3$
Peso di volume saturo	$\gamma_{\text{sat}} = 2.40 \text{ t/m}^3$
Angolo d'attrito	$\varphi' = 32^\circ\text{-}34^\circ$
Modulo elastico	$E_s = 300 \text{ Kg/cm}^2$
Modulo di Young	$E_y = 200 - 250 \text{ Kg/cm}^2$
Modulo edometrico	$M_o = 150 - 170 \text{ Kg/cm}^2$

ORIZZONTE LITOLOGICO B – Argilla marnosa di formazione

Peso di volume secco	$\gamma_d = 1.95 \text{ t/m}^3$
Peso di volume saturo	$\gamma_{\text{sat}} = 2.00 \text{ t/m}^3$
Coesione non drenata	$C_u = 2.00 - 2.50 \text{ Kg/cm}^2$
Modulo edometrico	$M_o = 250 - 300 \text{ Kg/cm}^2$

AZIONE SISMICA (NTC D.M. 17/01/18)

In data 28 febbraio 2024, la Ditta GeCo snc ha eseguito, nell'area d'interesse, una indagine geofisica mediante MASW. Tale tipo di indagine sismica è stata scelta al fine di ricavare il valore V_{S30} e quindi definire la categoria di suolo di fondazione, secondo quanto richiesto dalle NTC (D.M. 17/01/18).

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, che è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo ("periodo di riferimento" V_r espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata "Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" P_{VR} .

La pericolosità sismica è definita in termini di:

- 1- accelerazione orizzontale massima attesa **ag** in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria A), con superficie topografica orizzontale (categoria T1);
- 2- ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente **Se(T)**, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R .

Nelle NTC è valutabile la pericolosità sismica individuando le coordinate d'interesse da una griglia di 10751 punti, attraverso questa viene fornita la terna di valori ag (accelerazione orizzontale massima al sito), F_0 (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e T^*C (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) per nove distinti periodi di ritorno T_R .

Di seguito sono indicati i valori riferiti al sito in oggetto.

Tali parametri si determinano in base alle coordinate geografiche e al Periodo di ritorno dell'azione sismica T_r , ricavato dalla formula:

$$T_r = - V_r / \ln (1-P_{vr}) \simeq 475 \text{ anni}$$

Tale valore è stato ricavato, determinando per l'area in studio, il Periodo di riferimento per l'azione sismica V_r ed in particolare:

$$V_r = V_n \cdot C_u \geq 50$$

Dove:

$V_n > 50$ (Vita nominale - opere ordinarie) $C_u = 1$ (Coeff. d'uso - II classe d'uso)

La probabilità di superamento nel periodo V_r $P_{vr} = 10\%$, riferito alle prestazioni della costruzione nel suo complesso rispetto allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV).

Da quanto sopra abbiamo:

$a_g = 0.187g$ accelerazione orizzontale massima al sito;

$F_0 = 2.479$ valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

$T_c^* = 0.297s$ Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

- Categoria di sottosuolo Calcolo della velocità equivalente $V_{s,eq}$

Come recita la norma (NTC 2018), "per definire l'azione di progetto, si valuta l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab 3.2.II e 3.2.III.)"

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, caratterizzati da valori di V_s equivalente compresi tra 360 e 800 m/s.

Categoria "B"

- Coefficienti di amplificazione topografica

La topografia della zona d'intervento risulta caratterizzata da pendii e rilievi con inclinazione compresa tra 0-15°.

Per cui possiamo definire la categoria topografica locale appartenete alla tipologia **T1**.

- Coefficienti di amplificazione stratigraficaTabella 3.2.V - Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
→ B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_a \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_a \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_a \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,70}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_a \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

il coefficiente di amplificazione stratigrafica riferita alla situazione trovata è:

$$S_s = 1.20$$

- Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali $S_e(T)$

Prima di definire l'espressione per il calcolo della $S_e(T)$ andiamo a definire tutta una serie di parametri necessari al calcolo ed in particolare:

F_0 = accelerazione orizzontale massima al sito;

T_c = periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro; dove

T_c^* = è un coefficiente funzione della categoria di suolo

T_b = periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;

T_D = periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro;

$S = S_s \cdot S_t$ = coefficiente che tiene conto della categoria del suolo e delle condizioni topografiche;

$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)}$ = 1 fattore che altera lo spettro elastico per coeff. di smorzamento viscosi convenzionali; dove ξ (%) = 5 è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione.

$T \leq 4$ s periodo di oscillazione spettrale orizzontale

Da quanto sopra per $T_D \leq T$ abbiamo:

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 (T_c \cdot T_D / T^2) = 0.053$$

- Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali $S_{ve}(T)$

Tale parametro per $T_D \leq T$ si calcola con la seguente formula:

$$S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v(T_c \cdot T_D / T^2) = 0.026$$

Dove $F_v = 1.35 \cdot F_0 \cdot (a_g/g)^{0.5}$ è il fattore che quantifica l'ampiezza spettrale massima.

Per il terreno in studio i valori dello spettro di risposta elastico delle componenti verticali sono:

Categoria del suolo	S_s	T_B	T_c	T_D
B	1.0	0.05 s	0.15 s	1.0 s

Zona sismica

Il Comune di Fano, viene classificato come Zona 2, con una accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico $a_g/g = 0.25$, ed una accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni.

I parametri sismici elaborati sono allegati in fondo al testo.

VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

Facendo riferimento al capitolo 7.11.3.4.2 delle NTC 2018 (esclusione della verifica alla liquefazione), viste le caratteristiche granulometriche dei terreni rinvenuti che risultano al di fuori dei fusi granulometrici di terreni liquefacibili e non essendo interessati dalla presenza di una falda idrica superficiale, la verifica alla liquefazione del terreno è stata omessa.

CONCLUSIONI

L'elaborazione e la sintesi finale dei dati esposti nei paragrafi precedenti, ricavati in conformità ai contenuti, agli obiettivi ed alle metodologie individuate nelle varie circolari regionali, leggi e Decreti Ministeriali, hanno evidenziato che nell'area indagata esistono situazioni stratigrafiche, geomorfologiche, idrogeologiche tali da consentire la realizzazione dell'opera in progetto.

Valutando comunque la situazione generale dell'area nella sua totalità si danno alcune indicazioni e si fanno le seguenti considerazioni:

Considerazioni di carattere geomorfologico, litostratigrafico ed idrogeologico:

- Il terreno interessato dal carico d'esercizio è costituito da ghiaie in matrice limoso-sabbiosa, a cui seguono argille marnose di formazione. La stratigrafia è emersa da indagini dirette (sondaggi a distruzione) fatte all'interno dell'area di sedime del fabbricato in progetto. Vista l'estensione dell'intervento occorrerà verificare, durante la fase esecutiva dei lavori le stratigrafie emerse durante le indagini geognostiche, in particolare la presenza e lo spessore del terreno di riporto al di sotto del piano campagna e delle ghiaie che dalle indagini geognostiche effettuate presentano spessori leggermente diversi all'interno dell'area.
- Sono assenti fenomeni gravitativi, movimenti superficiali del terreno e fenomeni che possono far ipotizzare una sostanziale propensione al dissesto.
- Il profilo dell'area indagata ha acclività inesistente.
- E' presente un terreno con caratteristiche meccaniche complessivamente buone. Le fondazioni previste dal tecnico progettista, dovranno superare lo spessore di terreno di riporto ed essere immorsate nel deposito alluvionale di natura ghiaiosa se superficiali o nelle argille marnose di formazione se profonde.
- E' presente un livello idrico solo in alcuni sondaggi, alla profondità di -8.00 m circa dal p.c.a., probabilmente a causa dell'elevata pendenza del livello di formazione sottostante.

- Le condizioni geologiche locali non sono disturbate dalla presenza di discontinuità tettoniche.
- La categoria di sottosuolo emersa dalla MASW è **B**; la categoria topografica **T1**; i parametri sismici e i coefficienti sismici orizzontali e verticali relativi al sito di riferimento, secondo le NTC D.M. 17.01.18, sono allegati in fondo al testo.

Si resta a disposizione per ogni chiarimento relativo alla presente relazione e per fornire la necessaria assistenza durante la fase esecutiva dei lavori.

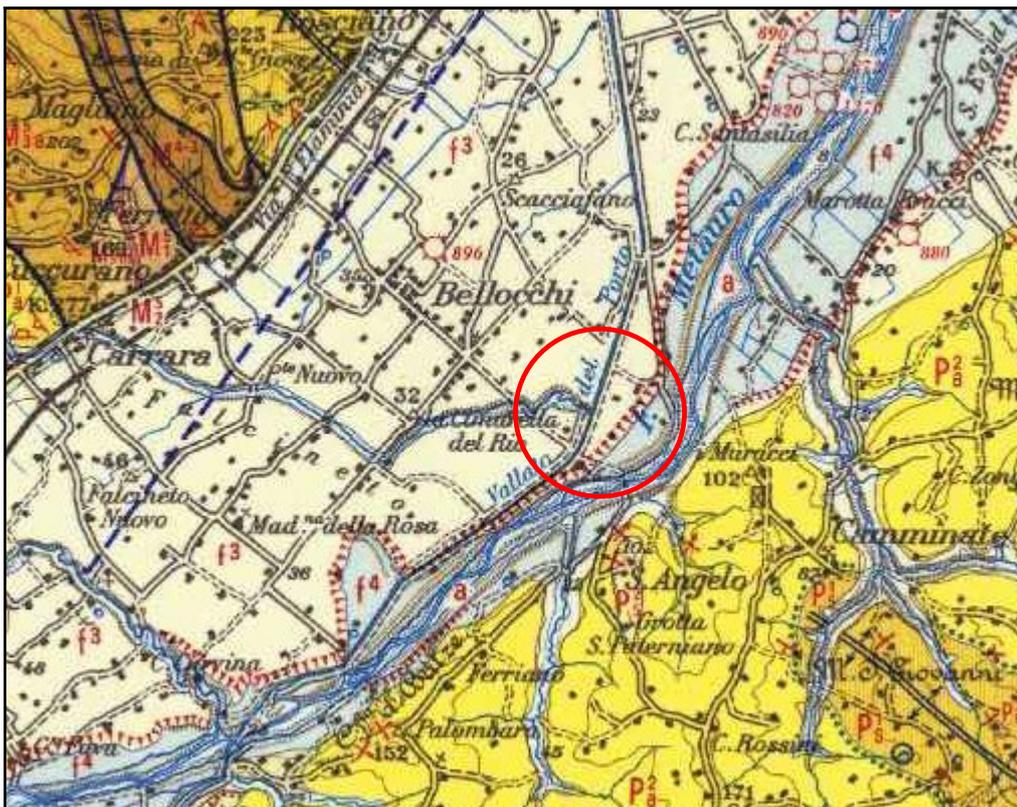
Fano, 29 marzo 2024

Geol. Macci Francesca



CARTA GEOLOGICA

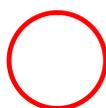
Estratto da Carta Geologica d'Italia
FOGLIO 110 SENIGALLIA
Scala 1: 25.000



Alluvioni ghiaiose e talora parzialmente sabbiose del IV ordine di terrazzi. Pleistocene superiore.

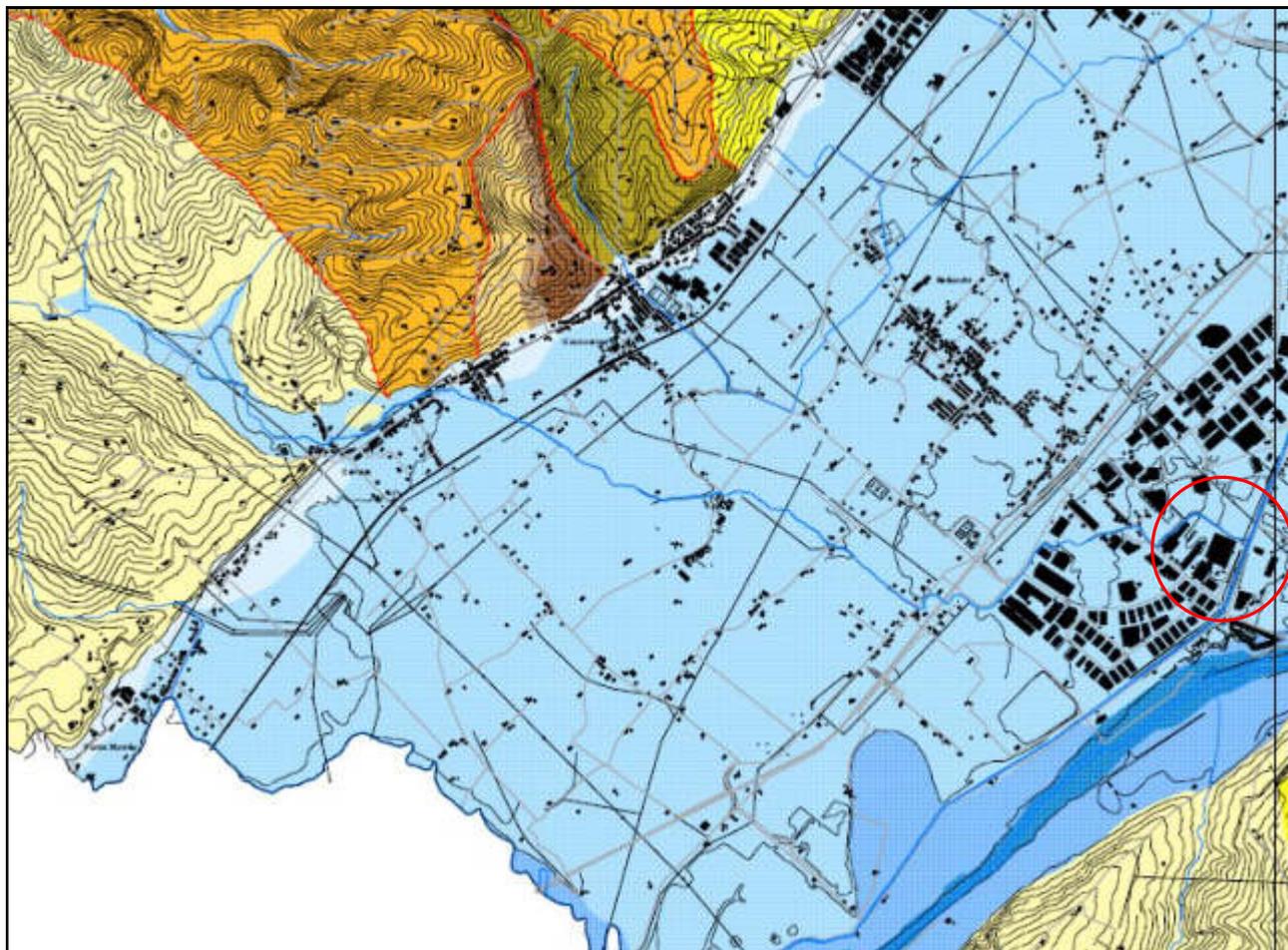


Alluvioni ghiaiose e talora parzialmente sabbiose del III ordine di terrazzi. Pleistocene medio-superiore.



Ubicazione area in oggetto

STRALCIO DA CARTA GEOLOGICA DEL P.R.G. DEL COMUNE DI FANO



Depositi alluvionali del terrazzo di IV ordine



Depositi alluvionali del terrazzo di III ordine



Depositi alluvionali del terrazzo di II ordine



Ubicazione area in oggetto

PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DEI SONDAGGI
STRALCIO DA PLANIMETRA – STATO DI FATTO STUDIO ING. ZANDRI



Legenda

- S1 Ubicazione sondaggio

STRATIGRAFIA SONDAGGIO

Scala 1:100

PAG. 1

DI 1

COMMITTENTE: ~~TECNOMETALLI S.r.l.~~ **Alfa immobiliare s.r.l.**

CANTIERE: Bellocchi Fano (PU) Via Papiria

PERFORAZIONE N. S1

DATA INIZIO: 18 gennaio 2024

DATA FINE: 19 gennaio 2024

ASSISTENTE PERF.: Geol. Macci Francesca

DITTA PERF.: POMPILI Snc di Orciano

SONDA: Trivelsonda

SCALA	Da m p.c.a	A m -20.00	Profondità Finale m - 24.00	PROFONDITA' m da p.c.	COLONNA STRATIGRAFICA	FALDA	CAMPIONI m da p.c.	POCKET PENETROMETER Kg/cm ²	TORVANE Kg/cm ²	S.P.T.	
										N	H
	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA										
1	Terreno di riporto antropico			2.00							
3	Ghiaie eterometriche in matrice limoso-sabbiosa										
6	A -6.00 m livello di limo debolmente sabbioso					▽ 8.00					
9	A -9.00 m ghiaia in abbondante matrice sabbiosa			10.00							
11	Formazione argilloso-mamosa										
11	Fino a -12.00 formazione leggermente alterata										

STRATIGRAFIA SONDAGGIO

Scala 1:100

PAG. 1

DI 1

COMMITTENTE: ~~TECNOMETALLI S.r.l.~~ **Alfa immobiliare s.r.l.**

CANTIERE: Bellocchi Fano (PU) Via Papiria

PERFORAZIONE N. S4

DATA INIZIO: 18 gennaio 2024

DATA FINE: 19 gennaio 2024

ASSISTENTE PERF.: Geol. Macci Francesca

DITTA PERF.: POMPILI Snc di Orciano

SONDA: Trivelsonda

SCALA	Da m p.c.a	A m -18.00	Profondità Finale m -18.00	PROFONDITA' m da p.c.	COLONNA STRATIGRAFICA	FALDA	CAMPIONI m da p.c.	POCKET PENETROMETER Kg/cm ²	TORVAPE Kg/cm ²	S.P.T.	
	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA									N	H
1	Terreno di riporto antropico			4.00							
2	Ghiaie eterometriche in matrice limoso-sabbiosa			6.00							
3	Formazione argilloso-mamosa			18.00							
4	Fino a -8.00 formazione leggermente alterata										

STRATIGRAFIA SONDAGGIO

Scala 1:100

PAG. 1

DI 1

COMMITTENTE: ~~TECNOMETALLI S.r.l.~~ **Alfa immobiliare s.r.l.**

CANTIERE: Bellocchi Fano (PU) Via Papiria

PERFORAZIONE N. S5

DATA INIZIO: 18 gennaio 2024

DATA FINE: 19 gennaio 2024

ASSISTENTE PERF.: Geol. Macci Francesca

DITTA PERF.: POMPILI Snc di Orciano

SONDA: Trivelsonda

SCALA	Da m p.c.a	A m -20.00	Profondità Finale m -24.00	PROFONDITA' m da p.c.	COLONNA STRATIGRAFICA	FALDA	CAMPIONI m da p.c.	POCKET PENETROMETER Kg/cm ²	TORVAPE Kg/cm ²	S.P.T.	
	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA									N	H
1	Terreno di riporto antropico			3.00							
2											
3	Ghiaie eterometriche in matrice limoso-sabbiosa			10.00							
4											
5	A -9.00 m la matrice diventa più abbondante										
6											
7	Formazione argilloso-mamosa con presenza di arenaria			20.00							
8	Fino a -12.00 formazione leggermente alterata										
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											

Documentazione fotografica



S1



S2



S3



S4



S5



**RAPPORTO TECNICO RELATIVO ALL'ESECUZIONE DI INDAGINE
GEOFISICA MASW ESEGUITA IN VIA PAPIRIA, LOCALITA' BELLOCCHI
NEL COMUNE DI FANO (PU)**

Oggetto: Indagine geofisica.

Committente: Dott. Geol. Francesca Macci

Commessa: 142-24

Falconara M.ma, lì 24 Giugno 2021

Il Responsabile GECO srl
Dott. Marco Gaggiotti



328-2040857

Marco Gaggiotti

INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	INDAGINE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	3
2.1.	<i>Strumentazione utilizzata</i>	3
2.2.	<i>Indagine MASW: metodologia ed acquisizione</i>	3
3.	ANALISI ED ELABORAZIONE DEI SEGNALI ACQUISITI	4
4.	CONCLUSIONI	6

Planimetria ubicazione indagine



Coordinate UTM WGS 84 indagini geofisiche		
MASW (inizio)	Lat. 43.788765°	Long. 13.014461°
MASW (fine)	Lat. 43.788410°	Long. 13.015105°

1. PREMESSA

Su incarico del Dott. Geol. Francesca Macci è stata eseguita in data 28 Febbraio 2024, un'indagine geofisica mediante l'analisi spettrale delle onde di superficie (Rayleigh) con tecnica MASW in Via Papiria, località Bellocchi, nel Comune di Fano (PU). L'utilizzo di tale metodologia ha permesso di ricavare le velocità delle onde di taglio S, le quali sono state utilizzate per il calcolo del valore del parametro V_{seq} , necessario per la definizione della categoria di suolo di fondazione (Aggiornamento Nuove NTC -D.M. 17 gennaio 2018).

2. INDAGINE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

2.1. *Strumentazione utilizzata*

L'attrezzatura e la strumentazione utilizzata è costituita da:

- un sistema di energizzazione per le onde P: la sorgente è costituita da una mazza del peso di 8 Kg battente verticalmente su piastra circolare in acciaio del diametro di 25 cm posta direttamente sul p.c. per la generazione di onde superficiali e di volume;
- un sistema di ricezione: costituito da 24 geofoni verticali con frequenza di 4.5 Hz;
- sistema di acquisizione dati: Sismografo Ambrogeo (modello ECHO 2010) con memoria dinamica a 32 bit, dotato di hard disk, in grado di memorizzare i dati acquisiti in formato SEG2 e SEG Y, n° 2 cavi sismici telemetrici di 60 m ciascuno;
- un sistema di trigger: consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la mazza colpisce la base di battuta (piastra metallica), in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e fissare l'inizio della registrazione.

2.2. *Indagine MASW: metodologia ed acquisizione*

L'indagine MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio V_s , sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo.

L'acquisizione è di tipo "attivo" **ZVF** (componente verticale delle onde di Rayleigh) e consiste nella registrazione simultanea di più ricevitori (geofoni verticali in questo caso), di una vibrazione prodotta da una sorgente sismica impulsiva, posta ad una data distanza dal primo ricevitore.

Il risultato finale del processo di elaborazione è il profilo verticale delle velocità delle onde S.

L'elaborazione è stata eseguita tramite il software *winMASW® Academy 2018*.

L'acquisizione è stata eseguita posizionando i 24 geofoni da 4.5 Hz, secondo la seguente configurazione spaziale e temporale: i) lunghezza stendimento ricevitori: 46 m; ii) n. geofoni:

24; iii) distanza intergeofonica: 2m; iv) n. punti di energizzazione: 6; v) offset sorgenti: 3m, 5m e 8m; vi) durata acquisizione: 2048ms; vii) intervallo di campionamento: 0.956 ms.

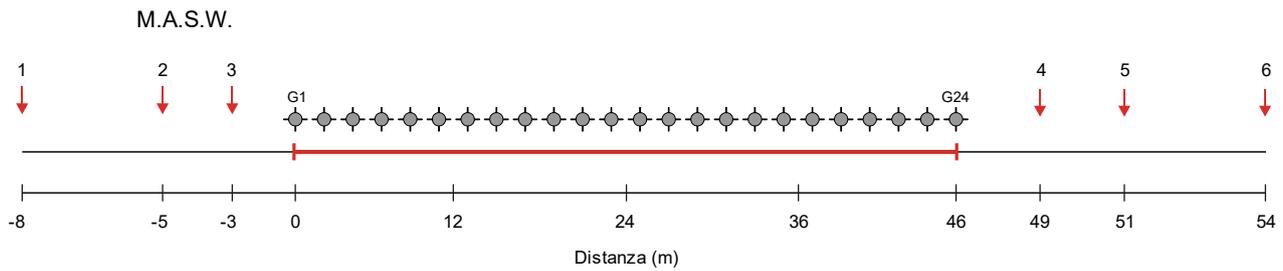


Fig.1: Geometria di acquisizione ed ubicazione punti di energizzazione.

3. ANALISI ED ELABORAZIONE DEI SEGNALI ACQUISITI

La stima dell'andamento in profondità delle velocità V_s , mediante acquisizione sismica multicanale, è ottenuta tramite l'analisi del segnale nel dominio frequenza/velocità di fase. Viene impiegato lo spettro di velocità in quanto è il dominio che permette di comprendere le proprietà dispersive del mezzo attraversato, determinando con precisione la velocità di ciascuna componente del segnale registrato.

Dopo aver scelto i sismogrammi più idonei, quelli con il miglior rapporto *segnale/rumore*, si esegue una trasformata dal dominio *spazio/tempo* al dominio *frequenza/velocità* (Fig.2).

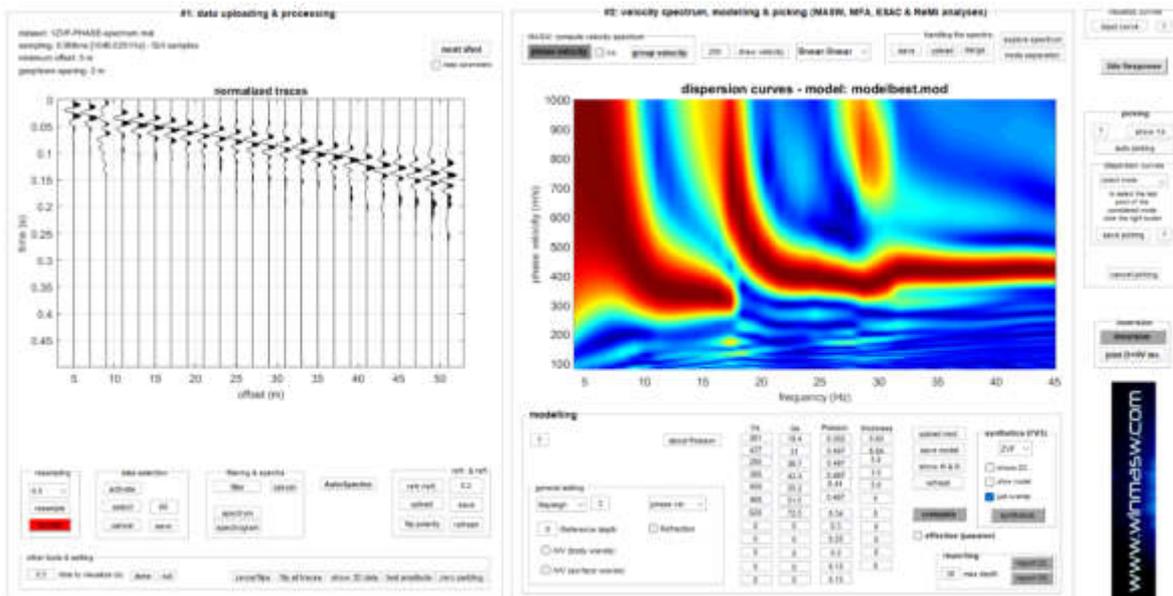


Fig.2: Sismogramma acquisito (sx) e relativo spettro di dispersione (dx) della componente verticale delle onde di Rayleigh.

Dall'analisi delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, è stato ricostruito il modello di distribuzione verticale delle V_s , ricavando il profilo del sottosuolo che ha determinato il dato di campagna (sismogramma). Gli spettri di velocità di fase sono stati interpretati identificando le curve modali e studiando l'andamento dei vari modi in funzione del modello atteso (Fig.3).

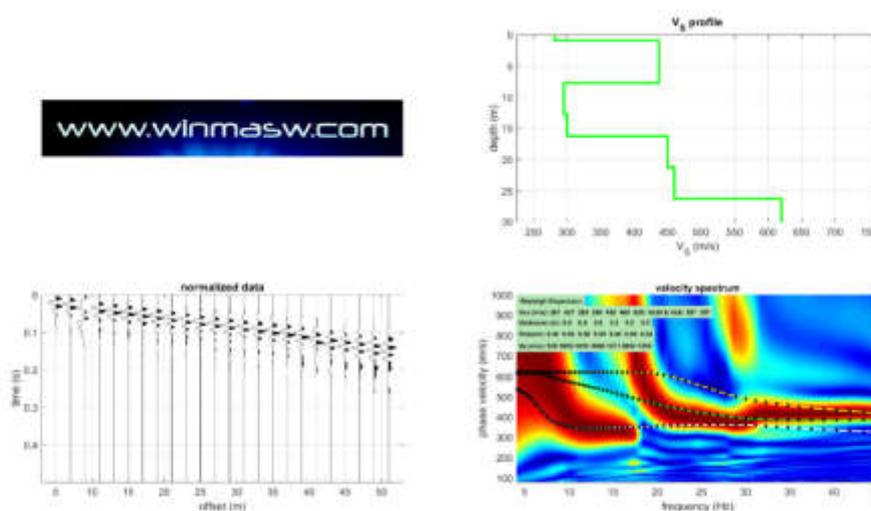


Fig.3: Analisi curve dispersion Rayleigh (FVS) figura riassuntiva: in alto a dx il profilo Vs delle velocità, in basso a sx il sismogramma ed in basso a dx lo spettro osservato.

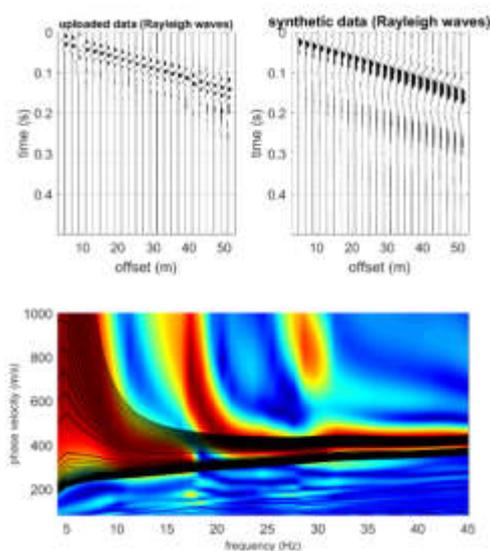


Fig.4 – Sismogrammi originali e sintetici: a sx i sismogrammi originali e sotto il relativo spettro di velocità; a dx il sismogramma sintetico e relativo spettro di velocità, mediante individuazione del modo fondamentale e dei modi superiori che compongono lo spettro di velocità delle onde di Rayleigh, durante l’analisi spettrale della relativa MASW.

L’inversione viene effettuata grazie all’utilizzo di una solida tecnica di ottimizzazione (algoritmi genetici) il risultato è una soluzione più affidabile e una stima dell’attendibilità del modello ricavato (in termini di deviazioni standard). Alla fine dell’operazione di inversione congiunta si otterranno una serie di modelli, due dei quali presentati come soluzione: il “modello migliore” (in termini di minor misfit, cioè discrepanza tra curva osservata e calcolata) ed il “modello medio” calcolato secondo un’operazione statistica nota come MPPD (Marginal Posterior Probability Density, vedi l’articolo “Rayleigh Wave Dispersion Curve Inversion via Genetic Algorithms and Posterior Probability Density Evaluation” – Dal Moro et al., 2006).

4. CONCLUSIONI

Nella seguente tabella vengono riportati i valori delle velocità medie e gli spessori di ciascun sismostrato, in modo da definire un modello geofisico medio, ottenuto mediante analisi delle onde di superficie con metodologia MASW.

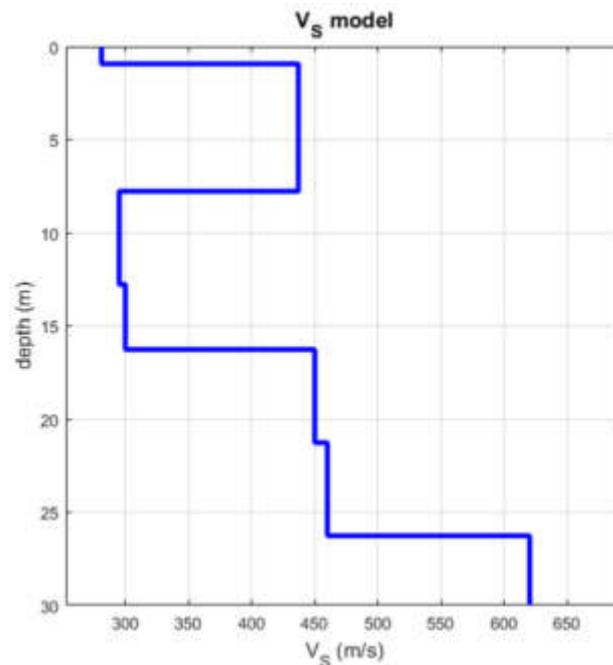


Fig.5: Andamento delle Vs fino alla profondità di 30 metri.

Sismostrato	Vs (m/s)	Spessore (m)	Profondità da p.c. (m)
1	281	1.0	1.0
2	437	6.8	7.8
3	295	5.0	12.8
4	300	3.5	16.3
5	450	5.0	21.3
6	460	5.0	26.3
7	620	3.7	30.0

Tab.1: Modello sismostratigrafico individuato in termini di Vs

Tale indagine, ha permesso di calcolare la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s) definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

h_i = spessore dell' i -esimo strato;

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N = numero di strati

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Nel caso in oggetto non avendo riscontrato il substrato sismico >800 m/sec nei primi 30 m dal p.c. il valore del V_{seq} è assimilabile al valore V_{s30} .

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| • Calcolo da piano campagna | $V_{Seq} = 397$ m/s |
| • Calcolo da -1m di profondità | $V_{Seq} = 407$ m/s |

La velocità delle onde "Vseq" è stata calcolata dall'attuale piano campagna, non conoscendo la profondità esatta del piano di posa delle fondazioni.

Falconara M.ma, lì Marzo 2024

GECO srl

Il Responsabile
Dott. Geol. Marco Gaggiotti

GECO s.r.l.
Via Osoppo, 38 - Tel/Fax 071 3125126
60015 FALCONARA MARITTIMA (AN)
C.F. e P.IVA 02541820432



Parametri sismici

determinati con **GeoStru PS**

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii **e Fondazioni**

Sito in esame.

latitudine: 43,789733 [°]

longitudine: 13,015554 [°]

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	20084	43,783920	13,005260	1049,1
Sito 2	20085	43,784190	13,074540	4775,0
Sito 3	19863	43,834190	13,074180	6823,9
Sito 4	19862	43,833920	13,004880	4987,5

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,048	2,414	0,278
Danno (SLD)	63	50	0,062	2,566	0,278
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,183	2,479	0,297
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,238	2,522	0,311

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,420	1,000	0,011	0,006	0,564	0,200
SLD	1,200	1,420	1,000	0,015	0,007	0,732	0,200
SLV	1,200	1,400	1,000	0,053	0,026	2,156	0,240
SLC	1,160	1,390	1,000	0,077	0,039	2,703	0,280

Geostru