

COMUNE di PESCARA

(PROVINCIA DI PESCARA)

COMMITTENTE:

A.C.A. S.P.A - E.R.S.I. ABRUZZO

OGGETTO:

**DISINQUINAMENTO DEL FIUME PESCARA
POTENZIAMENTO DEL SISTEMA DEPURATIVO COMUNE DI
PESCARA NUOVO PARCO DEPURATIVO
INTERVENTO 9 – POTENZIAMENTO SOLLEVAMENTO E
REALIZZAZIONE VASCA 1° PIOGGIA DA 2.000 mc PRESSO
SOLLEVAMENTO VIA OMBRONE**

RELAZIONE GEOLOGICA E MODELLAZIONE SISMICA

Il Relatore
Dott. Geol. Eustachio Pietromartire



A handwritten signature in black ink, appearing to read "E. Pietromartire", written over the professional stamp.

N. 16_2018, NOVEMBRE 2018

Sommario

1. PREMESSA E QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO.....	3
2. METODOLOGIA DI INDAGINE E DI LAVORO	6
2.1 INDAGINI GEOTECNICHE	7
2.1.1 Prove penetrometriche statiche.....	7
2.2 INDAGINE GEOFISICHE	11
2.2.1 indagine sismica passiva HVSR.....	11
2.2.2 Elaborazione dei dati.....	11
3. INQUARAMENTO GEOGRAFICO.....	14
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	19
5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	28
6. CARATTERI IDROLOGICI E IDROGEOLOGICI	36
7. LITOSTRATIGRAFIA DEI TERRENI E LORO CARATTERISTICHE FISICO - MECCANICHE .	44
8. SISMICITÀ DELL'AREA E CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI TERRENI.....	46
8.1 CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE	49
9. VERIFICA DELLA STABILITA' NEI CONFRONTI DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE.....	54
9.1 FATTORI CHE PREDISPONGONO ALLA LIQUEFAZIONE.....	56
9.2 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE.....	58
10. PERICOLOSITA' GEOLOGICA DEL TERRITORIO	62
11. CONCLUSIONI.....	64

ALLEGATI:

CARTA COROGRAFICA (SCALA 1:25.000)

CARTA COROGRAFICA (SCALA 1:5.000)

CARTA GEOLOGICA (SCALA 1:50.000)

CARTA GEOMORFOLOGICA (PAI, SCALA 1:5.000)

CARTA DELLA PERICOLOSITÀ (PAI, SCALA 1:5.000)

CARTA DEL RISCHIO (PAI, SCALA 1:5.000)

CARTA DELLE PENDENZE (SCALA 1:5.000)

CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA (PSDA, SCALA 1:10.000)

CARTA GEOLOGICO – TECNICA (MZS I LIVELLO, SCALA 1:5.000)

CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS MZS I LIVELLO, SCALA 1:5.000)

UBICAZIONE INDAGINI

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

INDAGINE GEOFISICA (HVSR)

CURVE GRANULOMETRICHE DI RIFERIMENTO

1. PREMESSA E QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Nella presente relazione si espongono i risultati di uno studio geologico, geomorfologico geologico – tecnico e sismico, eseguito nel territorio comunale di Pescara (PE) a supporto del progetto “DISINQUINAMENTO DEL FIUME PESCARA POTENZIAMENTO DEL SISTEMA DEPURATIVO COMUNE DI PESCARA NUOVO PARCO DEPURATIVO INTERVENTO 9 – POTENZIAMENTO SOLLEVAMENTO E REALIZZAZIONE VASCA 1° PIOGGIA DA 2.000 mc PRESSO SOLLEVAMENTO VIA OMBRONE”. Il sito di progetto si trova in destra idrografica del F. Pescara.

Lo studio è finalizzato alla valutazione delle litologie affioranti, all'individuazione del *trend* morfoevolutivo, alla ricostruzione dell'ambito geologico, geomorfologico, idrologico, idrogeologico e sismico in cui s'inserisce il sito di progetto.

L'inquadramento geologico e fisiografico dell'areale di studio risulta essere noto sia per la provincia geologica di appartenenza sia per la documentazione bibliografica esistente.

Per la definizione del contesto geologico finalizzato alla ricostruzione di un modello geologico, idrogeologico e morfologico in un intorno significativo dell'area di progetto, è stata eseguita una prova penetrometrica statica (CPTU); questo in accordo con il capitolo 6.2.2 che recita “nel caso di costruzione o di interventi di modesta rilevanza, che ricadono in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico la progettazione può essere basata sulle conoscenze, ecc.” DM 14/01/08 - Circolare del 2 febbraio 2009 n. 617- e DM 17/01/18.

Al fine di determinare la categoria di suolo di fondazione è stata eseguita una prova di sismica passiva HVSR. I certificati delle indagini sono allegati in calce alla relazione, unitamente all'ubicazione delle stesse.

Per la stesura del presente elaborato, è stato, inoltre, consultato lo Studio di Microzonazione Sismica di I Livello del territorio comunale.

Considerata la natura litologica dei depositi presenti, la profondità della falda acquifera, ed essendo l'area in una zona di attenzione per liquefazione (MOPS) è stata eseguita una verifica di suscettibilità alla liquefazione.

La normativa nazionale e regionale di riferimento è la seguente:

- *D.M. 11/03/88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";*
- *G.U. n. 29 del 04 febbraio 2008;*
- *Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti approvata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" (Gazzetta Ufficiale del 26.02.2009 n. 47, supplemento ordinario n. 27).*
- *D.M. 17 gennaio 2018 Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni.*
- *L.R. 26 Ottobre 1992 N°93 "Norme per lo snellimento di procedure per gli interventi di costruzione riparazione, sopraelevazione e ampliamento nelle zone dichiarate sismiche ai sensi della legge 2 febbraio 1974, n.64."*
- *Legge Regionale 11 Agosto 2011, n. 28 – Norme per la riduzione del rischio sismico e modalità di vigilanza e controllo su opere e costruzioni in zone sismiche.*
- *D.M. 16 gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche";*
- *O.P.C.M. 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".*
- *O.P.C.M. 28 aprile 2006 n° 3519 "criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" (G.U. n.108 del 11/05/2006).*
- *O.P.C.M. 13 novembre 2010, n.3907 pubblicata nella G.U. 1 dicembre 2010, n.281, S.O.*
- *Decreto 14/01/2008 del Ministero delle Infrastrutture "Norme tecniche per le costruzioni" (GU n.29 del 04/02/2008).*
- *Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geognostiche e geotecniche (A.G.I., 1977).*
- *L.R. 16.09.1998 n.81 e L.R. 24.08.2001 n.43 – Servizio Difesa del Suolo – Autorità dei Bacini Regionali – "piano di stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico dei bacini di rilievo regionale abruzzesi e del bacino interregionale del fiume Sangro - Fenomeni gravitativi e processi erosivi e Difesa alluvioni*
- *Delibera Regione Abruzzo del 05.11.2007 n. 1049, in particolar modo a quanto contenuto nell'Allegato F "Specifiche tecniche in materia di scarpate" richiamato nell'art. 20 delle misure di salvaguardia parte integrante della deliberazione del*

Comitato Istituzionale dell'Autorità dei Bacini di rilievo regionale n. 8 del 31.07.2007 pubblicato nel BURA n. 66 23.11.2007.

- UNI EN 1997 – 1: Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- UNI EN 1998 – 5: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

2. METODOLOGIA DI INDAGINE E DI LAVORO

Per acquisire le conoscenze anticipate in premessa, ricostruire l'assetto geologico, geomorfologico, idrologico, idrogeologico, litostratigrafico e sismico si è predisposta una metodologia di lavoro per step successivi, propedeutici e consequenziali.

Lo studio è stato quindi condotto attraverso le seguenti fasi:

- Sopralluoghi preliminari;
- Reperimento di materiale bibliografico (*cartografia topografica in scala 1:25.000 e 1:5.000, geologica da varie fonti e dal Servizio Geologico d'Italia, geomorfologica e pubblicazioni scientifiche*);
- Ricerca, presso i nostri archivi, di indagini geologiche, studi e rilievi geologici - geomorfologici svolti in precedenza nella stessa zona e in aree limitrofe;
- Rilevamento geologico e geomorfologico;
- Realizzazione di cartografia georeferenziata;
- Esecuzione di una campagna di indagine geofisica;
- Elaborazione e interpretazione finale dei dati bibliografici, di rilevamento e della campagna di indagine;
- Definizione della categoria di sottosuolo.

Per la definizione del contesto geologico finalizzato alla ricostruzione di un modello geologico, idrogeologico e morfologico in un intorno significativo dell'area di progetto, è stata eseguita una prova penetrometrica statica (CPTU).

Al fine di determinare la categoria di suolo di fondazione è stata eseguita una prova di sismica passiva HVSR. I certificati delle indagini sono allegati in calce alla relazione, unitamente all'ubicazione delle stesse.

La indagine geognostica e geotecnica consiste in n. 01 prova penetrometrica statica CPTU (vedi tabella seguente).

<u>INDAGINI DI RIFERIMENTO - SONDAGGI GEOGNOSTICI E PROVE PENETROMETRICHE</u>	
Sigla	CPTU
Prof. (metri)	34.90
Rilievo della falda acquifera	- 7,50 dal p.c.

Al fine di determinare la categoria di suolo di fondazione è stata eseguita una prova di sismica passiva HVSR, di cui di seguito si espone la metodologia di lavoro.

2.1 INDAGINI GEOTECNICHE

2.1.1 Prove penetrometriche statiche

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per le prove penetrometriche dinamiche è stato utilizzato un penetrometro super pesante della società PAGANI di Caledasco (PC), modello TG 63-200 EML.C., con le seguenti caratteristiche:

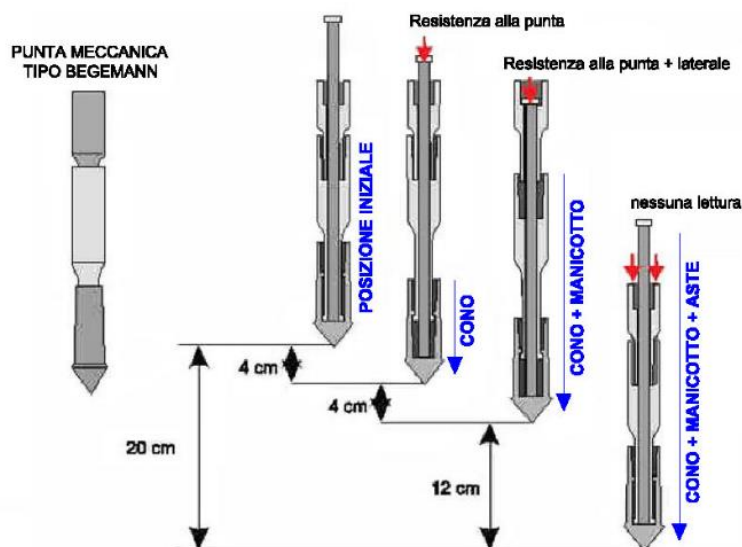
Penetrometro statico
Modello Pagani TG 63-200
<u>Autoancorante</u>
Spinta 20 t
Diametro esterno aste 36 mm
Lunghezza 1000
Punta meccanica <u>Begemann</u>



METODOLOGIA DI PROVA

Le prove CPT sono state eseguite con penetrometro statico munito di un apparato di spinta da 20 Tonnellate, montato su autotelaio cingolato Pagani, opportunamente zavorrato e auto ancorante. Le prove penetrometriche statiche CPT (di tipo meccanico) consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm/s} \pm 0.5 \text{ cm/s}$). La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta (martinetto idraulico) opportunamente ancorato al suolo (ovvero zavorrato), che agisce su una batteria doppia di aste (aste esterne cave e aste interne piene coassiali), alla cui estremità inferiore è collegata la punta. Lo sforzo necessario per l'infissione viene determinato a mezzo di un opportuno sistema di misura, collegato al martinetto idraulico. La punta conica (tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante per la misura dell'attrito laterale (punta/manicotto tipo 'Begemann').

Schema di avanzamento di una Prova Penetrometrica CPT



Le dimensioni della punta/manicotto sono standardizzate, e precisamente:

- diametro di base del cono $\varnothing = 35.7 \text{ mm}$
- area della punta conica $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- angolo apertura del cono $\alpha = 60^\circ$
- superf.laterale manicotto $A_m = 150 \text{ cm}^2$.

I valori di resistenza alla punta e del manicotto laterale sono state lette in superficie mediante una centralina elettronica digitale.



Centralina elettronica digitale con cui sono state registrate le misure di resistenza

Nei diagrammi e tabelle allegate sono riportati i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture di campagna, durante l'infissione dello strumento) :

- q_c (kg/cm²) = resistenza alla punta(conica)

- f_s (kg/cm²) = resistenza laterale (manicotto)

La resistenza alla punta q_c e la resistenza laterale f_s sono rilevate a intervalli regolari di 20 cm.

Le caratteristiche geometriche della punta meccanica utilizzata e le modalità di esecuzione della prova sono in accordo con le raccomandazioni AGI (1997) e con le normative europee di standardizzazione ed in particolare con le normative ISSMFE T.C.P.T. (1988) – Cone Penetration Test (CPT): International Reference Test Procedure e ASTM D 3441-94. Nei certificati di prova sono riportate le caratteristiche punta utilizzata (Begemann) ed i valori misurati in corso della prova.

METODOLOGIA INTERPRETATIVA

Dai dati emersi rilevati nel corso della prova vengono fornite utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni attraversati, in base al rapporto q_c/f_s fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale del penetrometro sulla base delle correlazioni Begemann 1665 - Raccomandazioni A.G.I. 1977, ovvero in base ai valori di q_c e del rapporto $FR = (f_s/q_c)\%$ (esperienze di Schmertmann – 1977). Mentre per i parametri geotecnici, nelle tavole allegate sono riportate indicazioni concernenti i principali parametri geotecnici (coesione non drenata C_u , angolo di attrito interno efficace ϕ' , densità relativa D_r , modulo edometrico M_o , moduli di deformazione non drenato E_u e drenato E' , peso di volume γ , ecc.), utilizzando le correlazioni

riportate di seguito.

γ'	=	peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - q_c - natura] (Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982)
σ'_{vo}	=	tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
C_u	=	coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - q_c]
OCR	=	grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}] (Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
E_u	=	modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [correl. : E_u - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.] E_{u50} - E_{u25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
E'	=	modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - q_c] E'_{50} - E'_{25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza $F = 2 - 4$ rispettivamente) (Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983)
M_o	=	modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : M_o - q_c - natura] (Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
D_r	=	densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati) [correlazioni : D_r - q_c - σ'_{vo}] (Schmertmann 1976)
ϕ'	=	angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : ϕ' - D_r - q_c - σ'_{vo}] (Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976) ϕ'_{1s} - (Schmertmann) sabbia fine uniforme ϕ'_{2s} - sabbia media unif./ fine ben gradata ϕ'_{3s} - sabbia grossa unif./ media ben gradata ϕ'_{4s} - sabbia-ghiaia poco lim./ ghiaietto unif. ϕ'_{dm} - (Durgunoglu & Mitchell) sabbie N.C. ϕ'_{my} - (Meyerhof) sabbie limose
A_{max}	=	accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari) (g = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (A_{max}/g) - D_r]

2.2 INDAGINE GEOFISICHE

2.2.1 indagine sismica passiva HVSR

Per definire la frequenza di risonanza caratteristica dei litotipi affioranti nell'area di studio sono state eseguite due indagini di sismica passiva (HVSR) note anche come "microtremore", tali indagini studiano il campo d'onda delle vibrazioni ambientali. Queste ultime sono movimenti del terreno caratterizzati da ampiezze non percepibili dall'uomo (dell'ordine di 10^{-4} - 10^{-2} mm).

La metodologia utilizzata, chiamata anche tecnica Nakamura (1989), è stata introdotta per la prima volta da *Nogoshi e Igarashi* (1970). Tale tecnica si basa essenzialmente sul rapporto spettrale H/V (H= componente orizzontale e V= componente verticale) di rumore ambientale (seismic noise), ovvero delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno misurati in un punto con un apposito sismometro a tre componenti. La tecnica di Nakamura assume che i microtremori consistano di un tipo di onde superficiali, le onde di Rayleigh, che si propagano in un singolo strato sovrastante su semispazio e che la presenza di questo strato sia causa di amplificazione al sito.

L'esito della prova è una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto tra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali in funzione della frequenza di vibrazione. Le frequenze alle quali la curva H/V mostra dei massimi sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura.

2.2.2 Elaborazione dei dati

I dati acquisiti saranno convertiti in file ASCII mediante software "Grilla" in grado di consentire la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo mediante la tecnica dei rapporti spettrali secondo le linee guida del Progetto Europeo SESAME (Site EffectS assessment using Ambient Excitations, 2005).

Il processing dei dati verte sul rapporto spettrale tra il segnale del sensore verticale e quelli orizzontali; si opera su finestre di selezione del segnale il cui numero non deve essere inferiore a 10 per un segnale complessivo utile non inferiore a 200-400 secondi. Le risultanze dell'elaborazione sono presentate mediante grafici dei rapporti spettrali H/V delle varie componenti indicando il massimo del rapporto HVSR nel valore di f_0

(Frequenza di risonanza e la sua deviazione standard). Nella tabella seguente, riprodotta anche nel Report di indagine, si illustra la qualità del segnale acquisito in base al Progetto SESAME.

<p>Criteria for a reliable H/V curve</p> <p>i) $f_0 > 10 / l_w$ and ii) $n_c(f_0) > 200$ and iii) $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ or $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$</p>	<ul style="list-style-type: none"> • l_w = window length • n_w = number of windows selected for the average H/V curve • $n_c = l_w \cdot n_w$. f_0 = number of significant cycles • f = current frequency • f_{sensor} = sensor cut-off frequency • f_0 = H/V peak frequency • σ_f = standard deviation of H/V peak frequency ($f_0 \pm \sigma_f$) • $\varepsilon(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ • A_0 = H/V peak amplitude at frequency f_0 • $A_{H/V}(f)$ = H/V curve amplitude at frequency f • f^- = frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ • f^+ = frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ • $\sigma_A(f)$ = "standard deviation" of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided • $\sigma_{\log H/V}(f)$ = standard deviation of the $\log A_{H/V}(f)$ curve, $\sigma_{\log H/V}(f)$ is an absolute value which should be added to or subtracted from the mean $\log A_{H/V}(f)$ curve • $\theta(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ • $V_{s,av}$ = average S-wave velocity of the total deposits • $V_{s,surf}$ = S-wave velocity of the surface layer • h = depth to bedrock • h_{min} = lower-bound estimate of h
<p>Criteria for a clear H/V peak (at least 5 out of 6 criteria fulfilled)</p> <p>i) $\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ ii) $\exists f^+ \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ iii) $A_0 > 2$ iv) $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ v) $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ vi) $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$</p>	

Threshold Values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Frequency range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.20 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

La prima parte dei criteri è dedicata alla valutazione dell'attendibilità statistica della curva H/V, ovvero se la registrazione è stata effettuata per un periodo sufficientemente lungo e se è stata analizzata per un numero sufficiente di intervalli di tempo adeguati. La seconda parte dei criteri valuta la chiarezza del picco H/V ovvero se la curva è geometricamente ben definita.

Per l'affidabilità della curva H/V devono essere positivi i primi tre parametri mentre per avere un chiaro e pulito segnale del picco massimo devono essere soddisfatti almeno cinque dei sei criteri successivi. L'interpretazione delle informazioni ottenute dalle misure di HVSR è stata effettuata basandosi sulle indicazioni descritte nel testo "Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola; D. Albarello, S. Castellano, Supplemento alla rivista trimestrale Ingegneria Sismica, Anno XXVII – n. 2 – 2011.

La curva H/V ottenuta è stata osservata congiuntamente allo spettro delle singole componenti, da tale operazione non è stato possibile discernere il picco di natura stratigrafica da quello eventualmente generato da fonti di disturbo di origine antropica. Infatti le componenti spettrali NS, EW e Z (componente verticale) hanno comunemente ampiezze simili alla frequenza di risonanza e generano una forma “a occhio” tra le componenti orizzontali che è indicativa di risonanza stratigrafica.

Considerata la natura litologica dei depositi presenti, la profondità della falda acquifera, ed essendo l'area in una zona di attenzione per liquefazione (MOPS) è stata eseguita una verifica di suscettibilità alla liquefazione.

3. INQUARAMENTO GEOGRAFICO

Il sito di progetto si trova in destra idrografica del F. Pescara. Il territorio comunale in oggetto, dal punto di vista fisiografico, si sviluppa in corrispondenza della fascia costiera adriatica, su un territorio dall'andamento pianeggiante e di quote comprese tra 0,00 e 20,00 metri sul livello del mare (fig. 1).



Figura 1 – Inquadramento geografico area di studio, indicata nel riquadro rosso (immagine da Google Earth).



Figura 2 – Ubicazione area di progetto.

Dal punto di vista amministrativo il territorio comunale è situato nel settore orientale della Regione Abruzzo, nella provincia di Pescara, ed è confinato dai comuni di Montesilvano a nord, Spoltore ad ovest, San Giovanni Teatino a sud-ovest, Francavilla al mare a sud; a nord-est ed est è bagnato dalle acque del Mar Adriatico (fig. 3).

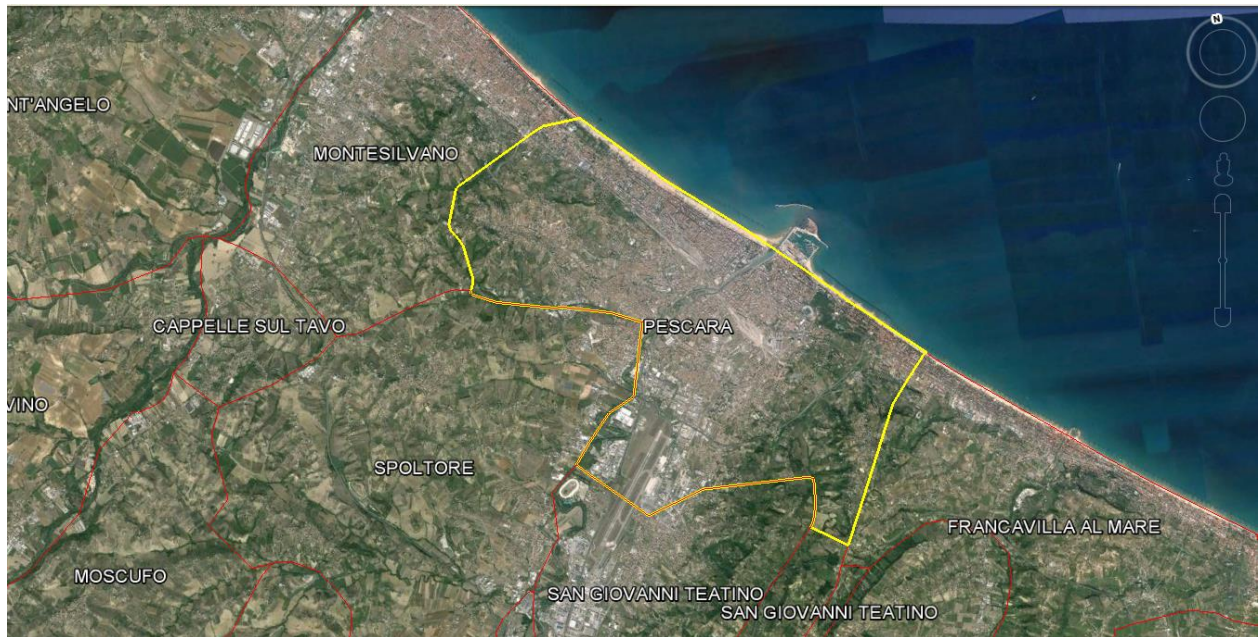


Figura 3 - Inquadramento amministrativo territorio comunale di Pescara (PE).

Il Comune di Pescara rientra nel Foglio 351 E in scala 1:25.000 della Carta Topografica d'Italia (serie ED 50), di cui si riporta uno stralcio (fig. 4), ed è compreso negli Elementi numero 351101, 351114, 351111, 351102, 351113, 351154, 351151, della Carta Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:5.000 (fig. 5).

Il sito di progetto si trova su un territorio di quote comprese tra 6,00 e 15,00 metri s.l.m.

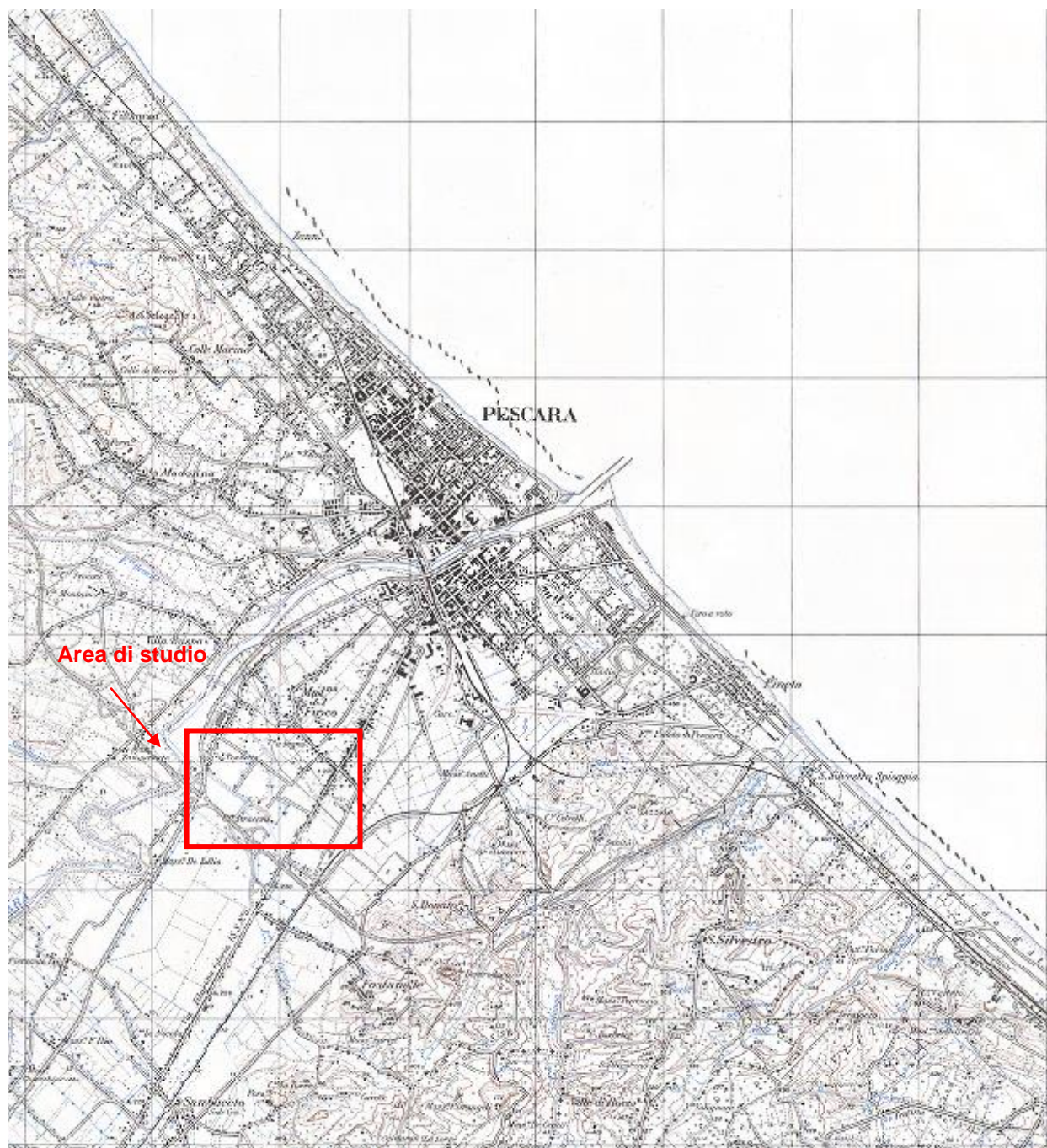


Figura 4 - Stralcio di Foglio 351 Est della Carta Topografica d'Italia in scala 1:25.000, nel riquadro rosso è indicata l'area di studio.

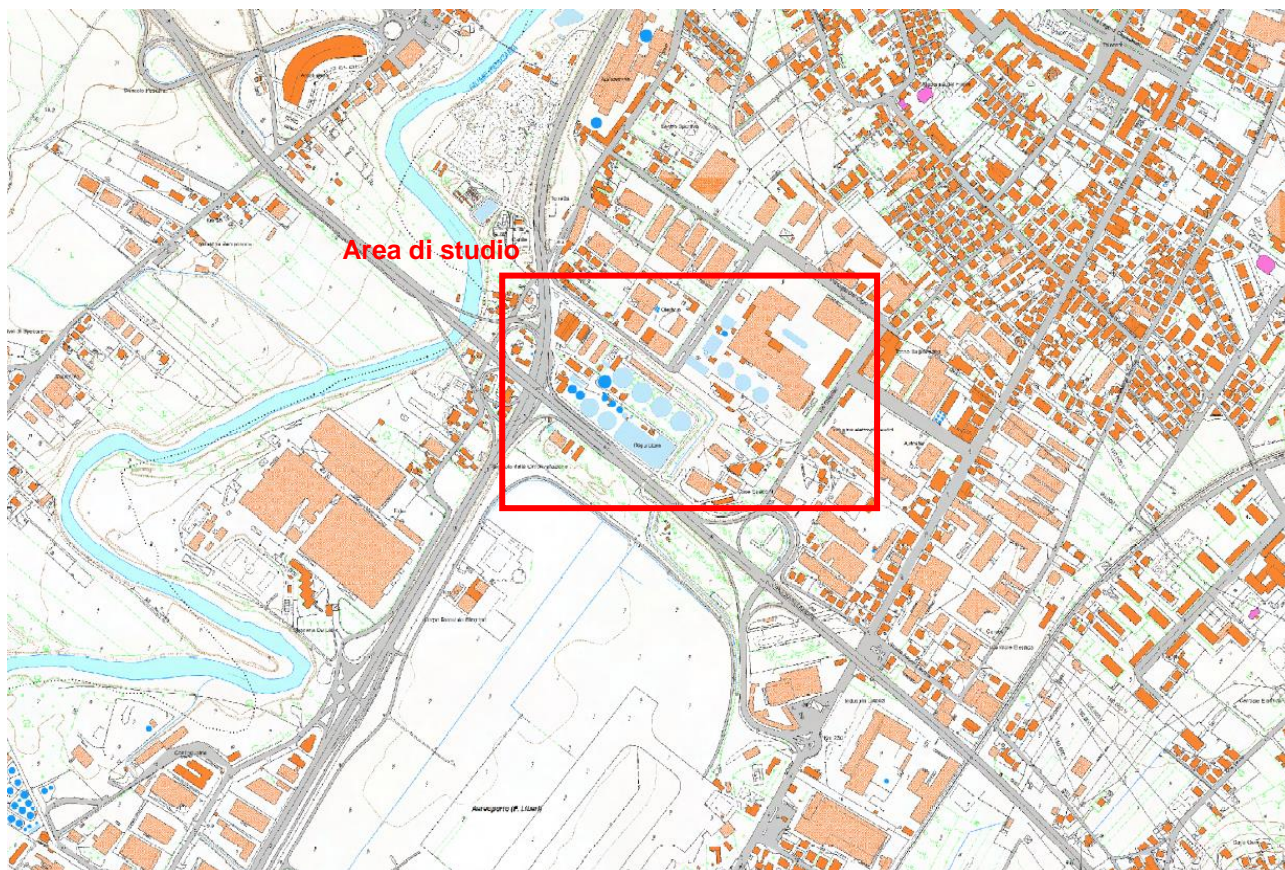


Figura 5 - Stralcio di Carta Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:5.000, nel riquadro rosso è indicata l'area di studio e il sito di progetto.

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di studio si trova nel settore orientale più esterno del settore abruzzese e dal punto di vista tettonico-paleogeografico nell'Unità tettonica denominata: *Avanfossa periadriatica*. Tale unità è costituita da una profonda depressione allungata parallelamente all'attuale linea di costa e, durante il sollevamento della Catena Appenninica nel Pliocene, è stata sede di notevoli fenomeni di subsidenza.

In tale fossa si sedimentarono, quindi, materiali terrigeni a grana finissima, che generarono la Formazione conosciuta in letteratura come "*Argille grigio-azzurre*" attribuite al Plio-Pleistocene.

I depositi affioranti fanno parte della successione silicoclastica del Pliocene superiore – Pleistocene inferiore, in concordanza al di sopra dei depositi del Pliocene medio – superiore. Temporalmente si collocano dopo l'ultima fase di migrazione verso l'avampaese del fronte deformativo e del depocentro torbido.

La fase di segmentazione del depocentro principale in depocentri minori avviene in concomitanza con la struttura costiera, databile al Pliocene inferiore terminale. Da questo momento, fino al top del Pliocene superiore, le successioni sedimentarie registrano un decremento dei tassi di subsidenza tettonica e mostrano una tendenza *shallowing upward*.

La successione marina, nota in letteratura come *Formazione di Mutignano*, rappresenta una successione marina riferibile ad ambienti che vanno dall'*offshore* allo *shoreface*, con fasi di progradazione degli ambienti deposizionali verso le aree bacinali, con tendenza al colmamento del depocentro plio-pleistocenico. Tale successione ha inizio con la deposizione di litotipi trasgressivi e discordanti sulla Formazione della Laga, cui segue una potente successione argillosa nella quale sono intercalati, a varie altezze stratigrafiche, corpi e/o orizzonti clastici a granulometria fine e grossolana. La sequenza si chiude con sabbie e conglomerati in facies da litorale a continentale.

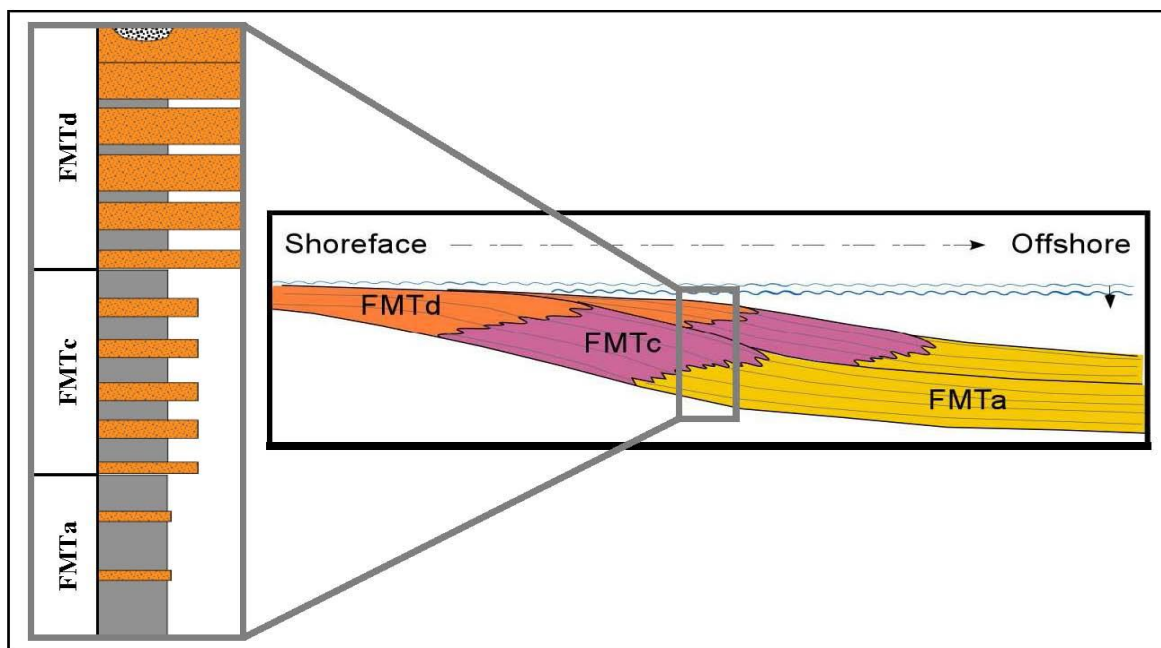


Figura 6 - Organizzazione verticale e spazio - temporale dei depositi della Formazione di Mutignano.

La successione marina della **Formazione di Mutignano**, è caratterizzata da tre principali facies, l'associazione *pelitico-sabbiosa* (FMTa), con a luoghi corpi conglomeratici (FMTb), associazione *sabbioso-pelitica* (FMTc) e *sabbioso-conglomeratica* (FMTd).

L'associazione *pelitico-sabbiosa* è costituita alla base da argille grigio-azzurre con sottili livelli sabbiosi, passanti verso l'alto ad argille sabbiose grigio-avana con livelli siltosi fini grigio chiaro a laminazione incrociata con faune di acqua bassa. Al loro interno si rinvencono frequenti macrofossili quali gasteropodi e bivalvi.

L'associazione *sabbioso-pelitica* è costituita da un'alternanza di sabbie e sabbie siltose giallo-ocra, a variabile grado di cementazione, ed argille e argille siltose grigiastre sottilmente laminate. Lo spessore degli strati sabbiosi aumenta, dal basso verso l'alto, da sottile a medio ed il rapporto sabbia/argilla è pressoché pari a 1. Gli strati sabbiosi generalmente in rapporto erosivo sulle peliti, possono presentare laminazioni parallele.

L'associazione *sabbioso-conglomeratica* è costituita da una successione di sabbie e arenarie di colore giallastro, frequentemente bioturbate, in strati da medi a spessi, alternate a lenti e strati di ghiaie e di conglomerati. Localmente sono presenti livelli, da millimetrici a centimetrici, di peliti grigie.

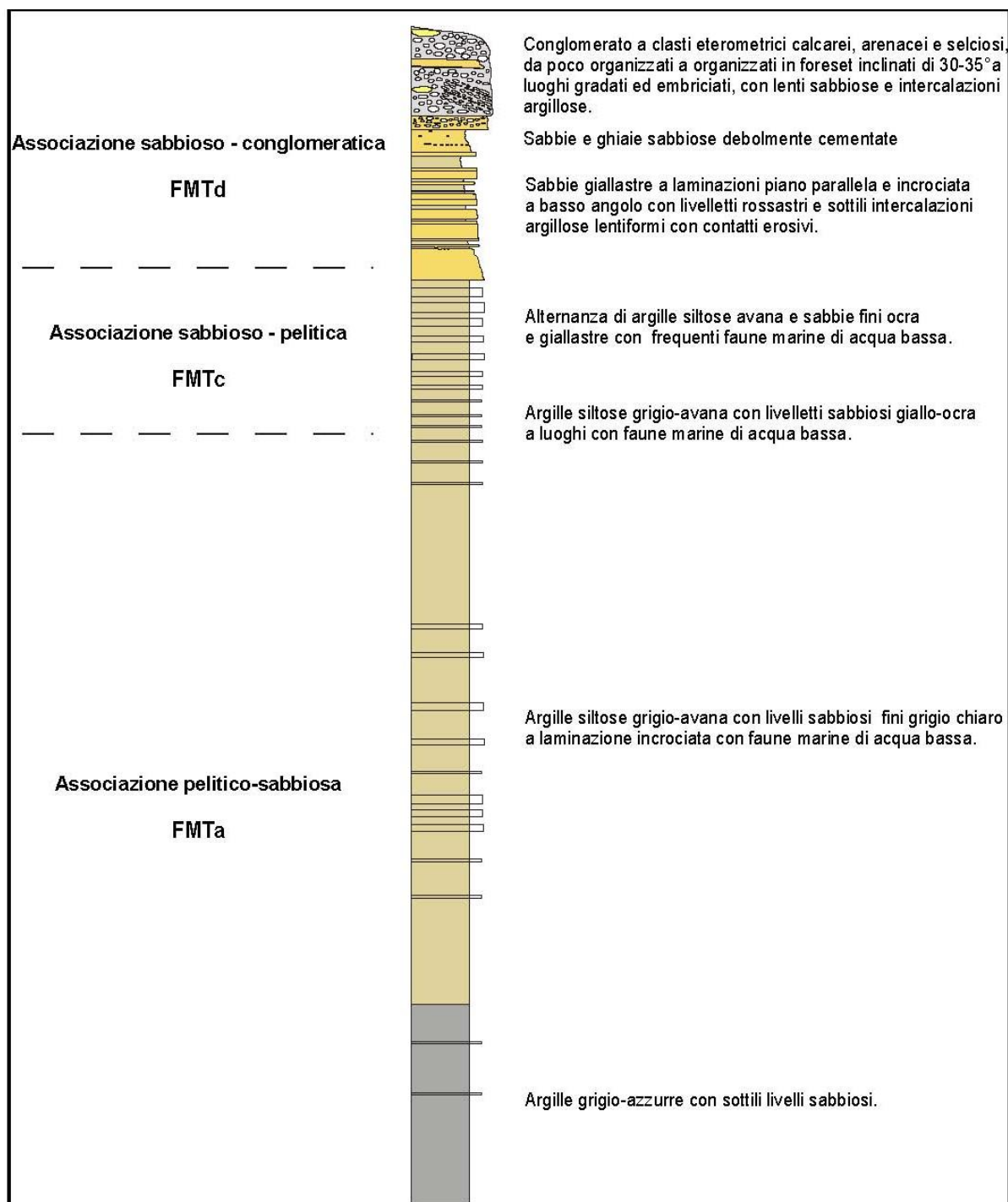


Figura 7 - Log stratigrafico della Formazione di Mutignano.

Nel Quaternario, in discordanza stratigrafica con le Argille siltose grigio-azzurre, si depositarono i sedimenti del Fiume Pescara. Quest'ultimo apporto sedimentario, nel tempo è stato condizionato dalle variazioni eustatiche, le quali hanno influenzato il potere erosivo e di trasporto del fiume stesso.

La successione di episodi di erosione e di deposito da parte del corso d'acqua ha causato la formazione di morfosculture a forma di ripiano noti in letteratura come "Terrazzi fluviali".

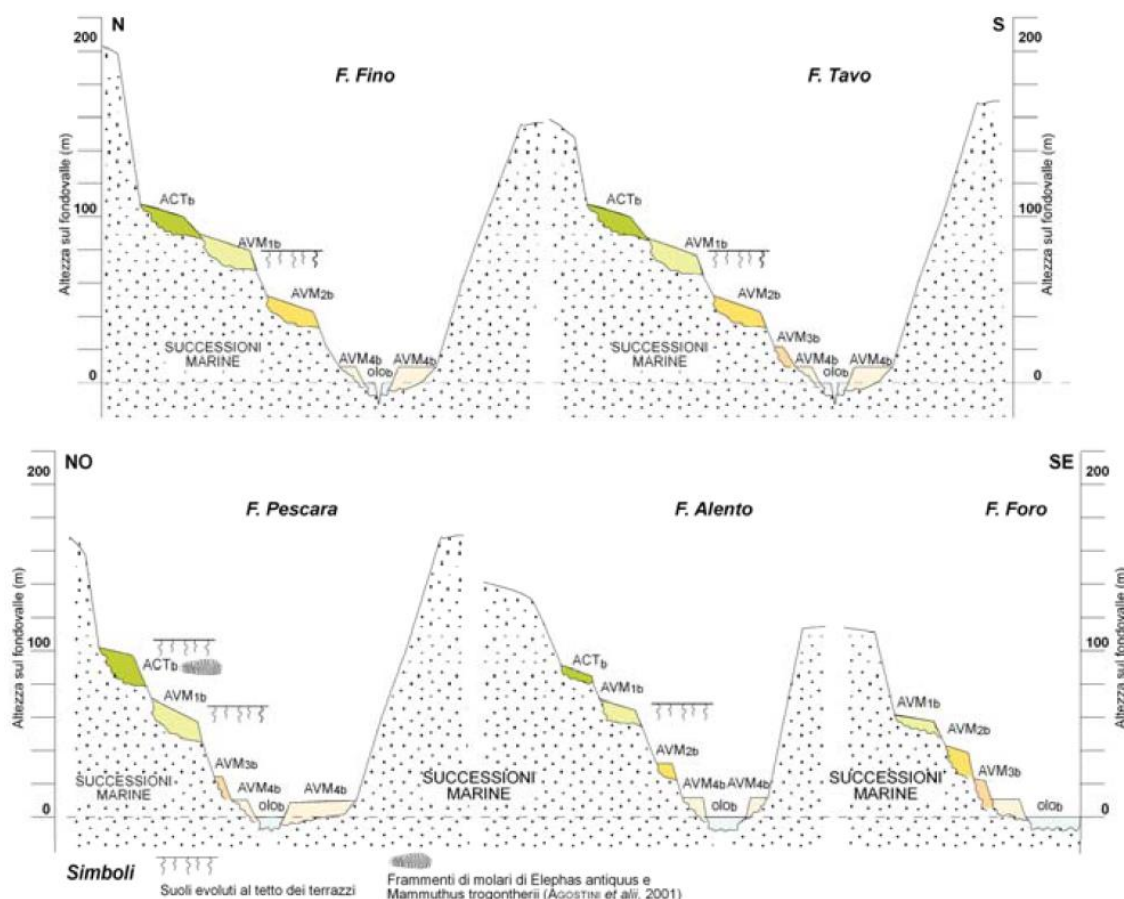


Figura 8 – Schema morfo-litostratigrafico delle unità distinte nei depositi post-orogenetici del Quaternario continentale.

Si tratta di antichi alvei abbandonati dal fiume in seguito ad una fase erosiva che ha provocato l'approfondimento dell'alveo stesso che, attualmente, si trova ad una quota più bassa. Il Fiume Pescara, nell'ambito del territorio indagato, presenta due ordini di Terrazzi in sinistra idrografica (II e III ordine) ed un ordine in destra idrografica (III Ordine).

Tale diversità è dovuta alla paleogeografia dell'area, che vedeva l'asse vallivo spostato in destra idrografica, al bordo delle colline di *Fontanelle e San Giovanni Teatino*.

Scorrendo, quindi, sul lato meridionale della valle, il fiume erodeva le colline alla base, provocando il disfacimento dei Terrazzi fluviali, che aveva in precedenza formato.

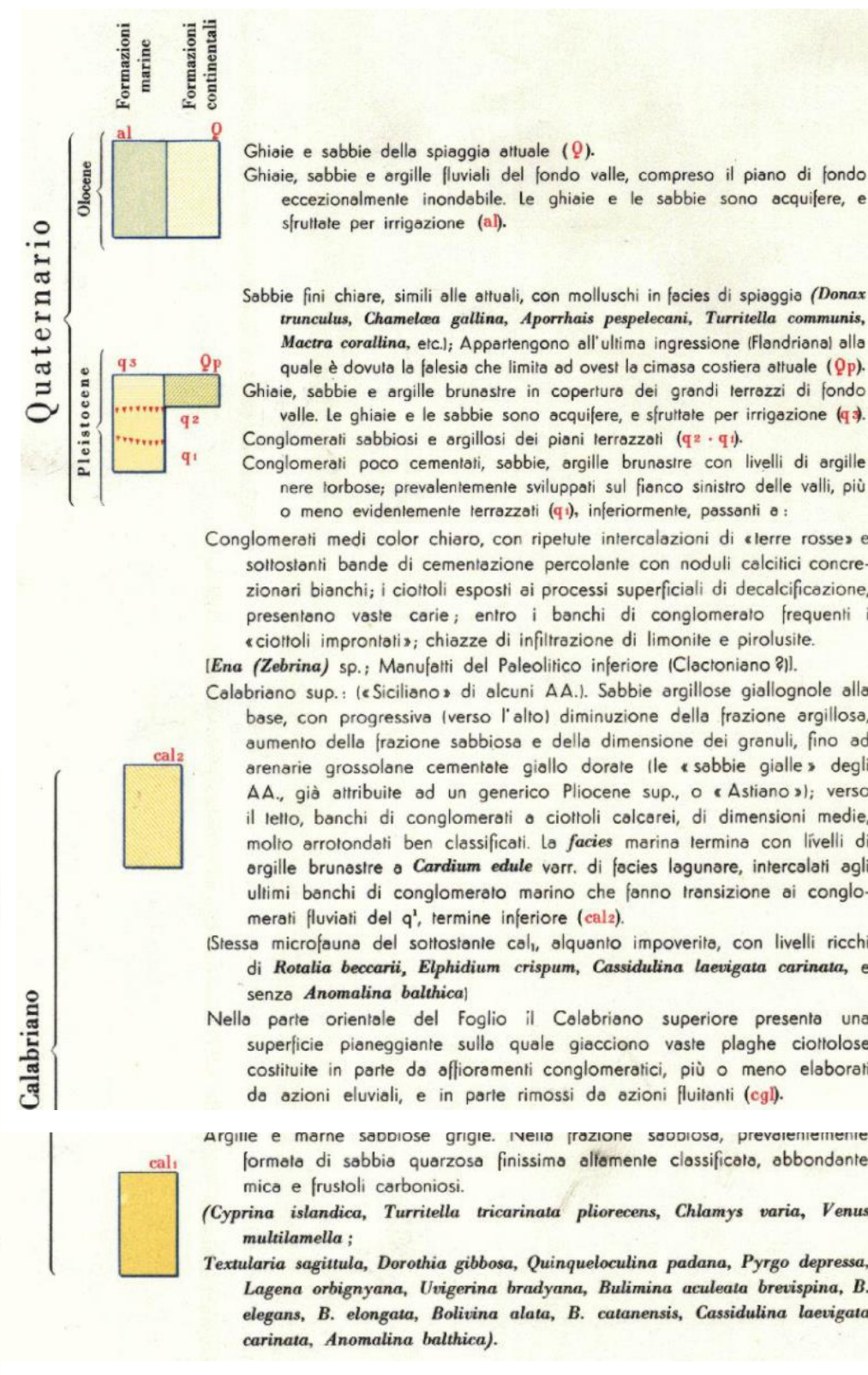
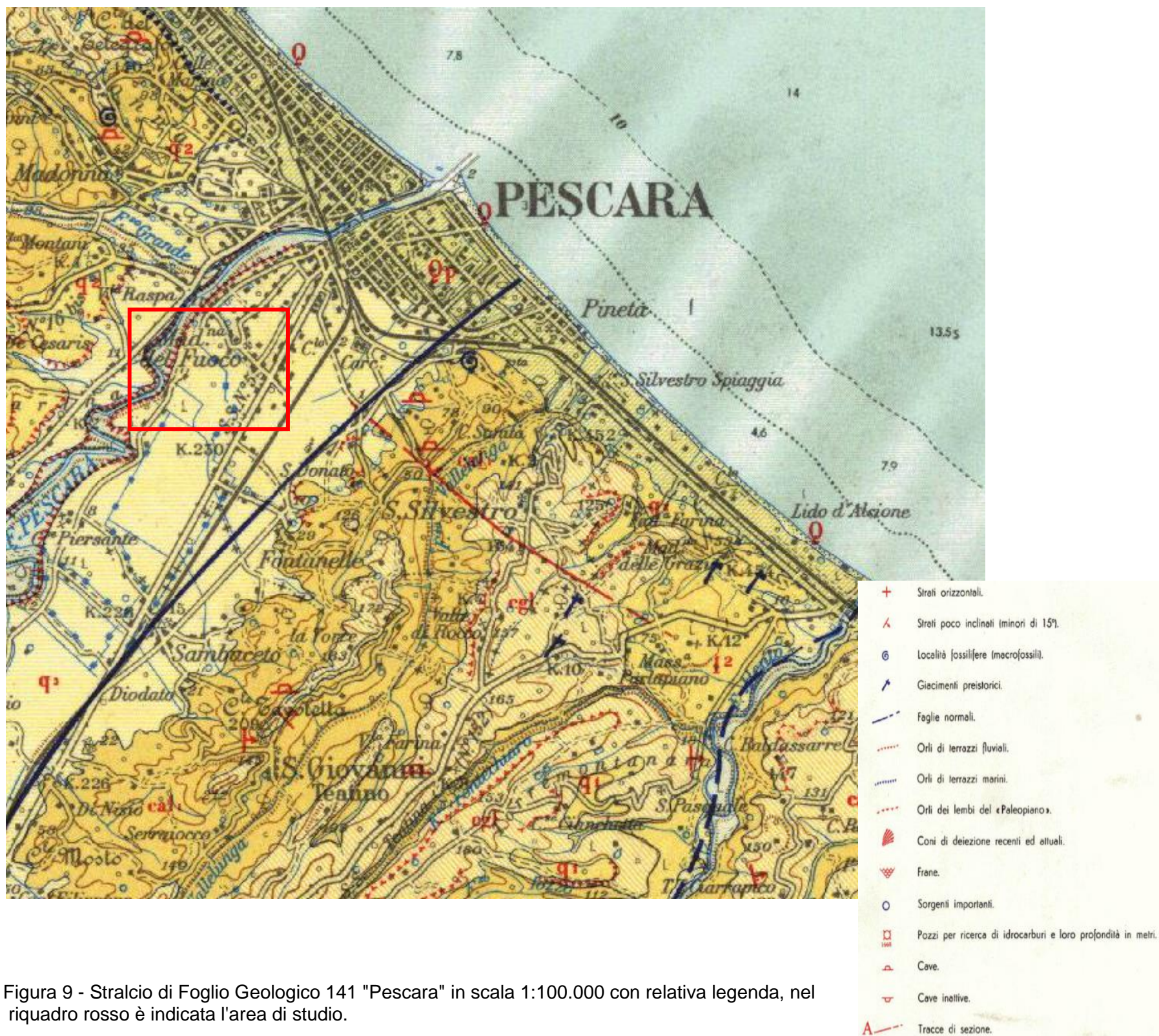
Successivamente il letto del fiume si sposta sensibilmente verso nord fino ad assumere l'andamento attuale che in alcuni punti lambisce le colline plio-pleistoceniche. Tale situazione provoca un fenomeno di erosione di sponda, conseguentemente al quale, nei punti di erosione si può verificare la diminuzione dell'estensione del terrazzo o addirittura la sua scomparsa.

L'area di progetto posta in destra idrografica del fiume, ricade in un lembo di terrazzo costituito da terreni a granulometria variabile, da unità limosa argillosa a depositi prettamente granulari. I terreni che caratterizzano il sottosuolo dell'area indagata, come già detto in precedenza, risultano costituiti da sedimenti recenti di sedimentazione fluviale, caratterizzati da una marcata discontinuità laterale dei depositi, che risultano organizzati in lenti o sacche.

L'area di studio è compresa all'interno del Foglio 141 "Pescara" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 e nel foglio 351 "Pescara" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 realizzata nell'ambito del Progetto CARG, di cui si riportano gli stralci (fig. 9 e 10).

Da quanto emerge dalla carta geologica Foglio 141 "Pescara" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, l'area di studio è caratterizzata da ghiaie, sabbie e argille brunastre in copertura dei grandi terrazzi di fondovalle.

Dall'osservazione della carta geologica in scala 1:50.000 (CARG) si evince che il sito è caratterizzato dalla presenza di depositi olocenici alluvionali e da depositi di terrazzo appartenenti al sistema di Valle Majelama (Sintema di Chieti Scalo). Lo stesso è costituito da depositi alluvionali, sabbie, limi e ghiaie, con stratificazione piano – parallela, localmente massive, con lenti di argille e torbe. Le ghiaie sono ben arrotondate e presentano clasti poligenici.



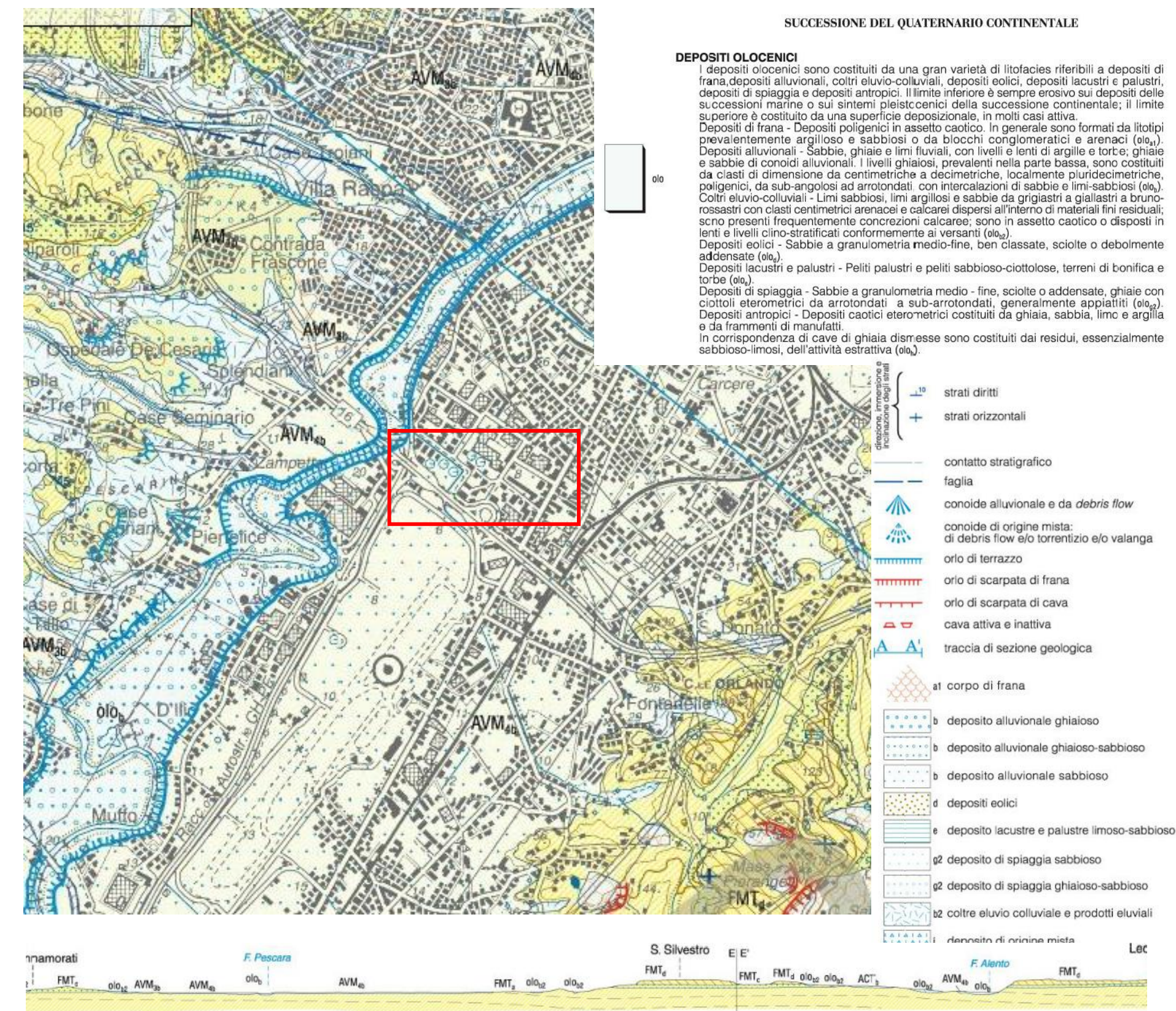
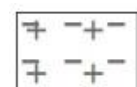
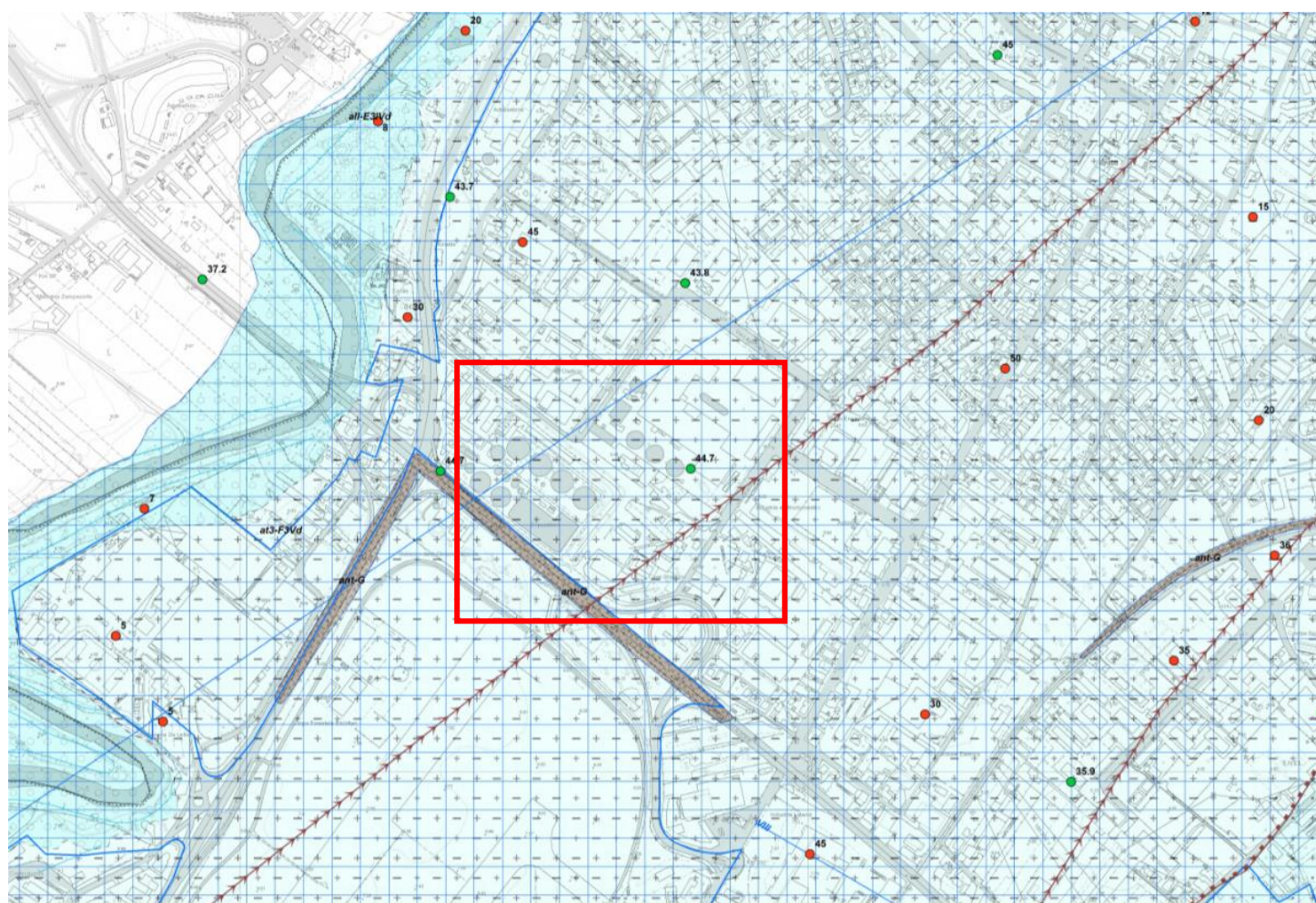


Figura 10 - Stralcio di Foglio Geologico 351 "Pescara" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 realizzata nell'ambito del Progetto CARG, nel riquadro rosso è indicata l'area di progetto.

Come anticipato in premessa, nell'ambito di tali studi, sono stati presi in esame i risultati degli studi condotti nell'ambito della Microzonazione Sismica di I livello. Dallo stralcio di Carta Geologico – Tecnica di seguito riportata, si evince che nell'area di studio sono presenti depositi limoso – argillosi ricchi in materiale organico, poco consistenti della piana alluvionale. Sono presenti lenti di sabbie ghiaiose.



F3Vd – Depositi limoso- argillosi ricchi di materiale organico poco consistenti della piana alluvionale. Verso il basso aumenta la frazione argillosa. Si rinvencono lenti di sabbie ghiaiose generalmente decimetriche mediamente addensate. La porzione superficiale si presenta localmente indurita per essiccazione. Depositi in ambiente fluvio – lacustre, di rotta e di barra, nel depocentro hanno uno spessore di circa 40 m e poggiano su un orizzonte basale di ghiaie calcaree addensate fluvio-deltizie.



DEL – Depositi di delta
Depositi costituiti da sabbie e sabbie-limose con lenti di ghiaie e di torbre sciolte. L'ambiente deposizionale è da attribuirsi all'interazione tra gli apporti sedimentari delle maree e a quelli dovuti all'afflusso fluviale.
Età: Olocene
(Fonte: Carta Geologica d'Italia CARG F.131 Pescara – Rusciadelli G. et. all., 2000)



ALL – Depositi alluvionali
I depositi appartenenti alla piana alluvionale, composti da limi – argillosi, argille limose e lenti ghiaioso – sabbiose e sabbioso – ghiaiose sciolte.
Età: Olocene. (Fonte: Carta Geologica d'Italia CARG F.131 Pescara – Rusciadelli G. et. all., 2000)



AT – Depositi alluvionali terrazzati

at1 at2 at3

I depositi appartenenti alla piana alluvionale e a terrazzi fluviali (at3) sono prevalentemente composti da lenti discontinue di limi – argillosi e argille limose a forte componente organica e livelli torbosi da poco consistenti a inconsistenti con lenti ghiaioso – sabbiose e sabbioso – ghiaiose moderatamente addensate. L'orizzonte superficiale è localmente indurito per essiccazione. Hanno uno spessore che varia da 40 a 50 metri con ispessimento verso est nel depocentro, fino ai 12 – 15 metri ai margini. I terrazzi fluviali più antichi (at1 – at2) sono principalmente costituiti da limi sabbiosi ed argille sabbiose moderatamente consistenti. Lo spessore varia dai 5 ai 20 metri. Il passaggio al sottostante substrato marino è in discordanza angolare ed erosivo; avviene in genere con un livello ghiaioso – sabbioso addensato.
Età: Pleistocene medio – Pleistocene superiore
(Fonte: Carta Geologica d'Italia CARG F.131 Pescara – Rusciadelli G. et. all., 2000)



Area con falda a profondità dal p.c. < 15 metri

Figura 11 – Stralcio di carta geologico – tecnica (MZS I livello) nel riquadro rosso è indicata l'area di progetto.

5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

La fisiografia del territorio abruzzese è caratterizzata dalla successione di ampie aree orograficamente omogenee: procedendo da oriente verso occidente si individua dapprima la fascia collinare costiera, quindi la fascia pedemontana ed infine la zona montana.

L'orografia del territorio è quella tipica della fascia collinare più orientale e costiera periadriatica, caratterizzata da un paesaggio collinare lentamente digradante verso NE, modellato nelle successioni argilloso sabbioso – conglomeratiche plio – pleistoceniche e da una piana costiera di ampiezza variabile da 1 a 2 Km.

I rilievi collinari sono dissecati dalle valli dei fiumi principali, come quella del Fiume Pescara, che si sviluppano in direzione SO –NE dai margini della catena appenninica, trasversalmente ad essa, fino alla costa adriatica.

L'idrografia è contraddistinta dalla presenza del Fiume Pescara, il cui alveo risulta da marcatamente sinuoso fino a meandriforme, che scorre in un'ampia piana alluvionale.

L'aspetto morfologico della zona risulta condizionato direttamente dalla presenza del Fiume Pescara e dalla sua evoluzione temporale che ha permesso la genesi di terrazzi alluvionali costituiti da superfici pianeggianti e sub-pianeggianti, orlate da scarpate di erosione fluviale, poste a quote maggiori rispetto all'attuale corso del fiume stesso.

L'area di studio si trova nel settore di piana alluvionale del Fiume Pescara. L'alternanza di episodi di erosione e deposito da parte del corso d'acqua, hanno creato la formazione di morfo-sculpture a forma di ripiani definite terrazzi alluvionali.

La morfologia generale dell'area vede la presenza di superfici ampie sub-pianeggianti che si estendono parallelamente al corso d'acqua e si raccordano esternamente ai blandi rilievi collinari, solcati da piccoli fossi e dai corsi d'acqua minori. Il sito di interesse si inserisce in una zona dalla topografia sub-pianeggiante a bassissima pendenza (compresa tra 0° e 15°), che ha permesso, considerata la condizione di stabilità morfologica e la presenza del F. Pescara, dall'inizio del secolo scorso fino ad oggi,

l'espansione urbanistica della Città di Pescara, che in alcuni casi ha modificato ed obliterato alcune forme morfologiche (canali e fossi).

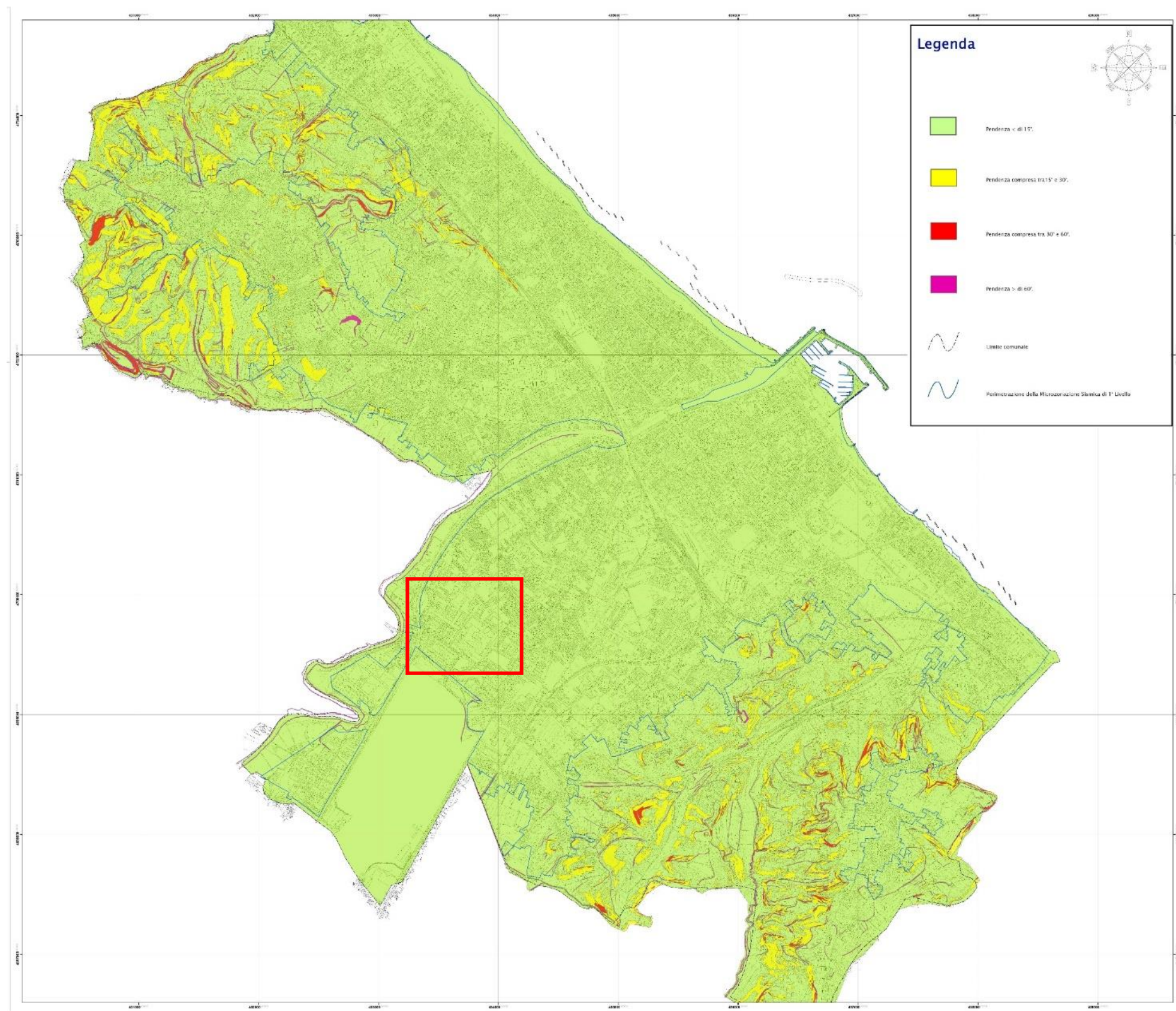


Figura 12 - Carta delle pendenze del territorio comunale di Pescara (non in scala) realizzato a partire dal Modello Digitale del Terreno con lato della cella 5X5 metri, costruito in scala 1:5.000.

L'area di studio rientra nel Foglio 351 E della "Carta Geomorfologica", della "Carta della Pericolosità da frana" e della "Carta del Rischio da frana" pubblicate nell'ambito del progetto PAI (Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dei bacini di rilievo regionale abruzzesi e del bacino interregionale del Fiume Sangro L. 18.05.1989 n.183 art.17 comma 6 ter. edito dalla Regione Abruzzo Direzione Territorio Urbanistica, Beni Ambientali, Parchi, Politiche e Gestione dei Bacini Idrografici – Servizio Difesa del Suolo – Autorità dei Bacini Regionali L.R. 16.09.1998 n.81 e L.R. 24.08.2001 n.43).

In queste, di cui di seguito si riportano gli stralci (fig. 13 – 14 – 15), si evince che nel sito di progetto, in destra idrografica del F. Pescara, non sono perimetrate forme di instabilità che possono creare pericolosità o rischio. Inoltre, all'atto del sopralluogo non sono emersi indizi di potenziale instabilità, per cui l'area risulta stabile.

Tuttavia, la carta di Microzonazione sismica MOPS di I livello definisce l'area come zona di attenzione per instabilità di liquefazione di tipo 1, per cui è stata svolta la verifica alla liquefazione (vedi cap. 9).

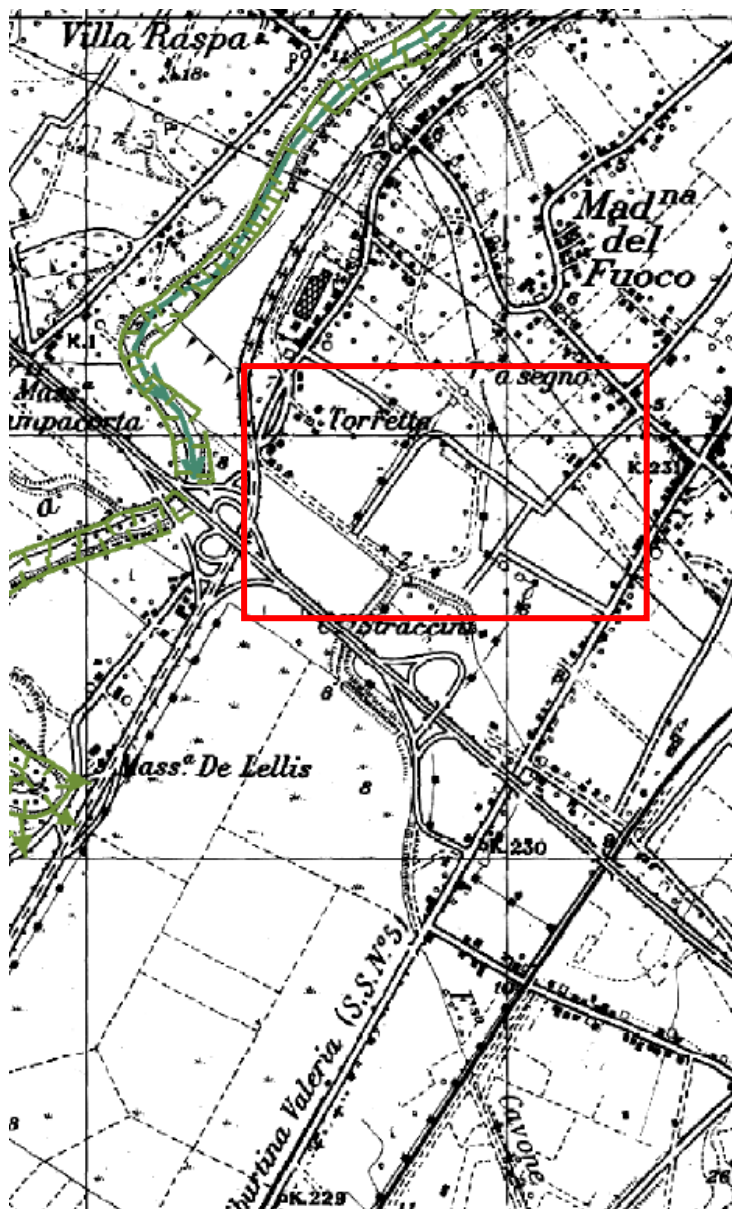


Figura 13 - Stralcio di Foglio 351 E della Carta Geomorfologica PAI in scala 1:25.000, nel riquadro rosso è indicata l'area di progetto.

Limite territorio Autorità di Bacino				
FORME STRUTTURALI	Orlo di scarpata di faglia			
	Orlo di scarpata con influenza strutturale			
	Orlo di scarpata di linea di faglia			
	Orlo di scarpata con influenza strutturale interessata da caduta di detrito			
		STATO DI ATTIVITA'		
		ATTIVO	QUIESCENTE	NON ATTIVO
FORME, PROCESSI E DEPOSITI GRAVITATIVI DI VERSANTE	Orlo di scarpata di degradazione e/o di frana			
	Trincea o fessura			
	Frattura di trazione			
	Versante interessato da deformazione profonda			
	Versante interessato da deformazioni superficiali lente			
	Corpo di frana di crollo e ribaltamento			
	Corpo di frana di scorrimento:			
	(A) Traslativo			
	(B) Rotazionale			
	Corpo di frana di colamento			
	Corpo di frana di genesi complessa (inclusi fenomeni di trasporto e di massa)			
	Piccola frana o gruppo di piccole frane non classificate			
FORME, PROCESSI E DEPOSITI PER ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI	Contropendenza significativa nel corpo di frana			
	Orlo di scarpata di erosione fluviale o torrentizia			
	Alveo con erosione laterale o sponda in erosione			
	Alveo con tendenza all'approfondimento			
	Solco da ruscellamento concentrato			
	Superficie a calanchi e forme similari			
	Superficie con forme di dilavamento prevalentemente diffuso			
	Superficie con forme di dilavamento prevalentemente concentrato			
	Conoide alluvionale			
	Cono di origine mista			
FORME CARSIICHE	Depressione palustre			
	Dolina			
	Campo di doline			
FORME, PROCESSI E DEPOSITI CRONIALI	Inghiottitico			
	Forme di erosione			
	Orlo di nicchia di rivazione			
FORME GLACIALI	Canalone di valanga			
	Forme di accumulo			
	Rock glacier			
FORME E PROCESSI COSTIERI	Orlo di scarpata			
	Orlo di circo			
	Orlo di scarpata di erosione marina			
FORME E PROCESSI ANTROPICI	Orlo di scarpata artificiale			
	Terrazzamento agrario			
	Sbarramento			
	Lago artificiale			
Cavità sotterranee naturali e/o antropiche				

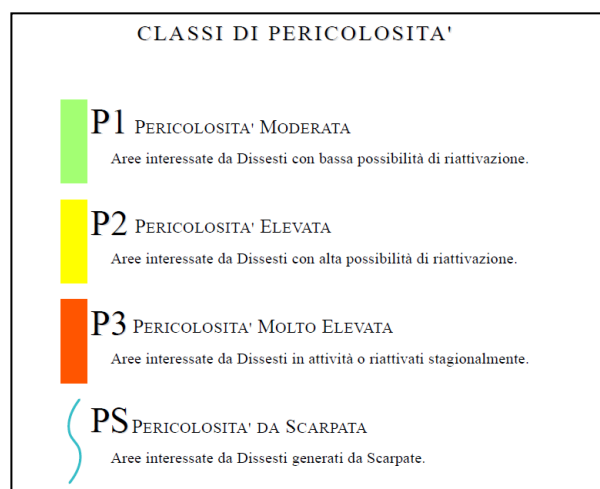
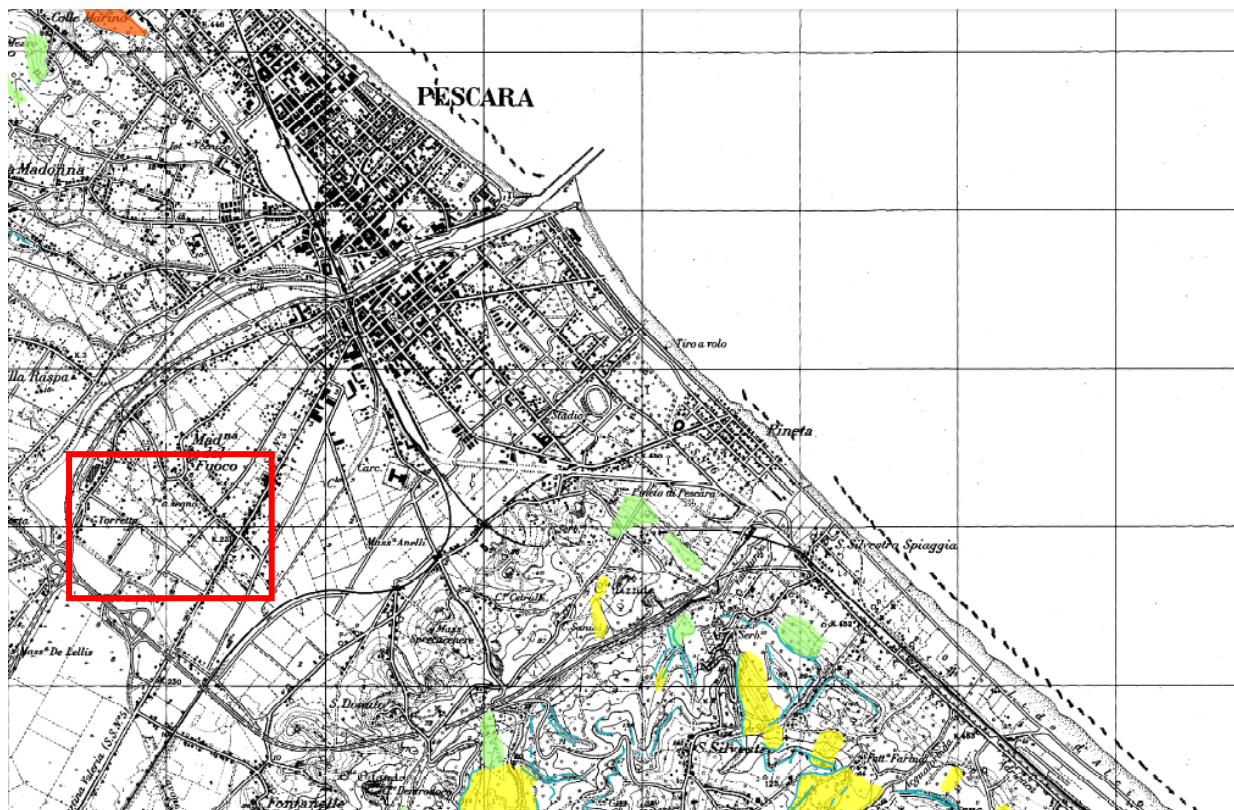


Figura 14 - Stralcio di Carta della Pericolosità PAI in scala 1:25.000, nel riquadro rosso è indicata l'area di studio.

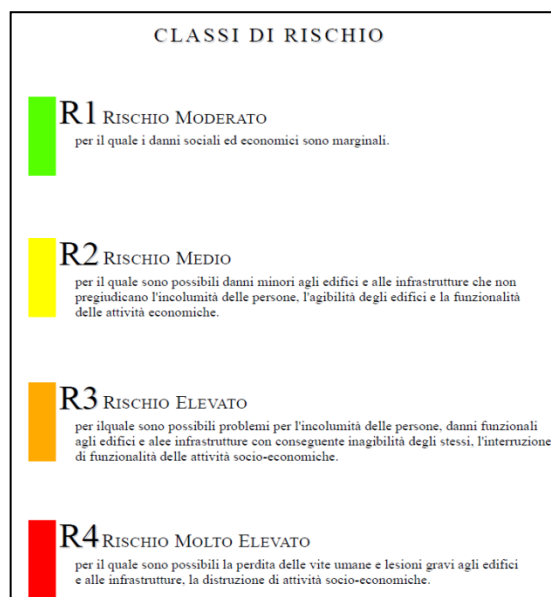
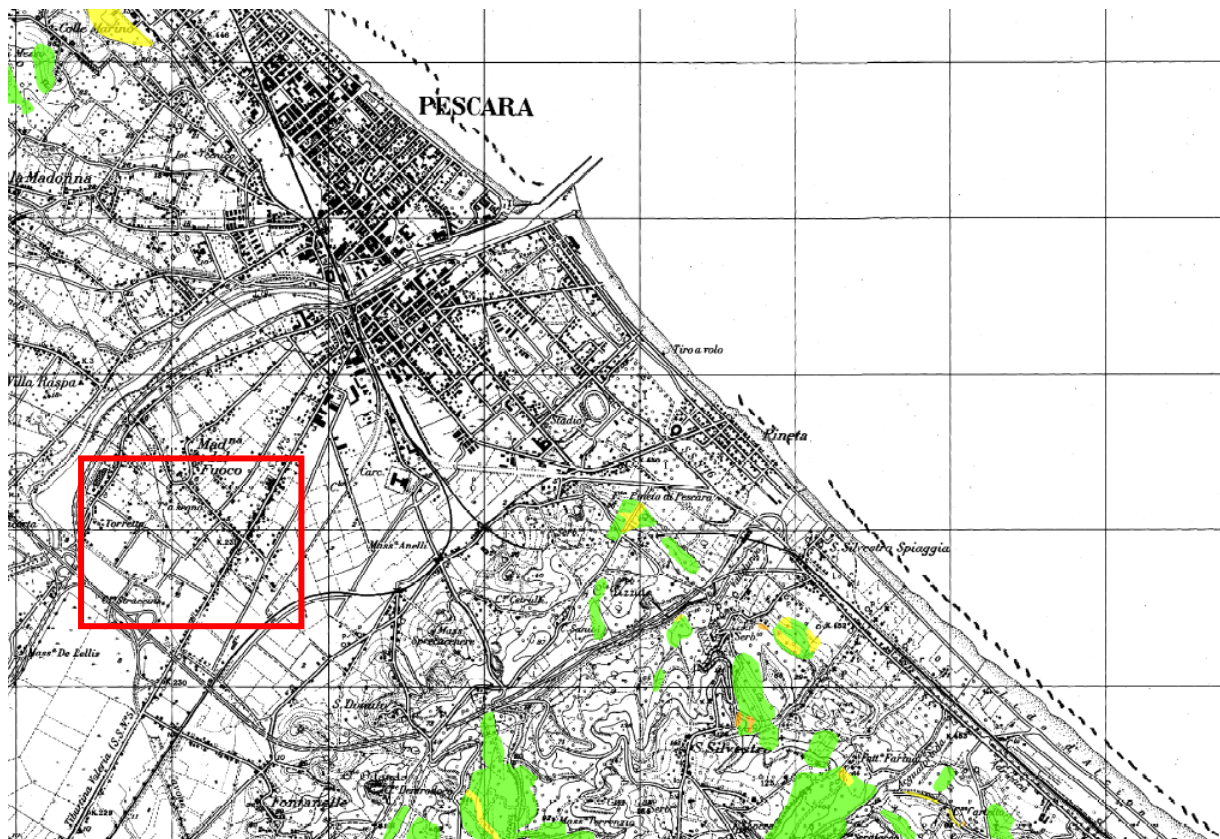


Figura 15 - Stralcio di Carta del Rischio PAI in scala 1:25.000, nel riquadro rosso è indicata l'area di studio.

Per una migliore comprensione della morfologia del territorio e dell'ubicazione delle forme del territorio, attraverso l'uso del software ArcGIS, è stata realizzata la carta delle pendenze (fig. 16), sul Digital Elevation Model (DEM) costruito con passo della cella 5X5 metri, e sono state riportate le forme del territorio e le classi di pericolosità e rischio cartografate nell'ambito del progetto di Piano PAI.

Come emerge dalla Carta delle Pendenze (fig. 16) il sito di progetto è caratterizzato da pendenze comprese tra 0° e 5°.

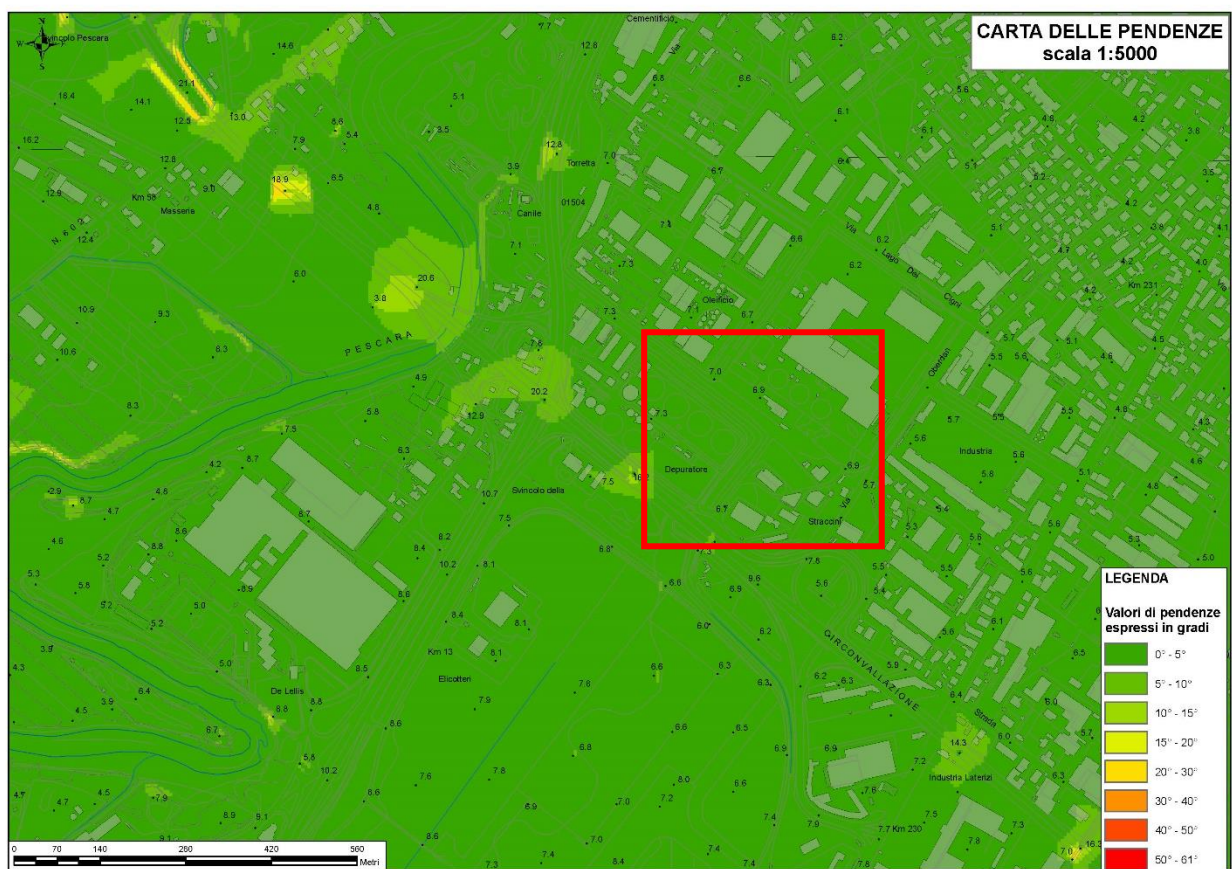


Figura 16 – Carta delle pendenze realizzata mediante l'uso del software ArcGIS.

6. CARATTERI IDROLOGICI E IDROGEOLOGICI

L'idrografia superficiale dell'area è dominata, nelle sue linee principali, dal Fiume Pescara, che confluisce ad est, nel Mar Adriatico.

FIUME ATERNO - PESCARA

Il Fiume Aterno - Pescara ha un bacino idrografico che copre un'area totale di 3147,77 Km² ed ha un perimetro di 394,91 Km. L'area del bacino idrografico può essere suddivisa, in linea molto generale, in tre sezioni: alto, medio e basso corso.

Caratteristiche del bacino idrografico			
Nome bacino	Area totale (Km ²)	Sezione	Area (Km ²)
Aterno-Pescara	3147,77	Alto Corso*	1908,57
		Medio Corso**	701,89
		Basso Corso***	537,31

Nome	Area (Km ²)	Perimetro (Km)	Estensione latitudinale ¹ (m)		Estensione longitudinale ¹ (m)	
			N min	N max	E min	E max
Aterno-Pescara	3147,77	394,91	4630260	4715185	2364361	2456540

Dal punto di vista amministrativo il bacino idrografico del Fiume Aterno - Pescara rientra interamente nella Regione Abruzzo, prevalentemente nella Provincia di L'Aquila, e, a seguire, nella Provincia di Pescara, Chieti e Teramo. Di seguito si riporta una tabella riassuntiva.

Nome bacino	Province	Numero Comuni	Area del bacino ricadente nella Provincia (Km ²)	% Area totale del bacino ricadente nella Provincia
Aterno-Pescara	Chieti	9	56,7	1,80
	L'Aquila	69	2281,51	72,48
	Pescara	40	809,55	25,72
	Teramo	1	0,01	0,00

Il Fiume Pescara scorre per 152 km dalla sorgente Capo Pescara, nei pressi della riserva naturale di Popoli, fino alla foce, attraversando l'Abruzzo da ovest verso est. Il Fiume Pescara è composto da una rete idrica superficiale molto articolata, alimentata in parte da sorgenti perenni, ed in parte dallo scioglimento dei nevai in quota, attraverso una ricca rete di torrenti stagionali. I principali affluenti del Pescara, procedendo da monte verso valle, sono: il Fiume Tirino e il Torrente Cigno in sinistra idrografica; il Fiume Orta, il Fiume Lavino e il Fiume Nora in destra idrografica. La foce, sistemata a porto canale, è situata nel centro abitato della città di Pescara.

L'idrografia secondaria è rappresentata dal Fosso Vallelunga e dal Fosso Grande. Il primo si sviluppa in direzione SW-NE, presenta un pattern sub-dendritico ed attraversa l'area meridionale della città di Pescara. Il secondo si sviluppa in direzione NW-SE ed attraversa l'area settentrionale della città di Pescara.

Le piane alluvionali centro adriatiche (tra cui quella del Fiume Pescara) sono localizzate ad est della struttura carbonatica della catena appenninica e la loro estensione varia da circa 30 a 140 km² e la loro larghezza varia da circa 1 a 4 km procedendo verso la costa.

Esse sono disposte prevalentemente E-W e presentano una morfologia derivata dall'interazione tra la distensione Pleistocenica e gli eventi climatici quaternari.

L'evoluzione morfostrutturale delle piane è condizionata dai corsi d'acqua, dai fattori deposizionali ed erosivi, dalla geometria dei depositi alluvionali e del substrato.

Le piane alluvionali sono costituite da depositi ghiaiosi e sabbiosi con intercalazioni di corpi lenticolari siltosi e argillosi.

In generale sono riconosciuti quattro ordini di terrazzo. I depositi di terrazzo di quarto ordine sono generalmente costituiti da ghiaie e conglomerati arrotondati, selezionati e di dimensioni centimetriche immersi in matrice sabbiosa e limosa. Più raramente i ciottoli sono di dimensioni maggiori del centimetro e mal selezionati. Talvolta sono presenti lenti e livelli sabbiosi limosi. Dal punto di vista idraulico questo ordine di terrazzo è in contatto idraulico con quello di terzo ordine. I terrazzi di terzo ordine sono generalmente ugualmente distribuiti in destra e sinistra idrografica dei fiumi, ma poiché è in atto una migrazione dei corsi d'acqua verso sud e sud-est, tali depositi sono sviluppati prevalentemente in sinistra idrografica e sono, con detto in precedenza, in contatto idraulico con i depositi superiori.

La pianura alluvionale del Fiume Pescara è caratterizzata da estesi e spessi corpi costituiti da depositi fini intercalati a depositi ghiaiosi e ghiaiosi sabbiosi, per cui costituisce un acquifero multistrato a trasmissività variabile (fig. 17 - 18).

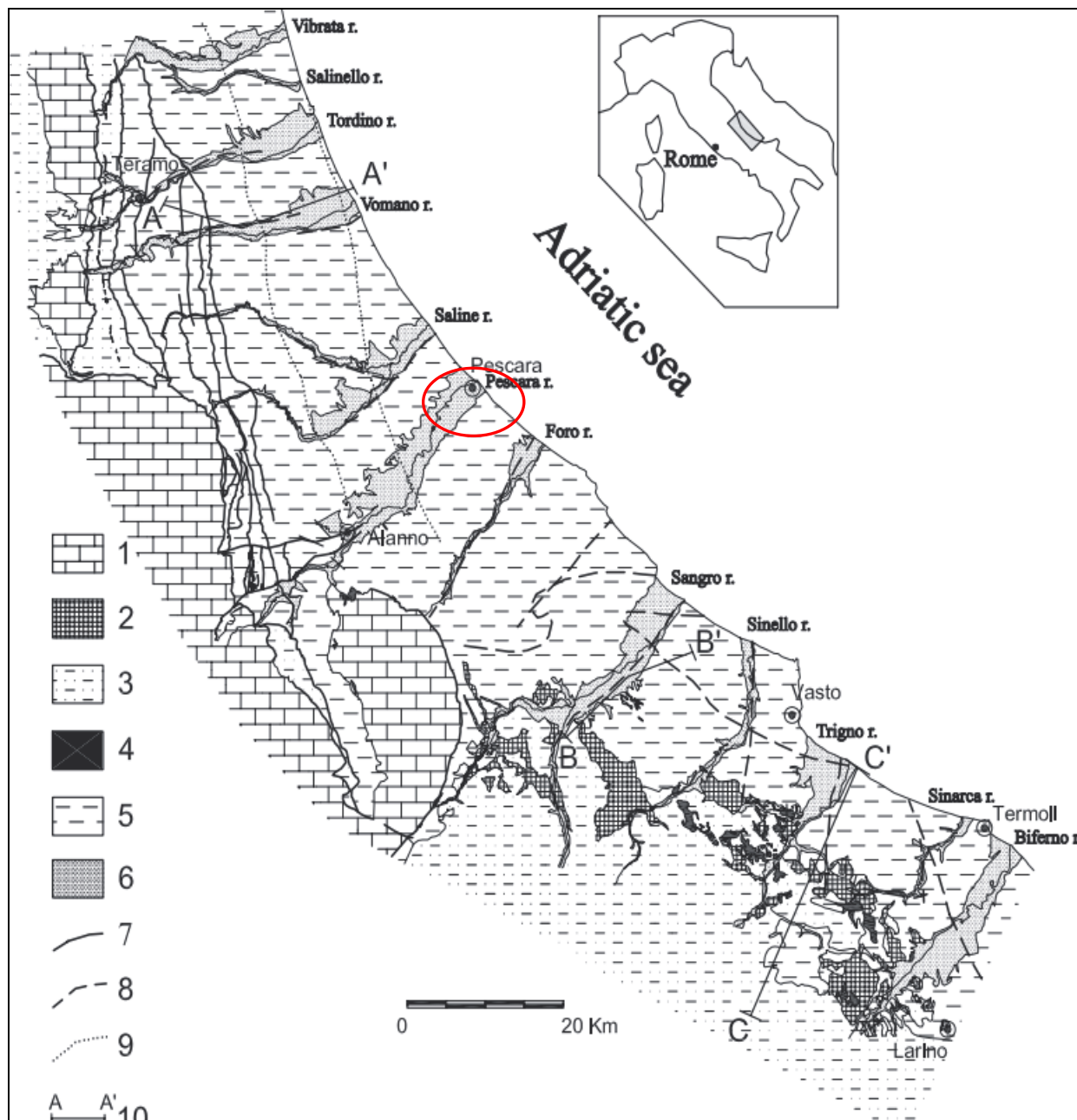


Figura 17 - Schema geolitologico della regione centro adriatica. 1) Successione carbonatica (Triassico superiore-Miocene). 2) Argille Varicolori (Cretaceo superiore-Oligocene). 3) Depositi torbiditici (Formazione della Laga e coltre molisana, Miocene). 4) Depositi evaporitici (Miocene superiore). 5) Depositi pelitici dell'avanfossa abruzzese - molisana (Plio-Pleistocene). 6) Depositi alluvionali (Olocene). 7) Faglie e sovrascorrimenti nei depositi meso-cenozoici e miocenici. 8) Sovrascorrimento sepolto delle unità alloctone nell'avanfossa adriatica 9) Sovrascorrimento sepolto nel bacino abruzzese. 10) Traccia delle sezioni.

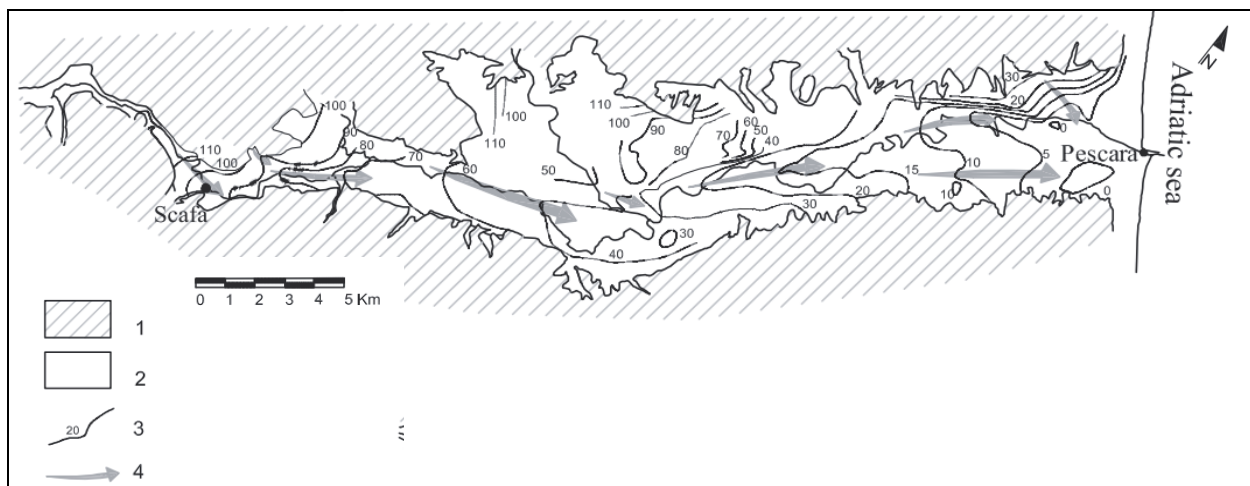


Figura 18 - Superfici piezometriche dell'acquifero alluvionale multistrato a trasmissività variabile del Fiume Pescara. 1) substrato argilloso; 2) depositi alluvionali; 3) linee piezometriche e loro quota in m s.l.m.; 4) flusso sotterraneo principale.

L'assetto idrogeologico è tipico di un ambiente di transizione caratterizzato da depositi eterogenei recenti.

In corrispondenza dei depositi fluviali, si ha una selezione di sedime in senso trasversale e verticale per effetto delle oscillazioni di energia di trasporto del fiume; in conseguenza di tale fenomeno, gli acquiferi sono caratterizzati dalla giustapposizione disordinata in termini litologici di varia granulometria, aggregati in lenti allungate nel senso della corrente che li ha depositi; pertanto, nell'area, i depositi presentano una permeabilità variabile.

L'orizzonte superficiale è caratterizzato da una litologia sabbiosa e limoso – sabbiosa con lenti e orizzonti ghiaiosi. Per le sue caratteristiche granulometriche, all'interno di questi depositi si crea una falda sospesa, sovrastante l'orizzonte limoso torbido a permeabilità inferiore.

I limi argillosi con torbe, invece, per le loro caratteristiche granulometriche, non permettono la circolazione di acqua al suo interno e costituiscono un “*acquitardo*”. Quest'ultimo è definito come roccia o terreno semipermeabile contenente una quantità di acqua che viene trasmessa lentamente e in condizioni particolari, ma comunque con

velocità inferiore a quella dell'acquifero e superiore a quella dell'acquicludo.

Questi depositi presentano valori del grado di saturazione elevati e sono tipicamente sottoconsolidati; non hanno ancora raggiunto un equilibrio tensionale adeguato alla tensione litostatica propria dei sedimenti sovrastanti. Infatti, per questa unità, la presenza di una forte componente di materia organica carboniosa favorisce il fenomeno di sottoconsolidazione dato che le particelle e i livelli organici hanno la tendenza ad assorbire acqua aumentando di volume. In tale situazione l'acqua intrappolata nei sedimenti non ha le caratteristiche di una vera e propria falda ma li impregna risentendo delle variazioni del pelo libero del fiume Pescara a cui è legata.

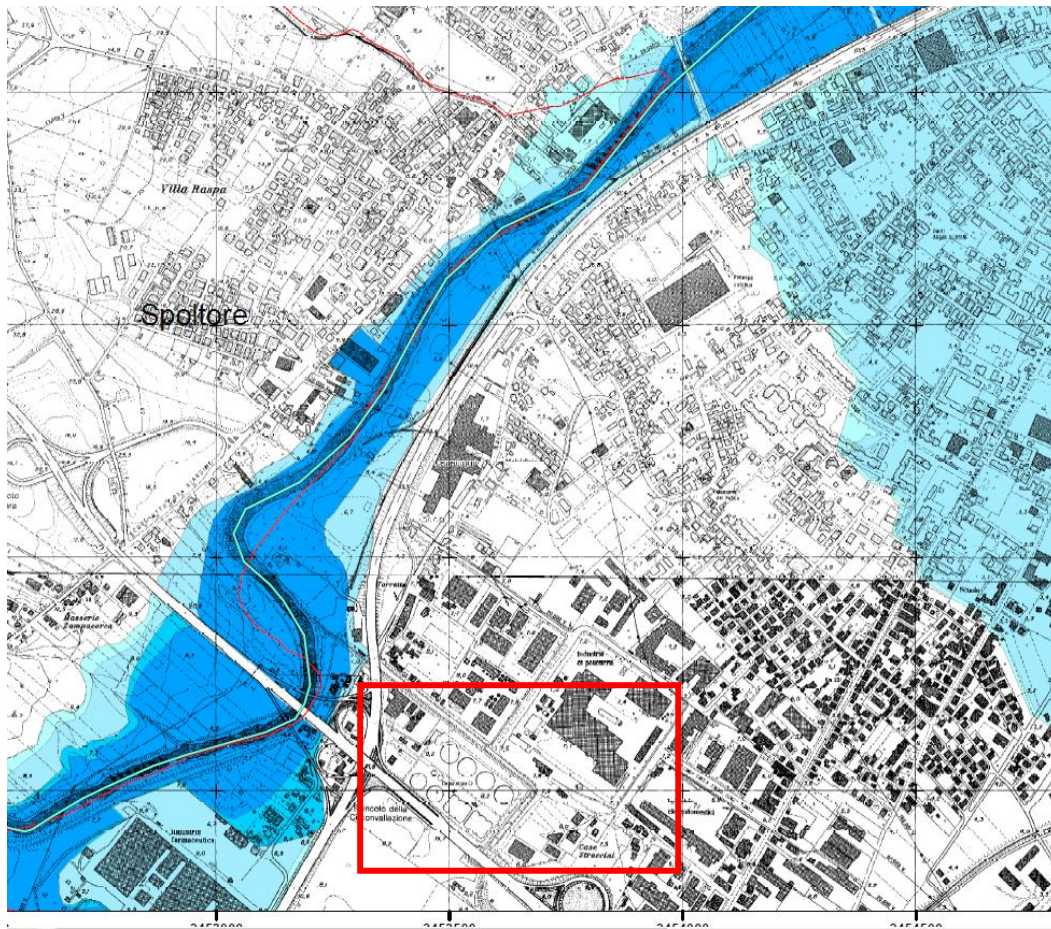
A letto di tale unità, il banco ghiaioso presenta caratteristiche di permeabilità elevate e pertanto contiene una falda acquifera sostenuta dai limi argillosi di base praticamente impermeabili. Il livello ghiaioso, per le sue caratteristiche litologiche, rappresenta un "*acquifero*" permeabile; invece, il livello sottostante, limoso argilloso sovraconsolidato, costituisce l'"*acquicludo*" impermeabile.

Come emerge dalla prova penetrometrica eseguita, la falda acquifera si trova alla profondità di circa -7,50 metri dal p.c., ma è possibile riscontrare la presenza di una falda di scarsa entità alla profondità di circa - 1,50 metri dal p.c. Queste subiscono oscillazioni in occasione di precipitazioni intense ed in concomitanza con le escursioni del pelo libero dell'acqua del fiume.

Di seguito si riporta lo stralcio della "Carta della Pericolosità Idraulica" (aggiornamento di scenario di pericolosità del marzo 2016) realizzata nell'ambito del Piano Stralcio Difesa dalle Alluvioni (PSDA). In questa si evince che il sito è fuori dall'area di pericolosità idraulica.

L'intervento di progetto è classificabile come un'opera finalizzata al potenziamento del sistema depurativo rivolto prevalentemente alla raccolta delle acque di prima pioggia derivanti quasi esclusivamente da precipitazioni intense. L'accumulo delle stesse all'interno delle vasche da realizzare ha anche una funzione di mitigazione delle alluvioni che si verificano frequentemente nella città di Pescara.

L'opera, essendo interrata, non compromette le condizioni di funzionalità del corso d'acqua, mantenendo inalterato il normale deflusso delle acque e il deflusso delle piene. Inoltre, non aumenta il rischio idraulico.



Classi di pericolosità idraulica [Q50 - Q100 - Q200] (*)



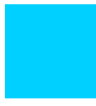
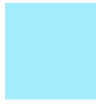

	Pericolosità molto elevata $h_{50} > 1\text{m}$ $v_{50} > 1\text{m/s}$		Reticolo idrografico
	Pericolosità elevata $1\text{m} > h_{50} > 0.5\text{ m}$ $h_{100} > 1\text{m}$ $v_{100} > 1\text{m/s}$		
	Pericolosità media $h_{100} > 0\text{m}$		
	Pericolosità moderata $h_{200} > 0\text{m}$		

Figura 19 – Stralcio di Carta della pericolosità idraulica (PSDA).

7. LITOSTRATIGRAFIA DEI TERRENI E LORO CARATTERISTICHE FISICO - MECCANICHE

Le caratteristiche litostratigrafiche dei terreni, il modello geologico di riferimento e la presenza e la profondità della falda acquifera, sono tutte informazioni desunte dalla presa visione dei risultati delle indagini e prove di riferimento eseguite sul medesimo sedime di progetto e in aree limitrofe.

I terreni caratterizzanti il suolo dell'area di progetto risultano costituiti da sedimenti recenti di sedimentazione costiera e fluviale, caratterizzati da una marcata discontinuità laterale dei depositi, che risultano organizzati in lenti e sacche.

Nel sito di progetto sono presenti le unità di seguito descritte:

➤ **LIMO SABBIOSO DI COLORE MARRONE**

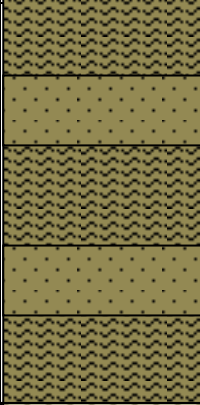
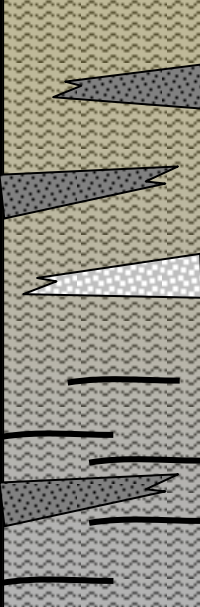
Costituito da limo sabbioso di colore marrone, mediamente addensati, con resti vegetali e qualche clasto arrotondato. Talora sono presenti livelli metrici di sabbie. Lo spessore dell'unità è circa 7,00 – 8,00 metri.

➤ **ALTERNANZE DI LIMI ARGILLOSI CON SABBIE, SABBIE LIMOSE E LIMI TORBOSI**

Costituita da alternanze di limi argillosi con sabbie e sabbie limose, da teneri a poco consistenti. Il colore è avana – verdastro, talora grigio. Sono presenti resti organici. I sedimenti sono molto compressibili.

Di seguito si riporta il modello geologico – tecnico del sito e le caratteristiche fisico – meccaniche delle unità a cui il progettista può fare riferimento per le considerazioni di carattere tecnico.

MODELLO GEOLOGICO - TECNICO

PROFONDITÀ	PROFILO STRATIGRAFICO	DESCRIZIONE	PARAMETRI GEOTECNICI
0.0 m		Limi sabbiosi di colore marrone con livelli sabbiosi talora metrici	$\gamma = 18,63 \text{ kN/m}^3$ $\phi = 23^\circ - 25^\circ$ $C_u = 68,64 \text{ kPa}$ $c' = 0,00 \text{ kPa}$ $M = 4903,66 \text{ kPa}$
~7.00 m			
~7.00 m		Alternanze di limi argillosi con sabbie, sabbie limose e limi argillosi con torbe	$\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$ $\phi = 21^\circ - 23^\circ$ $C_u = 29,41 \text{ kPa}$ $c' = 0,00 \text{ kPa}$ $M = 2941,66 \text{ kPa}$
~15.00 m			

Dove:

γ = peso di volume naturale; ϕ = angolo di attrito; C_u = coesione non drenata; c' = coesione efficace;
 M = modulo edometrico

Come emerge dalla prova penetrometrica eseguita, la falda acquifera si trova alla profondità di circa -7,50 metri dal p.c., ma è possibile riscontrare la presenza di una falda di scarsa entità alla profondità di circa - 1,50 metri dal p.c. Queste subiscono oscillazioni in occasione di precipitazioni intense ed in concomitanza con le escursioni del pelo libero dell'acqua del fiume.

8. SISMICITÀ DELL'AREA E CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI TERRENI

In seguito al ripetersi di eventi sismici calamitosi che hanno investito anche zone ritenute e classificate con la 64/74 non sismiche, per una ridefinizione del rischio sismico, è stata emanata, in data 20 Marzo 2003, l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" pubblicata sulla G.U. n. 105 del 8.5.2003. Alla stessa è allegata la nuova classificazione sismica del territorio nazionale, articolata in quattro zone, a sismicità alta, media e bassa; mentre per la quarta zona, di nuova introduzione, è data facoltà alla Regione di imporre l'obbligo della progettazione antisismica. In base alla riclassificazione sismica del territorio, il Comune di **Pescara** è individuato in **Zona sismica 3** (fig. 20).

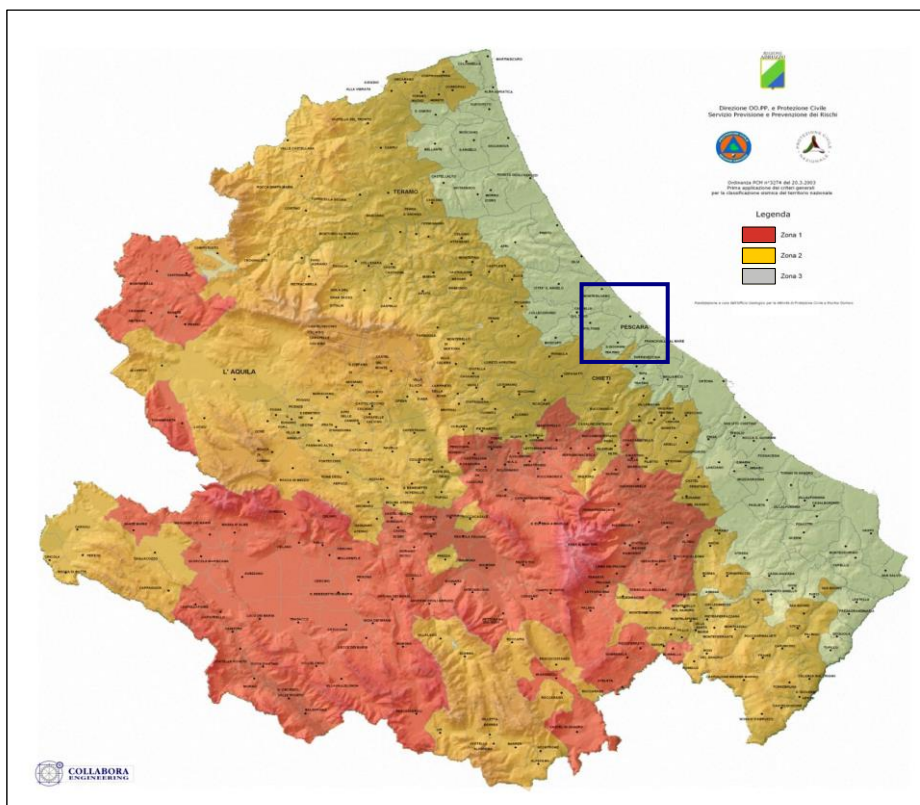


Figura 20 - Carta della classificazione delle zone sismiche della Regione Abruzzo.

Al fine di individuare e ricostruire la storia sismica del territorio comunale in esame è stata effettuata una ricerca all'interno del database macrosismico Italiano 2011, DBMI11 dell' INGV, indicando come area di riferimento Pescara.

Sono stati così identificati terremoti aventi intensità "Is" comprese tra 7 e 2; tra i terremoti storici più significativi risentiti nell'area si possono mettere in evidenza quello del 1881 dell'Abruzzo meridionale di intensità 7 della scala MCS. Si precisa che i dati riportati nelle tabelle seguenti sono riferiti ad un intervallo di tempo compreso tra il 1873 e il 2004.

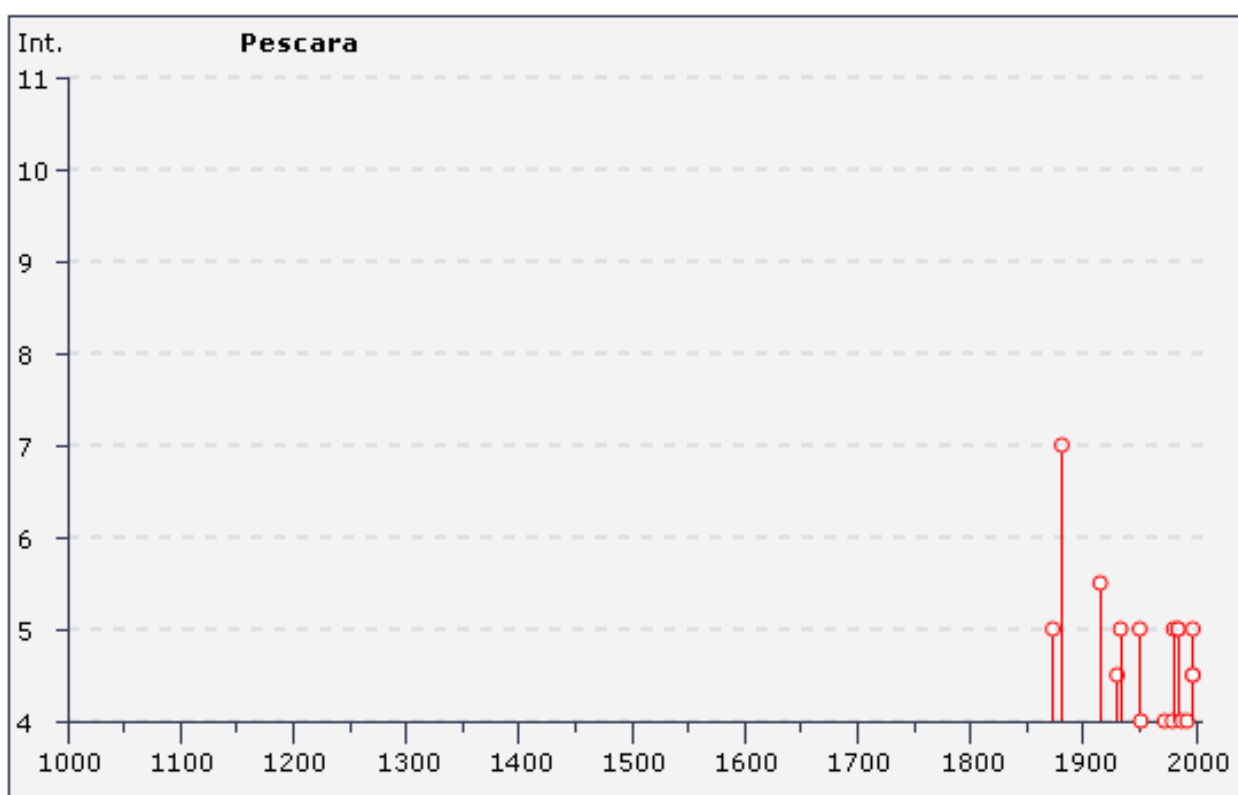


Figura 21 - Grafico illustrante la storia sismica di Pescara dal 1000 al 2004. Sulle ascisse sono riportate le intensità sismiche (Is) dei terremoti rilevati, mentre sulle ordinate sono riportati i riferimenti temporali espresso in anni, (http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/query_place/).

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
5	1873 03 12 20:04	Marche meridionali	196	8 5.95 ±0.10
3	1875 12 06	S.MARCO IN LAMIS	97	8 5.98 ±0.16
7	1881 09 10 07:00	Abruzzo meridionale	29	8 5.59 ±0.32
3	1913 10 04 18:26	Matese	205	7-8 5.37 ±0.11
5-6	1915 01 13 06:52	Avezzano	1041	11 7.00 ±0.09
NF	1919 06 29 15:06	Mugello	566	10 6.29 ±0.09
4-5	1930 07 23 00:08	Irpinia	547	10 6.62 ±0.09
3	1930 10 30 07:13	SENIGALLIA	263	8 5.81 ±0.09
5	1933 09 26 03:33	Maiella	326	9 5.95 ±0.09
5	1950 09 05 04:08	GRAN SASSO	386	8 5.68 ±0.07
F	1951 05 25 20:42	ADRIATICO	5	5.06 ±0.32
4	1951 08 08 19:56	Gran Sasso	94	7 5.30 ±0.14
3	1958 06 24 06:07	L'Aquila	152	7-8 5.21 ±0.11
3	1962 08 21 18:19	Irpinia	262	9 6.13 ±0.10
3	<u>1972 02 29 20:54</u>	Adriatico meridionale	21	4.82 ±0.18
4	1972 06 14 18:55	Medio Adriatico	17	4.62 ±0.47
4	1979 09 19 21:35	Valnerina	694	8-9 5.86 ±0.09
5	1980 11 23 18:34	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.89 ±0.09
5	1984 05 07 17:49	Appennino abruzzese	912	8 5.89 ±0.09
5	1984 05 11 10:41	Appennino abruzzese	342	5.50 ±0.09
4	1987 07 03 10:21	PORTO SAN GIORGIO	359	5.09 ±0.09
4	1992 02 18 03:30	ABRUZZO COSTIERO	73	5-6 4.27 ±0.14
5	1997 09 26 00:33	Appennino umbro-marchigiano	760	5.70 ±0.09
4-5	1997 09 26 09:40	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9 6.01 ±0.09
4-5	1997 10 14 15:23	Appennino umbro-marchigiano	786	7-8 5.65 ±0.09
NF	2003 06 01 15:45	Molise	516	5 4.50 ±0.09

Figura 22 - Storia sismica di Pescara dal 1873 al 2003, disposti in ordine cronologico (Database macrosismico italiano DBMI11 - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/query_place/)).

8.1 CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE

Il Decreto Ministeriale 14 Gennaio 2008 recante “*Norme Tecniche per le Costruzioni*”, e successivi aggiornamenti (D.M. 17 gennaio 2018), raccoglie in modo unitario le norme nazionali che disciplinano la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle costruzioni al fine di garantire criteri univoci di sicurezza e pubblica incolumità.

In particolare, per quanto di nostra competenza, nel decreto sono definiti i modelli per la descrizione delle azioni agenti sulle strutture con particolare riferimento all'azione sismica.

Come indicato nel Decreto, le azioni sismiche di progetto sono definite sulla base della “pericolosità sismica di base”, caratteristica del sito di costruzione.

Questa è funzione di diversi parametri:

- **a_g** accelerazione orizzontale massima del sito;
- **F_o** 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.

Allo stato attuale ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto la normativa definisce le seguenti categorie di sottosuolo a cui si può fare riferimento per valutare la risposta sismica locale:

A *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti, con spessore massimo pari a 3,0 m.

B *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 e 800 m/s.

C *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiore a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 e 360 m/s.

D *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

E *Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categoria C e D*, con profondità del substrato non superiore a 30 metri.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [3.2.1]$$

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 V_s non inferiore a 800 m/s.

L'andamento dello spettro di risposta elastico, oltre che dalla litologia, è anche influenzato dalle condizioni topografiche del sito in esame. Queste ultime sono definite e classificate come mostrato nella tabella seguente.

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 $i > 30^\circ$

Per l'assegnazione della categoria di sottosuolo è stata programmata ed eseguita una campagna di indagine geofisica che ha previsto lo svolgimento di una prova HVSR. Il risultato di V_s,eq della prova HVSR è pari a pari a 305 m/s, per cui al sito di progetto può essere associata una **categoria di sottosuolo "C"**.

Per quanto riguarda la categoria topografica, come emerge dalla osservazione della carta delle pendenze, e dai sopralluoghi eseguiti l'area di studio appartiene ad una **categoria topografica "T1"**.

Nella definizione della pericolosità sismica di base è importante evidenziare il comportamento dei valori di ag/g .

Nel sito ufficiale dell'INGV, attraverso l'applicazione Webgis, è possibile visualizzare tali valori.

In accordo con l'Allegato 7 OPCM 3907/2010, questi sono espressi con rettangoli colorati (in corrispondenza dei nodi della maglia di riferimento) in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno (ag), con probabilità di eccedenza del

10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi orizzontali ($V_{s30} > 800$ m/s). Per il territorio comunale di Pescara tali valori sono compresi tra $0.125 \div 0.150$ g (fig. 23).

In particolare l'accelerazione al suolo, così come definita dall'Ordinanza n.3907 Attuazione dell'articolo 11 del decreto legge 28 aprile 2009 n. 39, convertito, con modificazioni, della legge 24 giugno 2009, n. 77, per il comune di Pescara è pari a **ag = 0.151117 g**.

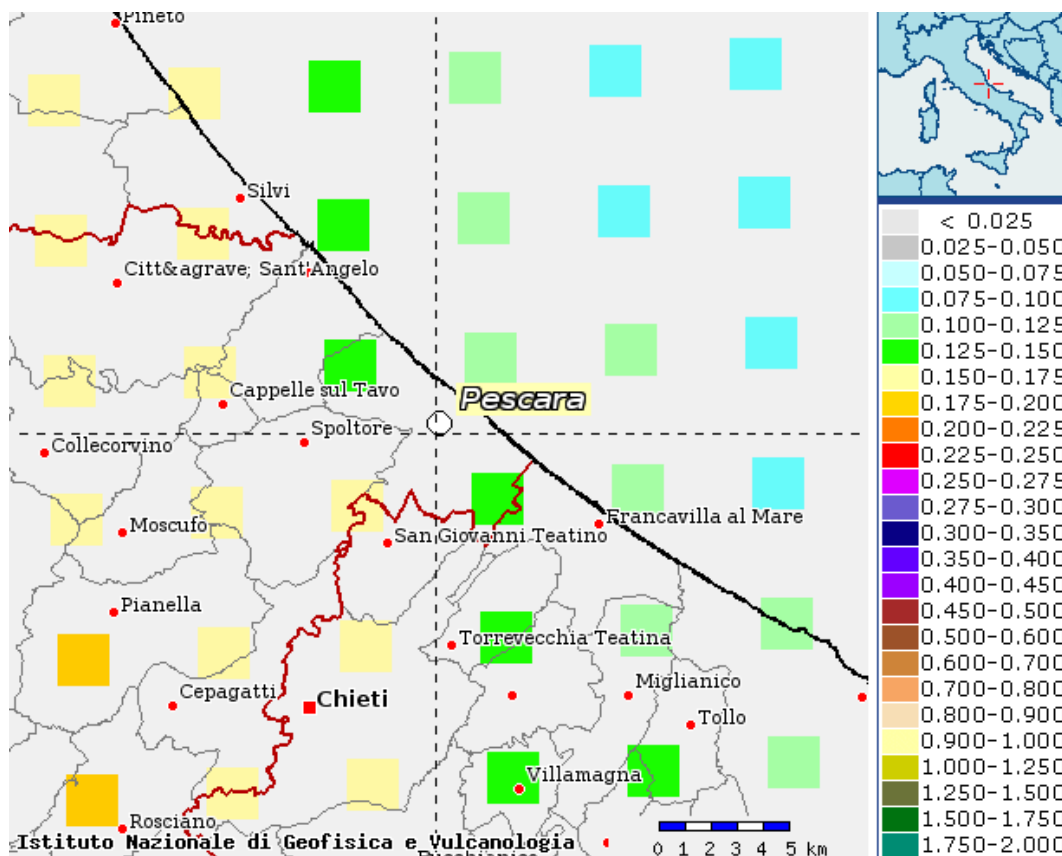
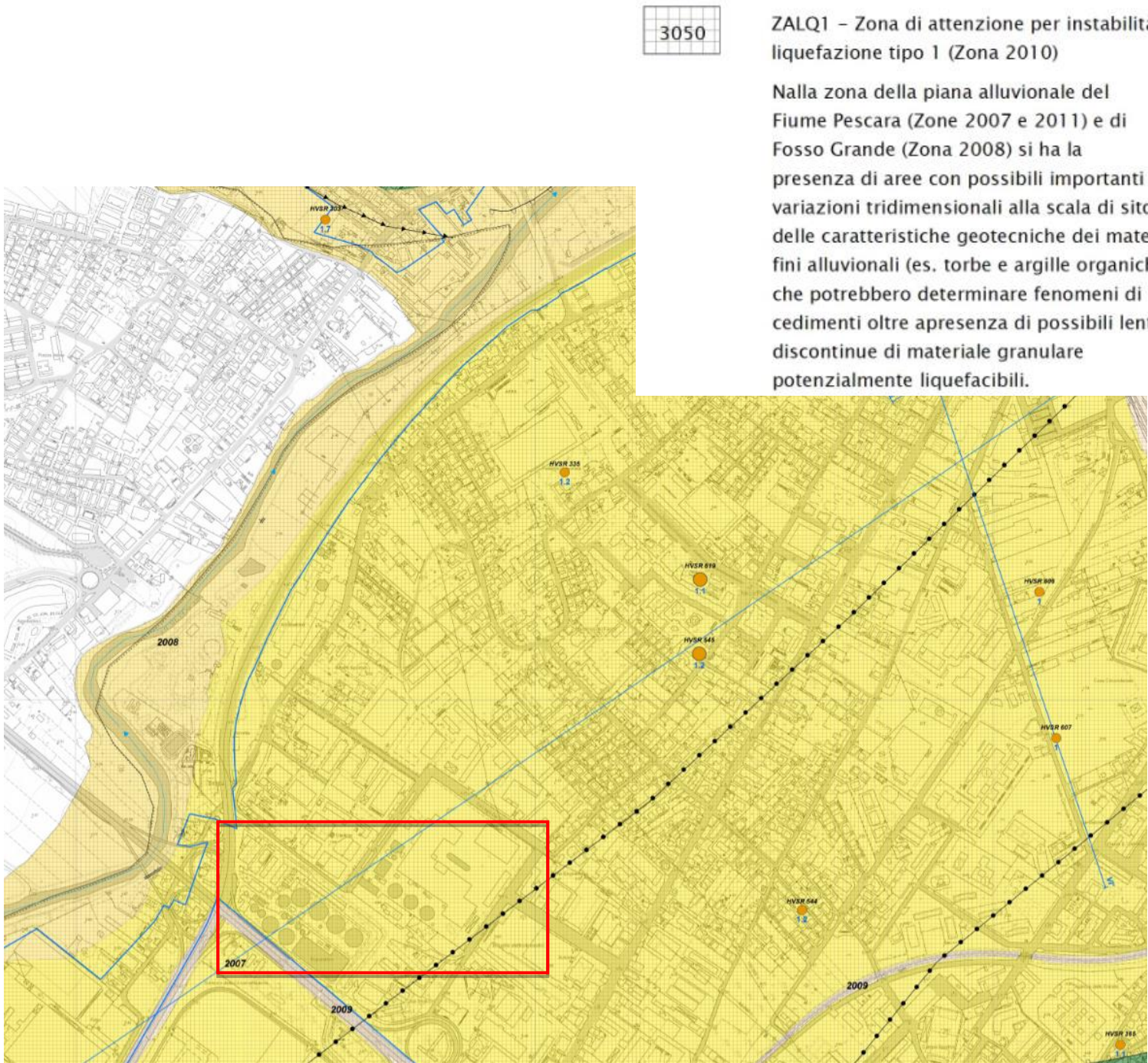


Figura 23 - Mappa interattiva di pericolosità sismica (INGV).

Di seguito e in allegato alla presente relazione si riporta lo stralcio della carta delle MOPS (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica); dall'osservazione di questa si nota che il sito in esame è inserito nella zona stabile ma suscettibile di amplificazione locale 2007. L'area, inoltre, è perimetrata nella zona di attenzione per liquefazione di tipo 1.



ZALQ1 – Zona di attenzione per instabilità di liquefazione tipo 1 (Zona 2010)

Nella zona della piana alluvionale del Fiume Pescara (Zona 2007 e 2011) e di Fosso Grande (Zona 2008) si ha la presenza di aree con possibili importanti variazioni tridimensionali alla scala di sito delle caratteristiche geotecniche dei materiali fini alluvionali (es. torbe e argille organiche), che potrebbero determinare fenomeni di cedimenti oltre a presenza di possibili lenti discontinue di materiale granulare potenzialmente liquefacibili.

Zone stabili suscettibili di amplificazione locali

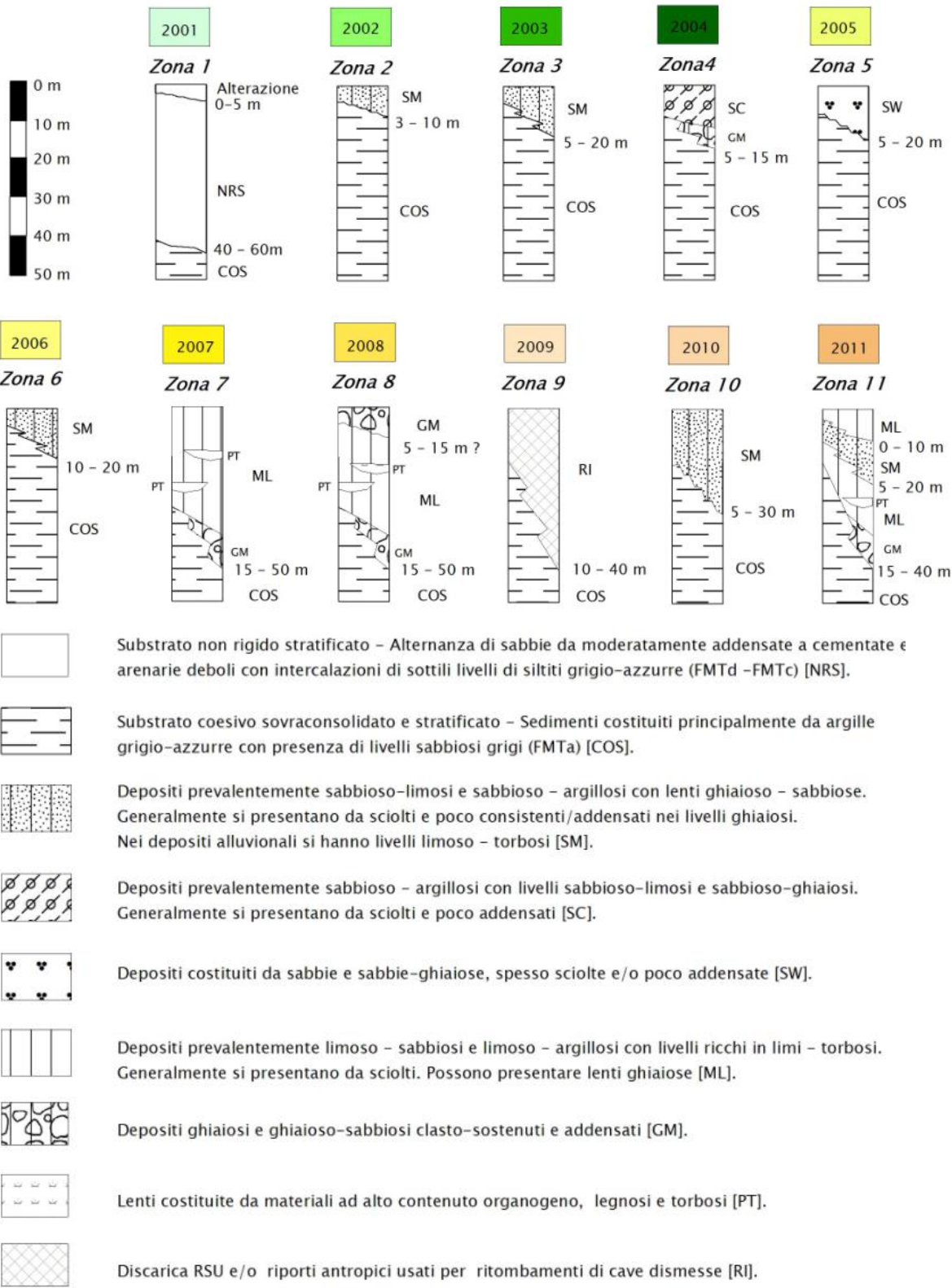


Figura 24 - Stralcio di Carta delle MOPS allegata alla Microzonazione Sismica di I livello, nel riquadro rosso è indicato il sito di progetto.

9. VERIFICA DELLA STABILITA' NEI CONFRONTI DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

Considerata la natura litologica dei depositi presenti, la profondità della falda acquifera, ed essendo l'area in ad una zona di attenzione per liquefazione (MOPS) è stata eseguita una verifica di suscettibilità alla liquefazione.

La liquefazione del terreno durante i terremoti è una delle più importanti cause di danneggiamento e collasso delle costruzioni fondate su terreni sabbiosi saturi.

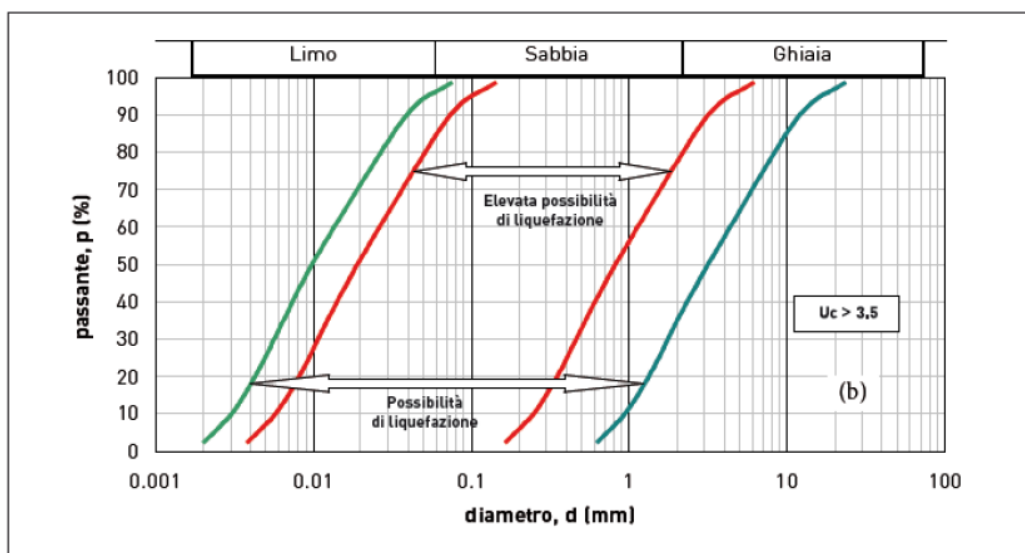
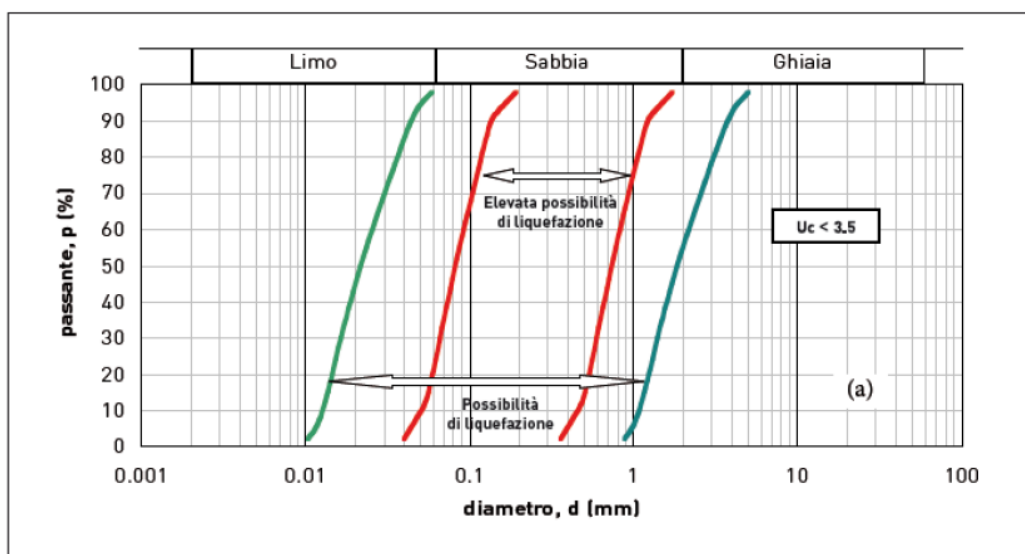
Alla liquefazione del terreno possono infatti associarsi estesi fenomeni di subsidenza, movimenti di masse fluidificate di terreno, ecc., ma anche effetti meno devastanti (cedimenti differenziali, lesioni negli edifici, ecc.) che tuttavia possono produrre gravissimi danni al patrimonio abitativo e artistico di una località.

La liquefazione di un deposito è il risultato dell'effetto combinato di due principali fattori: le condizioni del terreno (fattore di predisposizione) e la sismicità (fattore scatenante).

Il D.M. 14.01.2008, circ. esplicativa 617 del febbraio 2009, al paragrafo 7.11.3.4 e successive modifiche (D.M. 17 gennaio 2018), stabilisce che *“il sito presso il quale è ubicato l'edificio deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate”* e che (Punto 7.11.3.4.2) *“La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:*

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;

3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$."



Al Punto 7.11.3.4.3. del suddetto D.M. viene stabilito che *“Quando nessuna delle condizioni del § 7.11.3.4.2 risulti soddisfatta e il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, occorre valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.”*

9.1 FATTORI CHE PREDISPONGONO ALLA LIQUEFAZIONE

Il fenomeno della liquefazione interessa i depositi incoerenti saturi che, durante ed immediatamente dopo una sollecitazione di tipo ciclico, subiscono una drastica riduzione della resistenza al taglio.

A seguito di tale evento, le condizioni di stabilità non sono più garantite e la massa di terreno interessata dal fenomeno comincia ad assestarsi fino al raggiungimento di una condizione di equilibrio compatibile con la nuova resistenza al taglio.

Ai fini delle presenti norme, il termine “liquefazione” denota una diminuzione di resistenza a taglio e/o di rigidità causata dall’aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l’annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

Deve essere verificata la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo-argillosa. La causa principale è il sorgere di un notevole aumento delle pressioni interstiziali, che assumono valori prossimi a quelli delle pressioni totali, realizzando condizioni di resistenza al taglio praticamente nulla: il terreno si comporta come un liquido.

La probabilità che un deposito raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende anche dallo stato di addensamento, dalla composizione granulometrica, dalle condizioni di drenaggio, dalla storia delle sollecitazioni sismiche e dall'età del deposito stesso.

Tanto minore è il grado di addensamento del materiale (elevato indice dei vuoti e bassa densità relativa) tanto maggiore è la probabilità che, a parità di altre condizioni, un deposito raggiunga lo stato di liquefazione. I depositi sabbiosi con più alto potenziale di liquefazione sono i più recenti. A parità di composizione e di altre condizioni lo stesso deposito, se più antico, avrà sviluppato legami intergranulari e cementazioni sempre più forti con il tempo. Inoltre la struttura di un deposito antico sarà resa più stabile ed omogenea per gli effetti delle vibrazioni indotte da precedenti terremoti di piccola entità.

Considerato che nella carta delle MOPS l'area rientra in una zona perimetrata a pericolosità di liquefazione e tenuto conto della natura litologica dei materiali presenti e della profondità della falda acquifera, è stata eseguita una verifica di suscettibilità alla liquefazione.

Tale verifica alla liquefazione è stata svolta utilizzando parametri sismici (a_g e f_0) riferiti ad una vita nominale pari a 50 anni, ad una classe d'uso II (Affollamento normale, assenza di funzioni pubbliche.....) e ad uno stato limite di salvaguardia vita (SLV).

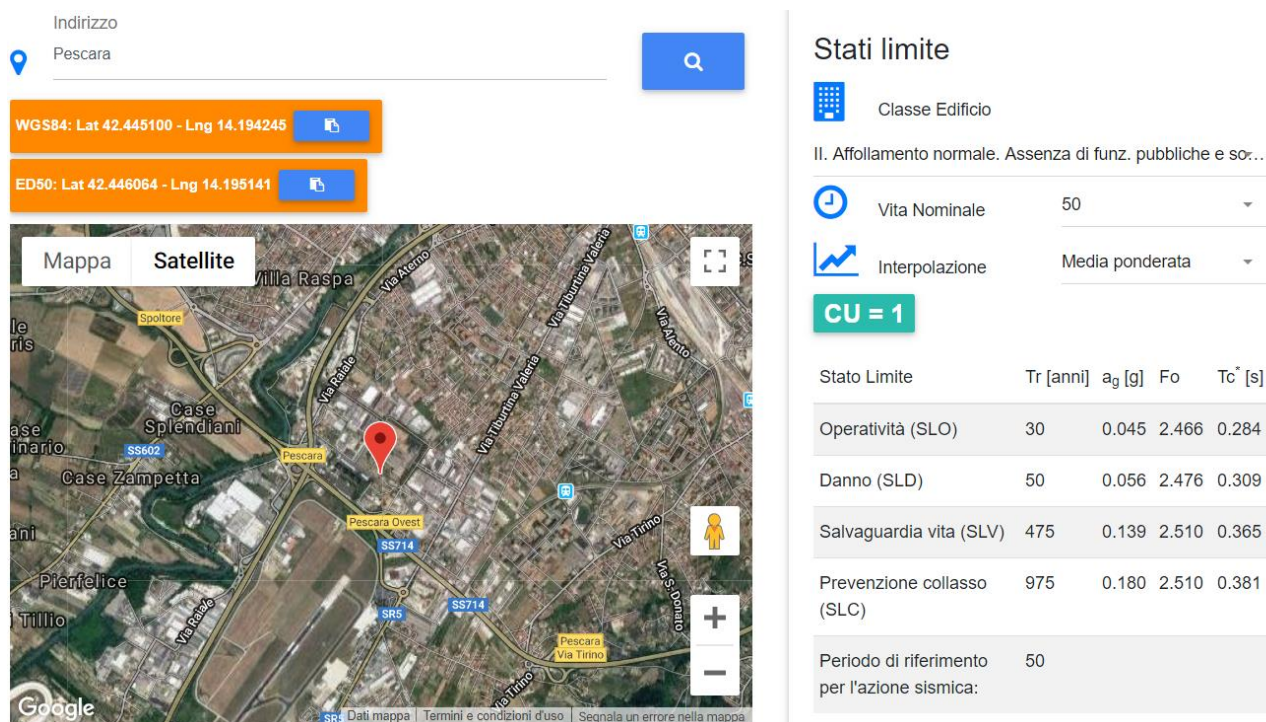


Figura 25 – Parametri sismici Geostru.

Tenendo conto dell'escursione del livello della falda, la verifica di suscettibilità alla liquefazione è stata eseguita considerando il livello della falda acquifera alla profondità di -7,50 metri dal p.c.

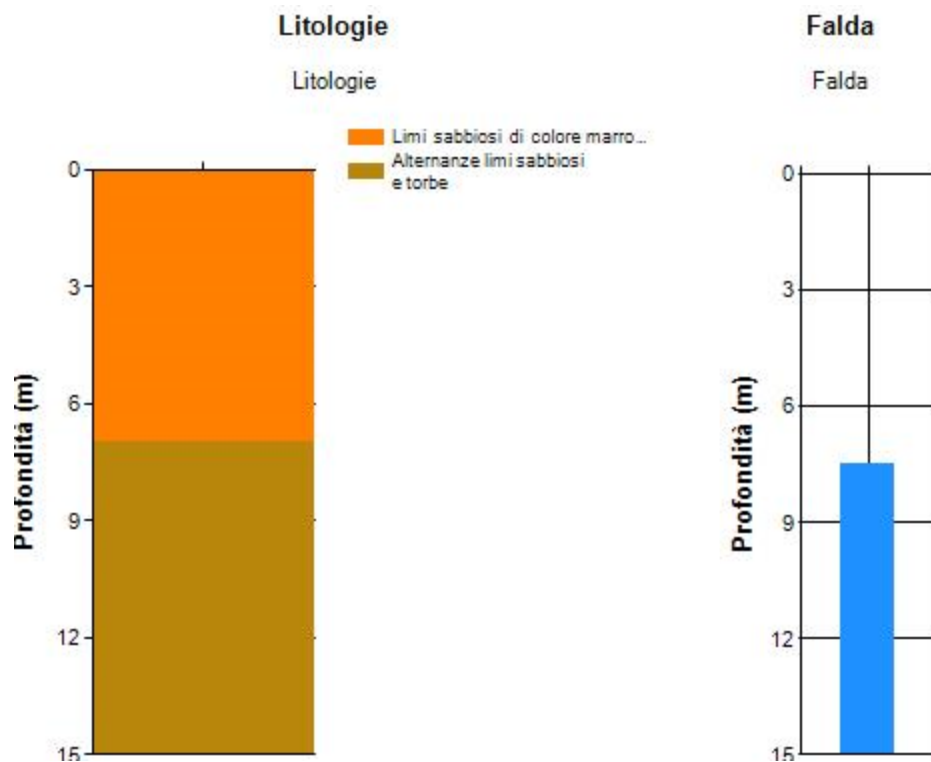
Per la granulometria dei sedimenti, si è fatto riferimento ai valori rappresentativi delle granulometrie provenienti dai risultati delle indagini di riferimento. La prova è stata svolta utilizzando i valori di resistenza alla punta della prova CPT.

9.2 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

Dati del sito

ag (m/s ²)	1,3600	M (Seed et. al)	5,5	Cat. NTC2018	C
Fo	2,5110	MSF	1,43	q (kg/cm ²)	0,00
SS	1,4911	M (EC8)	5,5	Falda	Si
amax/g	0,2068	MSF	2,86	Prof. (m)	7,50

Strato n.	Descrizione	H (m)	γ (kg/m ³)	γ_{sat} (kg/m ³)	d ₅₀ (mm)	Fine (%)
1,00	Limi sabbiosi di colore marrone	7,00	1899,00	1900,00	0,18	80,00
2,00	Alternanze limi sabbiosi e torbe	8,00	1835,46	1950,00	0,02	90,00



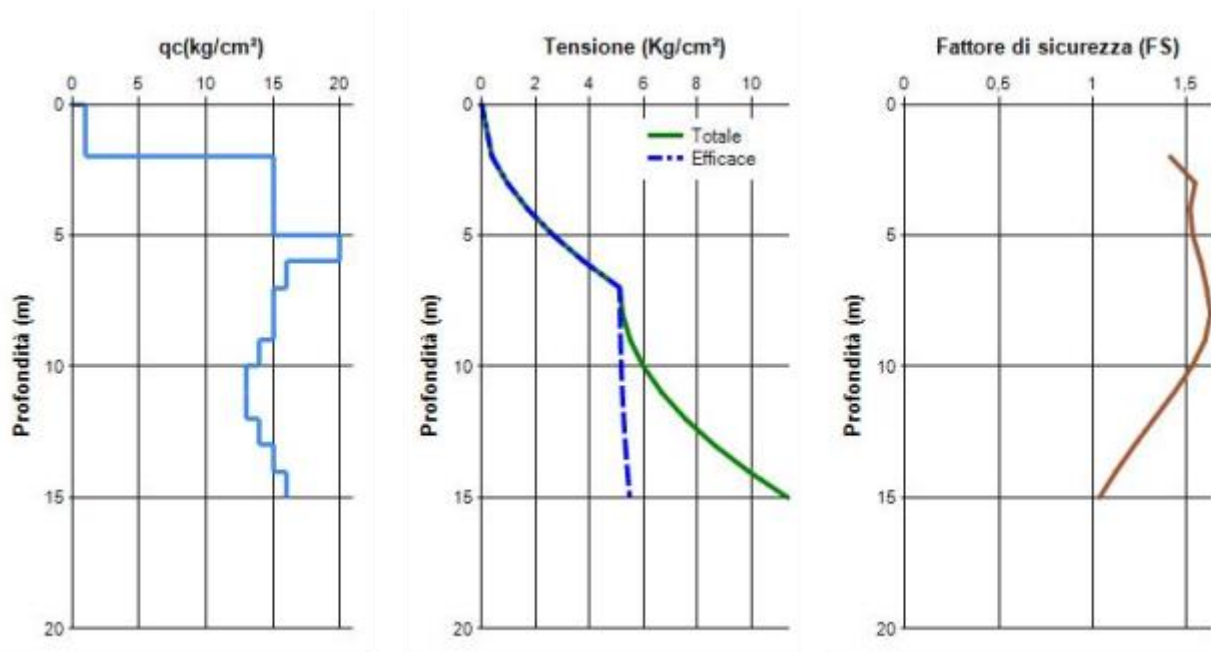
Legenda: a_g = accelerazione al suolo; F_0 = max fattore di amplificazione (spettro orizzontale); S_s = coefficiente stratigrafico; M = magnitudo locale; MSF = coefficiente correttivo funzione della magnitudo; q = sovraccarico; H = spessore strato; γ = peso di volume; γ_{sat} = peso di volume saturo; d_{50} = passante al diametro 50%.

Verifica alla liquefazione da prove CPT - Boulanger and Idriss (2004)

Z (m)	qc (kg/cm ²)	σ_v (kg/cm ²)	σ_v' (kg/cm ²)	rd (-)	CRR	CRS	FS	CN (-)	PL
2,00	1,00	0,38	0,38	0,985	0,050	0,035	1,41	2,777	0,00
3,00	15,00	0,95	0,95	0,965	0,054	0,035	1,55	1,044	0,00
4,00	15,00	1,71	1,71	0,943	0,052	0,034	1,52	0,629	0,00
5,00	15,00	2,66	2,66	0,920	0,051	0,033	1,53	0,419	0,00
6,00	20,00	3,80	3,80	0,895	0,051	0,032	1,58	0,310	0,00
7,00	16,00	5,13	5,13	0,869	0,050	0,031	1,61	0,222	0,00
8,00	15,00	5,22	5,13	0,841	0,050	0,031	1,63	0,219	0,00
9,00	15,00	5,52	5,15	0,814	0,050	0,031	1,60	0,218	0,00
10,00	14,00	6,00	5,18	0,786	0,050	0,033	1,53	0,215	0,00
11,00	13,00	6,69	5,22	0,758	0,050	0,035	1,43	0,210	0,00
12,00	13,00	7,56	5,27	0,730	0,050	0,038	1,33	0,208	0,00
13,00	14,00	8,64	5,33	0,703	0,050	0,041	1,22	0,208	0,00
14,00	15,00	9,90	5,41	0,677	0,050	0,045	1,12	0,208	0,00
15,00	16,00	11,37	5,49	0,651	0,050	0,048	1,04	0,207	0,00

Z max (m)	Z critica (m)	PL (-)	Rischio
15,00	20,00	0,00	Molto basso

Potenzialmente liquefacibile se $FS \leq 1,00$.



Legenda: Z = profondità; q_c = Resistenza alla punta; σ_v = tensione verticale; σ_v' = tensione verticale efficace; r_d = fattore profondità; CRR = resistenza alla liquefazione; CRS = domanda di resistenza a liquefazione; FS = fattore di sicurezza; CN = fattore correttivo; PL = potenziale di liquefazione.

In questo caso, come risulta dalla verifica eseguita, il FS ha un valore superiore ad 1,00 e il rischio di liquefazione è molto basso.

10. PERICOLOSITA' GEOLOGICA DEL TERRITORIO

La pericolosità geologica del territorio in esame si individua nella pericolosità da alluvione, nella suscettibilità da liquefazione, nella oscillazione del livello di falda acquifera e nella possibilità di presenza di ordigni bellici inesplosi.

Relativamente alla pericolosità da alluvione, come descritto nel capitolo 6 *Caratteri idrologici ed idrogeologici*, il sito in cui sarà realizzata l'opera è fuori dall'area di pericolosità idraulica. L'opera, essendo interrata, non compromette le condizioni di funzionalità del corso d'acqua, mantenendo inalterato il normale deflusso delle acque e il deflusso delle piene. Inoltre, non aumenta il rischio idraulico.

Come espletato nel cap. 9. *Verifica della stabilità nei confronti della suscettibilità alla liquefazione*, considerata la natura litologica dei depositi presenti, la profondità della falda acquifera, ed essendo l'area in ad una zona di attenzione per liquefazione (MOPS) è stata eseguita una verifica di suscettibilità alla liquefazione. Il risultato di tale prova permette di affermare che il rischio di liquefazione dell'area è molto basso.

Un'altra problematica consiste nella oscillazione del livello della falda acquifera. Nell'area, come emerge dai risultati della prova penetrometrica, la falda idrica si trova alla profondità di circa -7,50 metri dal p.c., ma è possibile riscontrare la presenza di una falda di scarsa entità alla profondità di circa - 1,50 metri dal p.c. Queste subiscono oscillazioni in occasione di precipitazioni intense ed in concomitanza con le escursioni del pelo libero dell'acqua del fiume. I fronti di scavo, soprattutto se sottofalda, dovranno essere messi in sicurezza con opere provvisorie. Durante la realizzazione dell'opera, se lo scavo si spingerà ad una profondità maggiore di 1,50 metri ed in particolare, se interesserà materiali sottofalda, si dovrà provvedere all'istallazione di un sistema di aggettamento delle acque mediante well – point, pozzi, etc. Nel caso in cui il progetto preveda anche la realizzazione di vasche, il progettista dovrà tener conto delle verifiche a galleggiamento del manufatto considerando l'escursione che può avere la falda

acquifera.

Inoltre, prima di ogni attività di scavo, l'area di progetto deve essere indagata per il rinvenimento di eventuali ordigni bellici inesplosi (legge 1 ottobre 2017 n°177 recante "modifiche al decreto legislativo 9 aprile 2008, 81 in materia di sicurezza sul lavoro per la bonifica degli ordigni bellici -Gazzetta ufficiale n°244 GU del 18 ottobre 2012- s.m.i).

Per le problematiche di carattere ambientale si rimanda alla relazione ambientale a firma del dott. Tavano.

11. CONCLUSIONI

Nella presente relazione si espongono i risultati di uno studio geologico, geomorfologico geologico – tecnico e sismico, eseguito nel territorio comunale di Pescara (PE) a supporto del progetto “DISINQUINAMENTO DEL FIUME PESCARA POTENZIAMENTO DEL SISTEMA DEPURATIVO COMUNE DI PESCARA NUOVO PARCO DEPURATIVO INTERVENTO 9 – POTENZIAMENTO SOLLEVAMENTO E REALIZZAZIONE VASCA 1° PIOGGIA DA 2.000 mc PRESSO SOLLEVAMENTO VIA OMBRONE”. Il sito di progetto si trova in destra idrografica del F. Pescara.

Lo studio è finalizzato alla valutazione delle litologie affioranti, all'individuazione del trend morfo-evolutivo, alla ricostruzione dell'ambito geologico, geomorfologico, idrologico, idrogeologico e sismico in cui s'inserisce il sito di progetto. L'inquadramento geologico e fisiografico dell'areale di studio risulta essere noto sia per la provincia geologica di appartenenza sia per la documentazione bibliografica esistente. Per la definizione del contesto geologico finalizzato alla ricostruzione di un modello geologico, idrogeologico e morfologico in un intorno significativo dell'area di progetto, è stata eseguita una prova penetrometrica statica (CPTU); questo in accordo con il capitolo 6.2.2 che recita “nel caso di costruzione o di interventi di modesta rilevanza, che ricadono in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico la progettazione può essere basata sulle conoscenze, ecc.” DM 14/01/08 - Circolare del 2 febbraio 2009 n. 617- e DM 17/01/18.

Al fine di determinare la categoria di suolo di fondazione è stata eseguita una prova di sismica passiva HVSR. I certificati delle indagini sono allegati in calce alla relazione, unitamente all'ubicazione delle stesse.

Per la stesura del presente elaborato, è stato, inoltre, consultato lo Studio di Microzonazione Sismica di I Livello del territorio comunale. Considerata la natura litologica dei depositi presenti, la profondità della falda acquifera, ed essendo l'area in una zona di

attenzione per liquefazione (MOPS) è stata eseguita una verifica di suscettibilità alla liquefazione.

L'area di studio si trova nel settore orientale più esterno del settore abruzzese e dal punto di vista tettonico-paleogeografico nell'Unità tettonica denominata: *Avanfossa periadriatica*. Tale unità è costituita da una profonda depressione allungata parallelamente all'attuale linea di costa e, durante il sollevamento della Catena Appenninica nel Pliocene, è stata sede di notevoli fenomeni di subsidenza. In tale fossa si sedimentarono, quindi, materiali terrigeni a grana finissima, che generarono la Formazione conosciuta in letteratura come "*Argille grigio-azzurre*" attribuite al Plio-Pleistocene. Nell'area di studio, compresa all'interno del foglio 351 "Pescara" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 realizzata nell'ambito del Progetto CARG, stratigraficamente affiorano depositi riferibili al sistema di Valle Majelama (Sintema di Chieti Scalo) costituito da depositi alluvionali, sabbie, limi e ghiaie, con stratificazione piano – parallela, localmente massive, con lenti di argille e torbe. Le ghiaie sono ben arrotondate e presentano clasti poligenici.

Dal punto di vista geomorfologico, come si osserva dalla "Carta Geomorfologica", della "Carta della Pericolosità da frana" e della "Carta del Rischio da frana" pubblicate nell'ambito del progetto PAI (PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEI BACINI DI RILIEVO REGIONALE ABRUZZESI E DEL BACINO INTERREGIONALE DEL FIUME SANGRO L. 18.05.1989 n.183 art.17 comma 6 ter. edito dalla REGIONE ABRUZZO DIREZIONE TERRITORIO URBANISTICA, BENI AMBIENTALI, PARCHI, POLITICHE E GESTIONE DEI BACINI IDROGRAFICI – Servizio Difesa del Suolo – Autorità dei Bacini Regionali L.R. 16.09.1998 n.81 e L.R. 24.08.2001 n.43), nel sito di progetto, in destra idrografica del F. Pescara, non sono perimetrate forme di instabilità che possono creare pericolosità o rischio. Inoltre, all'atto del sopralluogo non sono emersi indizi di potenziale instabilità, per cui l'area risulta stabile.

Per una migliore definizione della morfologia del territorio e della corretta ubicazione delle forme e delle classi di pericolosità e rischio (cartografate nel Piano PAI), attraverso l'uso del software ArcGIS, è stata realizzata la carta delle pendenze, sul Digital Elevation Model (DEM) costruito con passo della cella 5X5 metri. Come

emerge dalla Carta delle Pendenze (riportata in allegato) il sito di progetto è caratterizzato da pendenze comprese tra 0° e 5°.

L'idrografia superficiale dell'area è dominata, nelle sue linee principali, dal Fiume Pescara, che confluisce ad est, nel Mar Adriatico.

L'assetto idrogeologico è tipico di un ambiente di transizione caratterizzato da depositi eterogenei recenti.

L'orizzonte superficiale è caratterizzato da una litologia sabbiosa e limoso – sabbiosa con lenti e orizzonti ghiaiosi. Per le sue caratteristiche granulometriche, all'interno di questi depositi si crea una falda sospesa, sovrastante l'orizzonte limoso torbiditico a permeabilità inferiore. I limi argillosi con torbe, invece, per le loro caratteristiche granulometriche, non permettono la circolazione di acqua al suo interno e costituiscono un "*acquitardo*". A letto di tale unità, il banco ghiaioso presenta caratteristiche di permeabilità elevate e pertanto contiene una falda acquifera sostenuta dai limi argillosi di base praticamente impermeabili. Il livello ghiaioso, per le sue caratteristiche litologiche, rappresenta un "*acquifero*" permeabile; invece, il livello sottostante, limoso argilloso sovraconsolidato, costituisce l'"*acquicludo*" impermeabile.

Come emerge dalla prova penetrometrica eseguita, la falda acquifera si trova alla profondità di circa -7,50 metri dal p.c., ma è possibile riscontrare la presenza di una falda di scarsa entità alla profondità di circa – 1,50 metri dal p.c. Queste subiscono oscillazioni in occasione di precipitazioni intense ed in concomitanza con le escursioni del pelo libero dell'acqua del fiume.

Nella "Carta della Pericolosità Idraulica" (aggiornamento di scenario di pericolosità del marzo 2016) realizzata nell'ambito del Piano Stralcio Difesa dalle Alluvioni (PSDA) si evince che il sito è fuori dall'area di pericolosità idraulica. L'opera, essendo interrata, non compromette le condizioni di funzionalità del corso d'acqua, mantenendo inalterato il normale deflusso delle acque e il deflusso delle piene. Inoltre, non aumenta il rischio idraulico.

Le caratteristiche litostratigrafiche dei terreni, il modello geotecnico di riferimento e la presenza e la profondità della falda acquifera, sono tutte informazioni desunte dalla presa visione di indagini geognostiche e geotecniche eseguite sul medesimo sedime di progetto. Nel sito di progetto sono presenti le seguenti unità: limi sabbiosi di colore marrone, alternanze di limi argillosi con sabbie e sabbie limose passanti verso il basso a limi torbosi.

Sismicamente il territorio comunale di **Pescara** risulta classificato come **Zona sismica 3**. In particolare, come da Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri numero 3907 del 13 Novembre 2010, la pericolosità sismica di base, espressa in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno “ag” per il tempo di ritorno di 475 anni, per il territorio comunale di Pescara è pari a **ag = 0.151117 g**.

Per l’assegnazione della categoria di sottosuolo è stata programmata ed eseguita una campagna di indagine geofisica che ha previsto lo svolgimento di una prova HVSR. Il risultato di Vs,eq della prova HVSR è pari a pari a 305 m/s, per cui al sito di progetto può essere associata una **categoria di sottosuolo “C”**. Per quanto riguarda la categoria topografica, come emerge dalla osservazione della carta delle pendenze, e dai sopralluoghi eseguiti l’area di studio appartiene ad una **categoria topografica “T1”**.

Considerato che nella carta delle MOPS l’area rientra in una zona perimetrata a pericolosità di liquefazione e tenuto conto della natura litologica dei materiali presenti e della profondità della falda acquifera, è stata eseguita una verifica di suscettibilità alla liquefazione. Tale verifica alla liquefazione è stata svolta utilizzando parametri sismici (ag e f0) riferiti ad una vita nominale pari a 50 anni, ad una classe d’uso II (Affollamento normale, assenza di funzioni pubbliche.....) e ad uno stato limite di salvaguardia vita (SLV). Tenendo conto dell’escursione del livello della falda, la verifica di suscettibilità alla liquefazione è stata eseguita considerando il livello della falda acquifera alla profondità di -7,50 metri dal p.c. Per la granulometria dei sedimenti, si è fatto riferimento ai valori rappresentativi delle granulometrie provenienti dai risultati delle indagini di riferimento. La prova è stata svolta utilizzando i valori di resistenza alla punta e laterale della prova CPT. In questo caso, come risulta dalla verifica eseguita, il FS ha un valore superiore ad 1,00 e il rischio di liquefazione è molto basso.

Per la pericolosità di carattere geologico si rimanda al cap. 10. *Pericolosità geologica del territorio*. Si resta a disposizione per ulteriori chiarimenti.

ALLEGATI

CARTA COROGRAFICA (SCALA 1:25.000)

CARTA COROGRAFICA (SCALA 1:5.000)

CARTA GEOLOGICA (SCALA 1:50.000)

CARTA GEOMORFOLOGICA (PAI, SCALA 1:5.000)

CARTA DELLA PERICOLOSITÀ (PAI, SCALA 1:5.000)

CARTA DEL RISCHIO (PAI, SCALA 1:5.000)

CARTA DELLE PENDENZE (SCALA 1:5.000)

CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA (PSDA, SCALA 1:10.000)

CARTA GEOLOGICO – TECNICA (MZS I LIVELLO, SCALA 1:5.000)

CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

(MOPS MZS I LIVELLO, SCALA 1:5.000)

UBICAZIONE INDAGINI

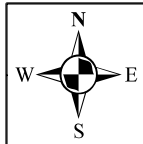
INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

INDAGINE GEOFISICA (HVSr)

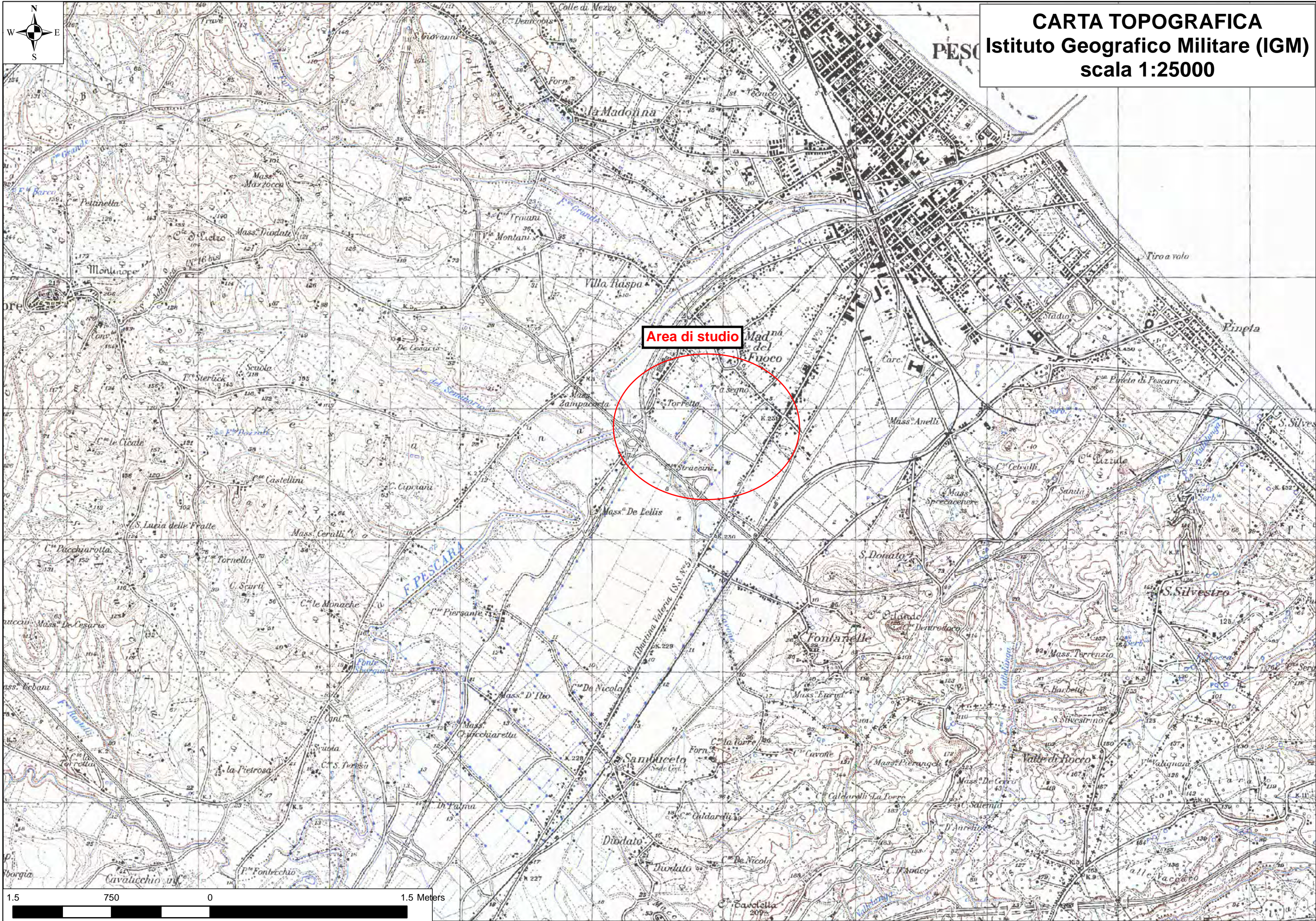
CURVE GRANULOMETRICHE DI RIFERIMENTO

CARTA COROGRAFICA

(SCALA 1:25.000)

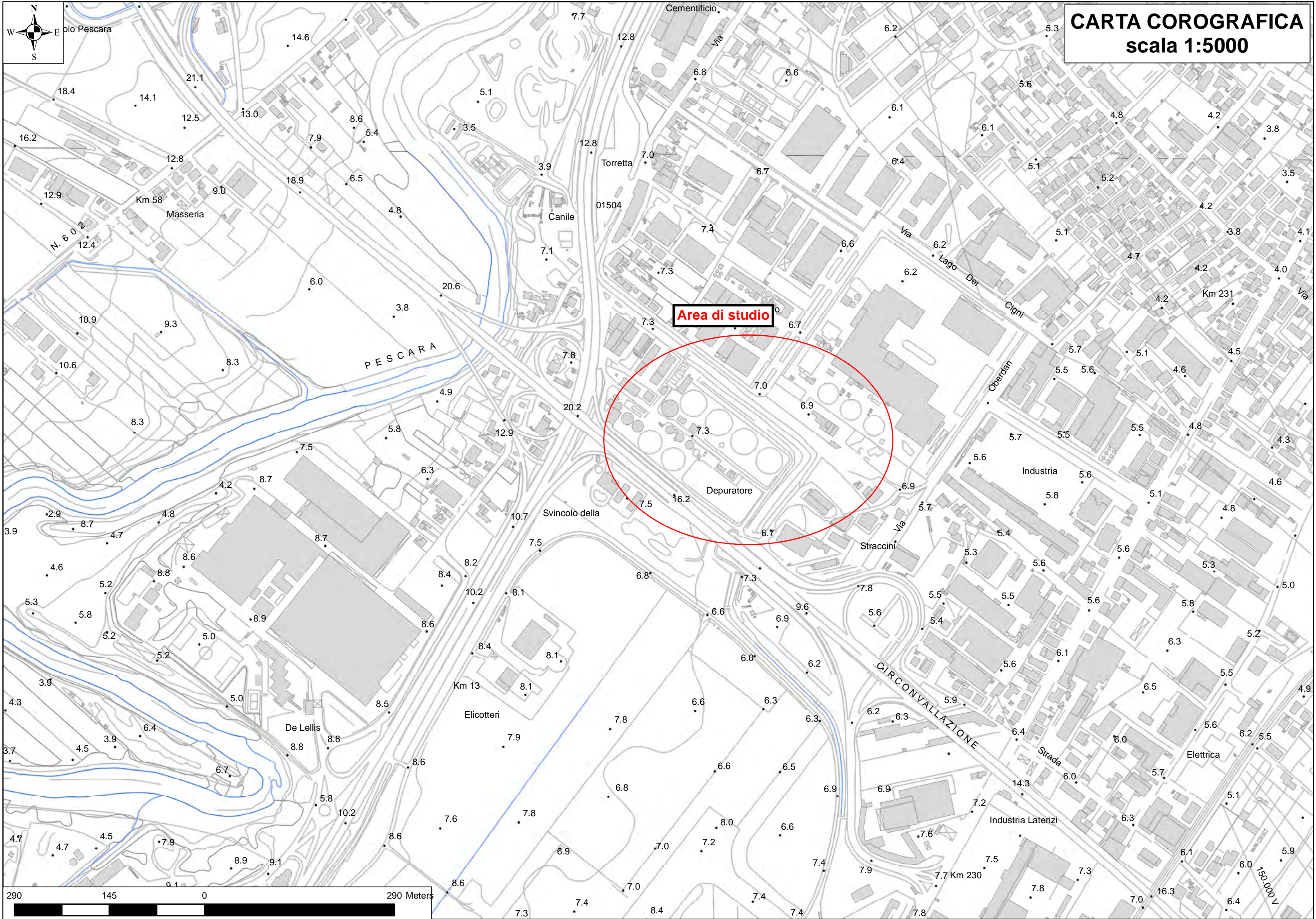


CARTA TOPOGRAFICA
Istituto Geografico Militare (IGM)
scala 1:25000



CARTA COROGRAFICA

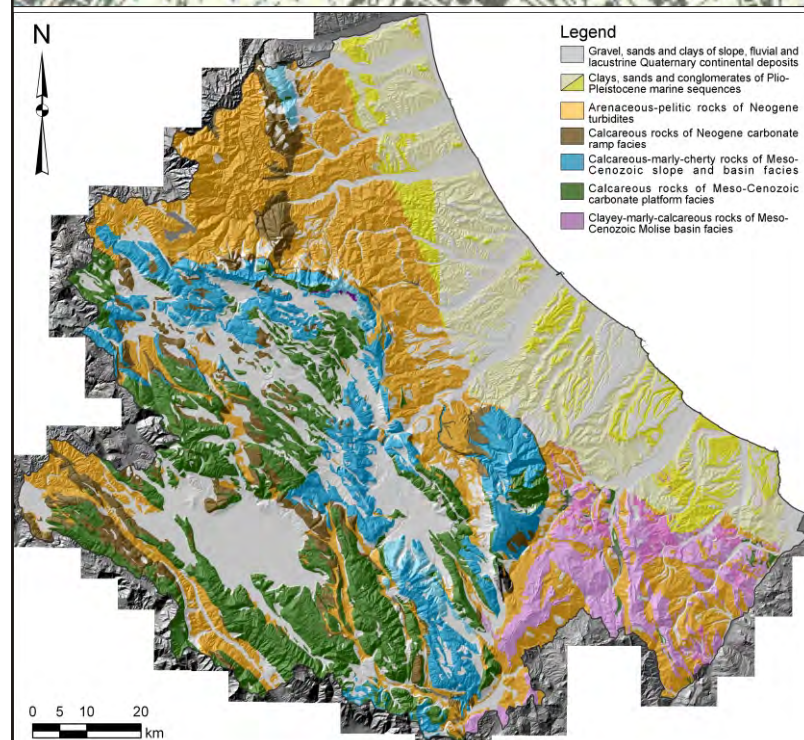
(SCALA 1:5.000)



CARTA GEOLOGICA

(SCALA 1:50.000)

CARTA GEOLOGICA
(Stralcio di Foglio 351 "Pescara" della
Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000),
Fuori scala



FORMAZIONE DI MUTIGNANO

PLIOCENE SUPERIORE - PLEISTOCENE p.p.

associazione sabbioso-conglomeratica (FMT_d)

Sabbie ed arenarie di colore giallastro, frequentemente bioturbate, con intercalazioni di livelli di ghiaie e di conglomerati composti da ciottoli di qualche centimetro, sempre ben sciolti ed embriciati, in prevalenza calcarei o, subordinatamente, silicei. Sia le sabbie che i conglomerati sono in genere stratificati in set tabulari al cui interno è possibile osservare stratificazione e laminazione incrociata a basso angolo e talora ripples simmetrici tipici di ambiente di spiaggia. Localmente sono presenti livelli da millimetrici a centimetrici di peliti grigie. (Zone MNN19d-e? A nannofossili calcarei). Lo spessore varia da 5-10 m fino ad un massimo di 50 m.

associazione sabbioso-pellica (FMT_e)

Alternanza di sabbie e sabbie silteose di colore giallo-ocra, a diverso grado di cementazione, ed argille e argille silteose grigiastre sottilmente laminate. Lo spessore degli strati sabbiosi aumenta dal basso verso l'alto da sottile a medio ed il rapporto sabbia/argilla è pressoché pari a 1. E' presente una ricca macrofauna a bivalvi (Pecten, Chlamys, Ostrea) e gasteropodi di ambiente marino. Lo spessore varia da alcune decine di metri fino ad un massimo di 60-70 m. (Zone MNN19c-MNNd a nannofossili calcarei).

associazione pelitico-sabbiosa (FMT_f)

Argille ed argille marnose di colore grigio con intercalazioni di sottili livelli sabbiosi e sabbioso-limosi fossiliferi; il rapporto sabbia/argilla è nettamente inferiore all'unità. Il contenuto fossilifero, frequente soprattutto in corrispondenza degli orizzonti sabbiosi, è rappresentato da molluschi quali bivalvi, piccoli gasteropodi ed echinodermi che individuano un ambiente di offshore. Lo spessore massimo osservato è di circa 400 m. (Zone MNN18-MNN19c a nannofossili calcarei).

DEPOSITI OLOCENICI

I depositi olocenici sono costituiti da una gran varietà di litofacies riferibili a depositi di frana, depositi alluvionali, coltri eluvio-colluviali, depositi eolici, depositi lacustri e palustri, depositi di spiaggia e depositi antropici. Il limite inferiore è sempre erosivo sui depositi delle successioni marine o sui sintemi pleistocenici della successione continentale; il limite superiore è costituito da una superficie deposizionale, in molti casi attiva.

Depositi di frana - Depositi poligenici in assetto caotico. In generale sono formati da litotipi prevalentemente argilloso e sabbiosi o da blocchi conglomeratici e arenaci (olo_{a1}). Depositi alluvionali - Sabbie, ghiaie e limi fluviali, con livelli e lenti di argille e torbe; ghiaie e sabbie di conoidi alluvionali. I livelli ghiaiosi, prevalenti nella parte bassa, sono costituiti da clasti di dimensione da centimetriche a decimetriche, localmente pluridecimetriche, poligenici, da sub-angolosi ad arrotondati, con intercalazioni di sabbie e limi-sabbiosi (olo_{a1}). Coltri eluvio-colluviali - Limi sabbiosi, limi argillosi e sabbie da grigiastri a giallastri a bruno-rossastri con clasti centimetrici arenacei e calcarei dispersi all'interno di materiali fini residuali; sono presenti frequentemente concrezioni calcaree; sono in assetto caotico o disposti in lenti e livelli clino-stratificati conformemente ai versanti (olo_{a2}).

Depositi eolici - Sabbie a granulometria medio-fine, ben classate, sciolte o debolmente addensate (olo_{a3}).

Depositi lacustri e palustri - Peliti palustri e peliti sabbioso-ciottolose, terreni di bonifica e torbe (olo_{a4}).

Depositi di spiaggia - Sabbie a granulometria medio-fine, sciolte o addensate, ghiaie con ciottoli eterometrici da arrotondati a sub-arrotondati, generalmente appiattiti (olo_{a5}).

Depositi antropici - Depositi caotici eterometrici costituiti da ghiaia, sabbia, limo e argilla e da frammenti di manufatti.

In corrispondenza di cave di ghiaia dismesse sono costituiti dai residui, essenzialmente sabbioso-limosi, dell'attività estrattiva (olo_{a6}).

SINTEMA DI VALLE MAJELAMA

Questo sintema è costituito prevalentemente da depositi alluvionali, terrazzati e disposti in diversi ordini ad altezze variabili sul fondovalle ed è stato suddiviso in 4 sottosistemi. Il limite inferiore dei depositi è sempre costituito da una superficie erosiva a contatto con i depositi della successione marina o con i depositi più antichi della successione continentale. Il limite superiore è costituito dalla superficie deposizionale alla sommità del deposito, più o meno rimodellata ed erosa, o dal contatto erosivo con i depositi continentali più recenti.

PLEISTOCENE SUPERIORE

subsistema di Chieti Scalo (AVM₄)

E' costituito da depositi alluvionali e da depositi e gneiss mista. Depositi alluvionali - Sabbie, limi e ghiaie, con stratificazione incrociata a basso angolo o pianoparallela, localmente massive, con lenti di argille e torbide; le ghiaie, prevalenti nella parte bassa del deposito, sono ben arrotondate, a clasti poligenici (arenacei, calcarei e selciferi), di dimensioni da centimetriche a decimetriche, immerse in una abbondante matrice sabbioso-limosa; sono riferibili ad ambiente fluviale. Le sabbie prevalgono nella parte alta dei depositi e spesso sono in contatto netto con le sottostanti ghiaie. Lo spessore affiorante dei depositi è di 5-15 m. I depositi sono terrazzati a quote comprese tra i 5 e 15 m sul fondovalle attuale (AVM₄). Deposito di origine mista - Ghiaie eterometriche e conglomerati debolmente cementati, con matrice sabbioso limosa da assente ad abbondante, in assetto caotico o con stratificazioni poco evidenti, di origine mista sia di natura alluvionale che legata all'azione della gravità. Affiorano lungo i versanti di fossi minori nell'area di Silvi (AVM₄).

PLEISTOCENE SUPERIORE p.p.

subsistema di Vallemare (AVM₃)

Depositi alluvionali - Sabbie e limi fluviali, a stratificazione pianoparallela e incrociata a basso angolo; si intercalano lenti di ghiaie con clasti ben arrotondati di dimensioni da centimetriche a decimetriche, poligenici (arenacei, calcarei e selciferi). Immersi in una matrice sabbioso-limosa. Lo spessore è variabile tra 10 m e 20 m. I depositi sono terrazzati a circa 20-25 m sul fondovalle attuale. (F. Tavo) (AVM₃).

PLEISTOCENE SUPERIORE p.p.

subsistema di Piano della Fara (AVM₂)

Depositi alluvionali - Ghiaie, alternate a sabbie, sabbie-limosi e limi, in strati e lenti di spessore decimetrico o metrico; si intercalano livelli decimetrici di argille grigie; i clasti sono arrotondati, di natura carbonatica e subordinatamente silicea. La matrice è costituita da materiale terroso bruno-rossastro, da sabbie o limi. La frazione sabbiosa diviene prevalente nella parte alta del deposito e presenta strutture sedimentarie trattive di fondo e lenti limoso-argillose; spesso si osserva un passaggio netto dal basso verso l'alto da un intervallo ghiaioso a un intervallo sabbioso. Lo spessore è variabile da 1-2 m a un massimo di 10 m. Il deposito è riferibile ad ambiente fluviale ed è terrazzato ad altezze tra 55 m e 30 m sul fondovalle attuale (AVM₂).

PLEISTOCENE SUPERIORE p.p.

subsistema di Villa Olivetti (AVM₁)

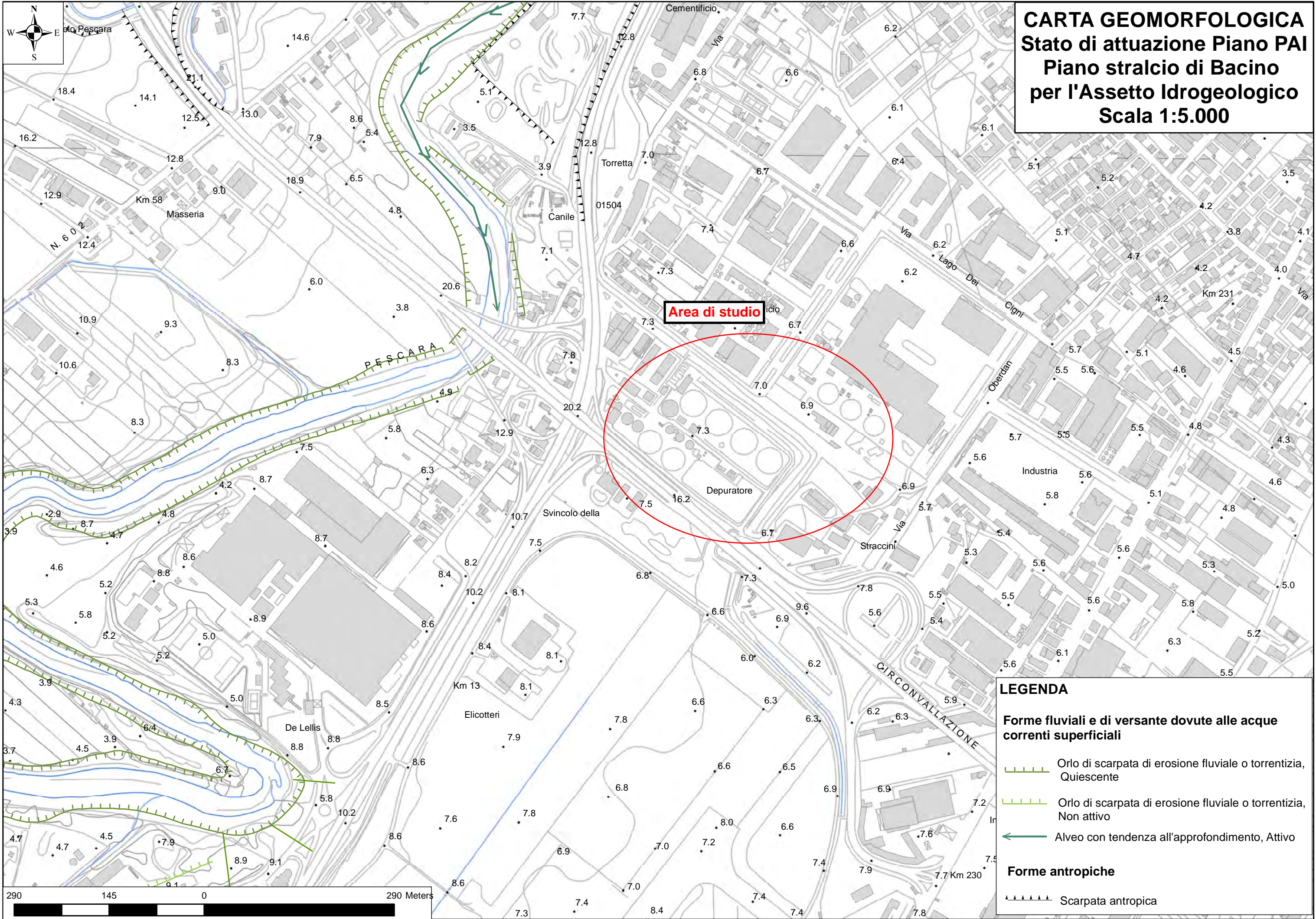
Depositi alluvionali - Ghiaie e conglomerati clasto-sostenuti debolmente cementati, in strati e lenti da decimetrici a metrici, con livelli e lenti sabbiosi decimetrici. Le ghiaie presentano clasti ben arrotondati e spesso appiattiti, di dimensioni variabili dai centimetri ai decimetri, poligenici (arenacei, calcarei e selciferi), con matrice sabbioso-limosa. I corpi conglomeratici sono organizzati in bancate massive e strati lentiformi discontinui con stratificazione incrociata, talora alternati ed eterotipi a lenti e livelli sabbioso-argillosi e limoso-argillosi. I livelli sabbiosi sono costituiti da sabbie medio-fini, con laminazione piano-parallela.

Frequentemente i depositi sono costituiti da due intervalli sovrapposti di spessore 10-15 m; uno francamente ghiaioso nella parte bassa, uno francamente sabbioso nella parte alta, cui si intercalano livelli di paleosuolo. Il limite tra i due intervalli è generalmente netto, planare o debolmente ondulato (F. Tavo, F. Fino, F. Pescara).

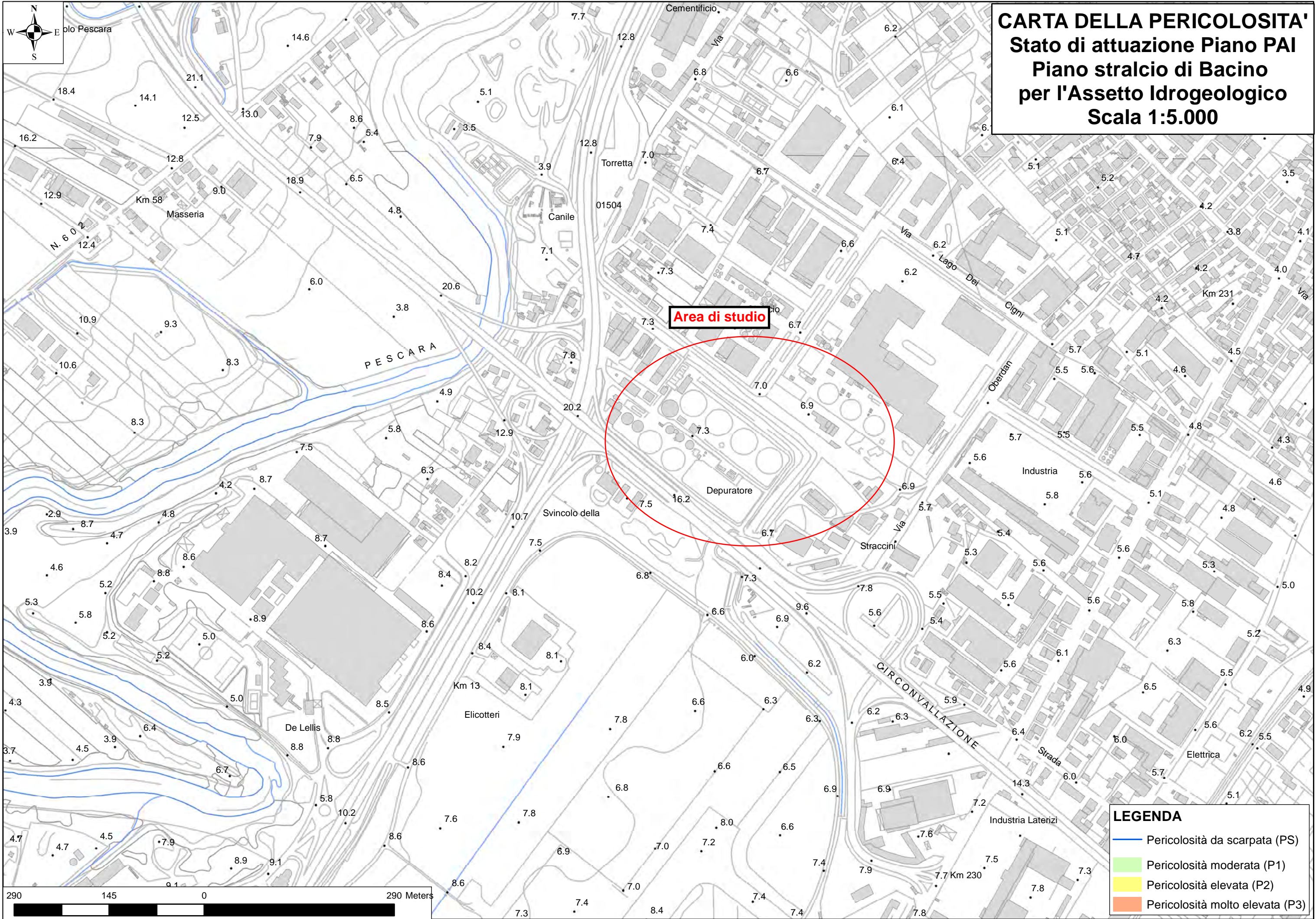
Lo spessore dei depositi è variabile da 10 m a oltre 30 m. Costituiscono terrazzi posti ad altezze sul fondovalle attuale intorno a 70 m lungo il F. Fino e il F. Tavo e comprese tra 70 m e 40 m lungo i fiumi Saline, Pescara, Alerio e Foro (AVM₁).

PLEISTOCENE SUPERIORE p.p.

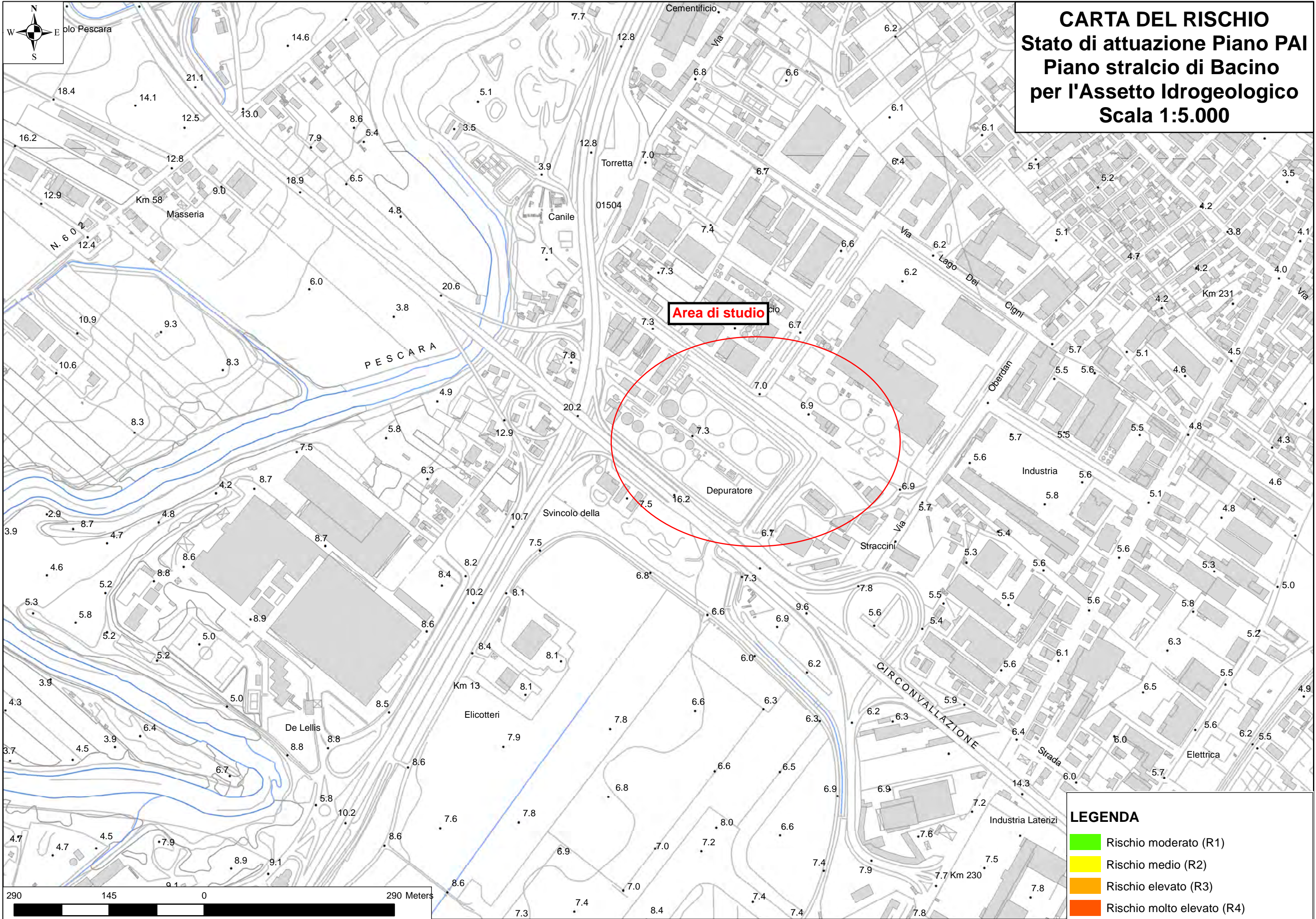
CARTA GEOMORFOLOGICA
STATO DI ATTUAZIONE PIANO PAI
(PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO)
(SCALA 1:5.000)



CARTA DELLA PERICOLOSITÀ
STATO DI ATTUAZIONE PIANO PAI
(PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO)
(SCALA 1:5.000)

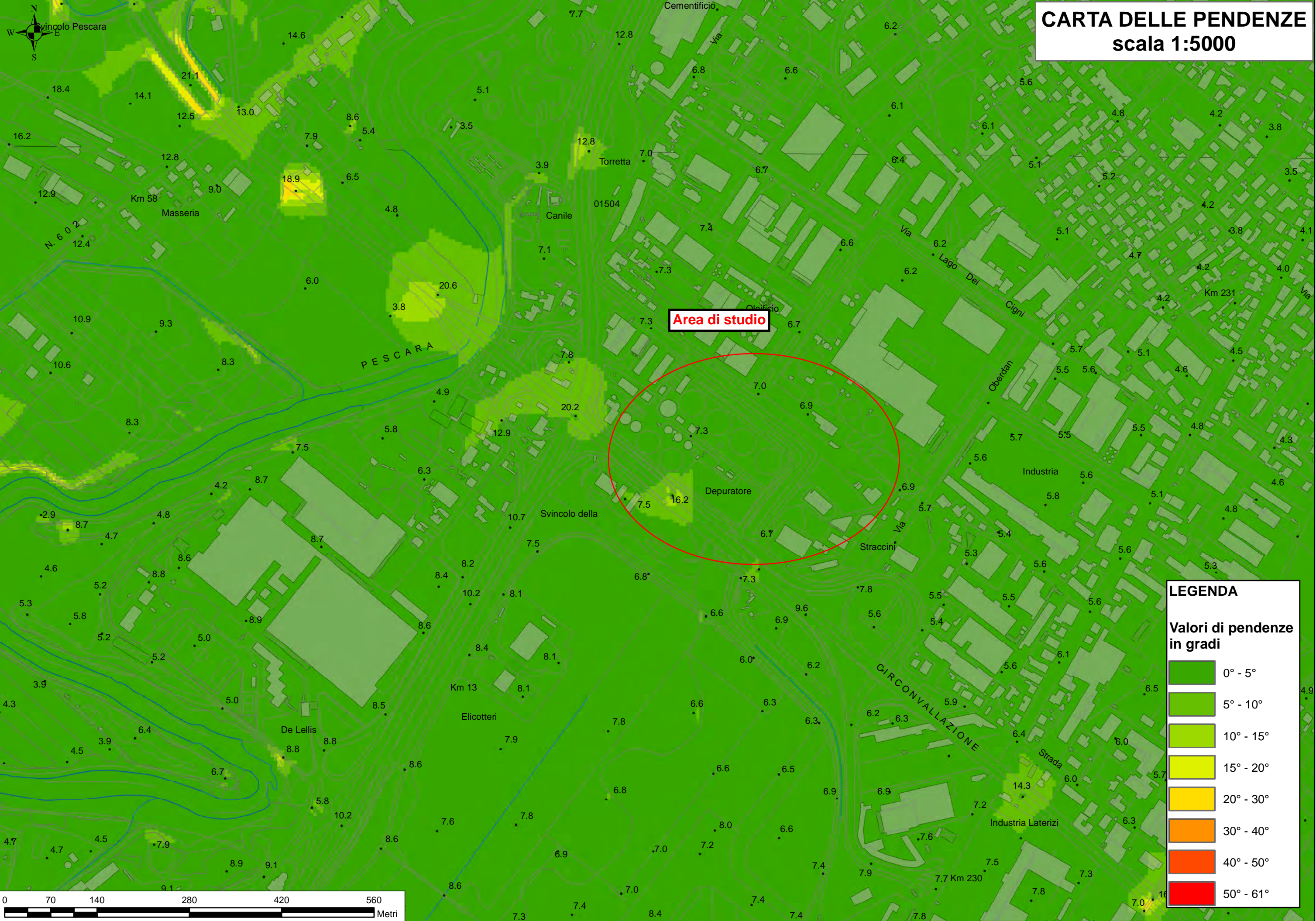


CARTA DEL RISCHIO
STATO DI ATTUAZIONE PIANO PAI
(PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO)
(SCALA 1:5.000)



CARTA DELLE PENDENZE

(SCALA 1:5.000)



CARTA DELLE PENDENZE
scala 1:5000

Area di studio

LEGENDA

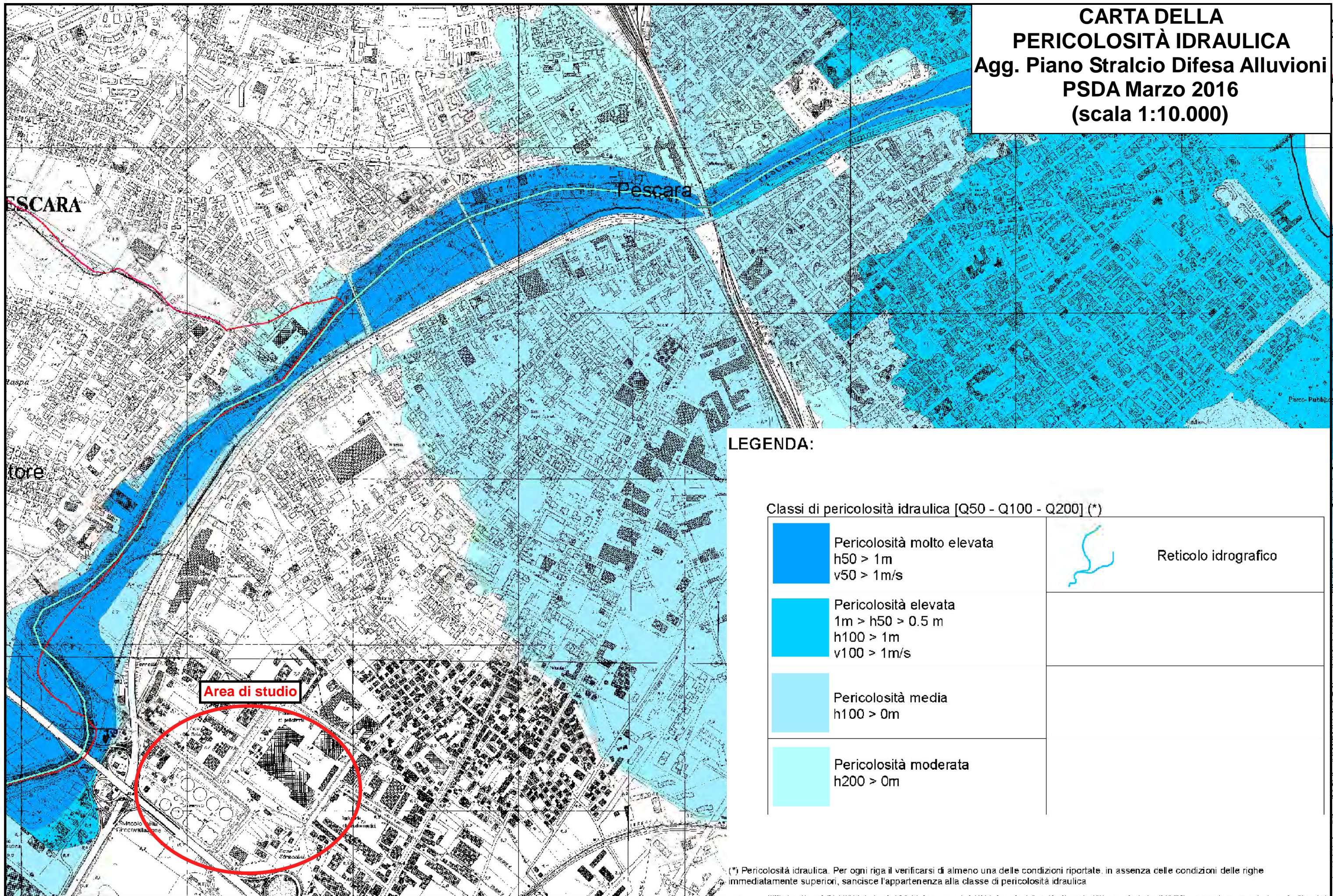
Valori di pendenze in gradi

	0° - 5°
	5° - 10°
	10° - 15°
	15° - 20°
	20° - 30°
	30° - 40°
	40° - 50°
	50° - 61°

CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA



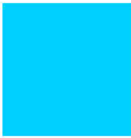

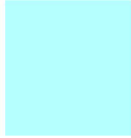
(PSDA, SCALA 1:5.000)

**CARTA DELLA
PERICOLOSITÀ IDRAULICA**
Agg. Piano Stralcio Difesa Alluvioni
PSDA Marzo 2016
(scala 1:10.000)



LEGENDA:

Classi di pericolosità idraulica [Q50 - Q100 - Q200] (*)

	Pericolosità molto elevata $h_{50} > 1\text{m}$ $v_{50} > 1\text{m/s}$		Reticolo idrografico
	Pericolosità elevata $1\text{m} > h_{50} > 0.5\text{m}$ $h_{100} > 1\text{m}$ $v_{100} > 1\text{m/s}$		
	Pericolosità media $h_{100} > 0\text{m}$		
	Pericolosità moderata $h_{200} > 0\text{m}$		

(*) Pericolosità idraulica. Per ogni riga il verificarsi di almeno una delle condizioni riportate, in assenza delle condizioni delle righe immediatamente superiori, sancisce l'appartenenza alla classe di pericolosità idraulica

CARTA GEOLOGICO – TECNICA
(MZS I LIVELLO, SCALA 1:5.000)

**CARTA GEOLOGICO – TECNICA
(M2S I LIVELLO)
(scala 1:5.000)**

Area di studio

DEL – Depositi di delta
Depositi costituiti da sabbie e sabbie-limose con lenti di ghiaie e di torbre sciolte. L'ambiente deposizionale è da attribuirsi all'interazione tra gli apporti sedimentari delle maree e a quelli dovuti all'afflusso fluviale.
Età: Olocene
(Fonte: Carta Geologica d'Italia CARG F.131 Pescara – Rusciadelli G. et. all., 2000)

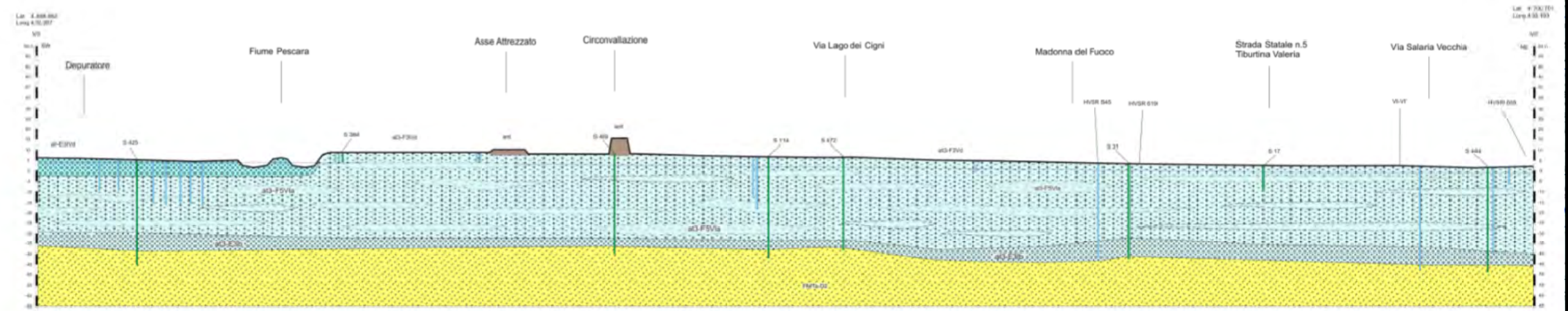
ALL – Depositi alluvionali
I depositi appartenenti alla piana alluvionale, composti da limi – argillosi, argille limose e lenti ghiaioso – sabbiose e sabbioso – ghiaiose sciolte.
Età: Olocene. (Fonte: Carta Geologica d'Italia CARG F.131 Pescara – Rusciadelli G. et. all., 2000)

AT – Depositi alluvionali terrazzati
at1 at2 at3
I depositi appartenenti alla piana alluvionale e a terrazzi fluviali (at3) sono prevalentemente composti da lenti discontinue di limi – argillosi e argille limose a forte componente organica e livelli torbosi da poco consistenti a inconsistenti con lenti ghiaioso – sabbiose e sabbioso – ghiaiose moderatamente addensate. L'orizzonte superficiale è localmente indurito per essiccazione. Hanno uno spessore che varia da 40 a 50 metri con ispessimento verso est nel depocentro, fino ai 12 – 15 metri ai margini. I terrazzi fluviali più antichi (at1 – at2) sono principalmente costituiti da limi sabbiosi ed argille sabbiose moderatamente consistenti. Lo spessore varia dai 5 ai 20 metri. Il passaggio al sottostante substrato marino è in discordanza angolare ed erosivo; avviene in genere con un livello ghiaioso – sabbioso addensato.
Età: Pleistocene medio – Pleistocene superiore
(Fonte: Carta Geologica d'Italia CARG F.131 Pescara – Rusciadelli G. et. all., 2000)

E3 Ivd – Sabbie e ghiaie, con presenza di abbondante materia organica dispersa, frazione fine interstiziale non coesiva e livelli discontinui di sabbie ghiaiose. Derivanti dalla messa in posto dei depositi alluvionali attuali. Presentano uno spessore variabile dai 10 ai 20 m.

Area con falda a profondità dal p.c. < 15 metri

Depuratore **Fiume Pescara** **Asse Atrezzato** **Circonvallazione** **Via Lago dei Cigni** **Madonna del Fuoco** **Strada Statale n.5 Tiburtina Valeria** **Via Salaria Vecchia**

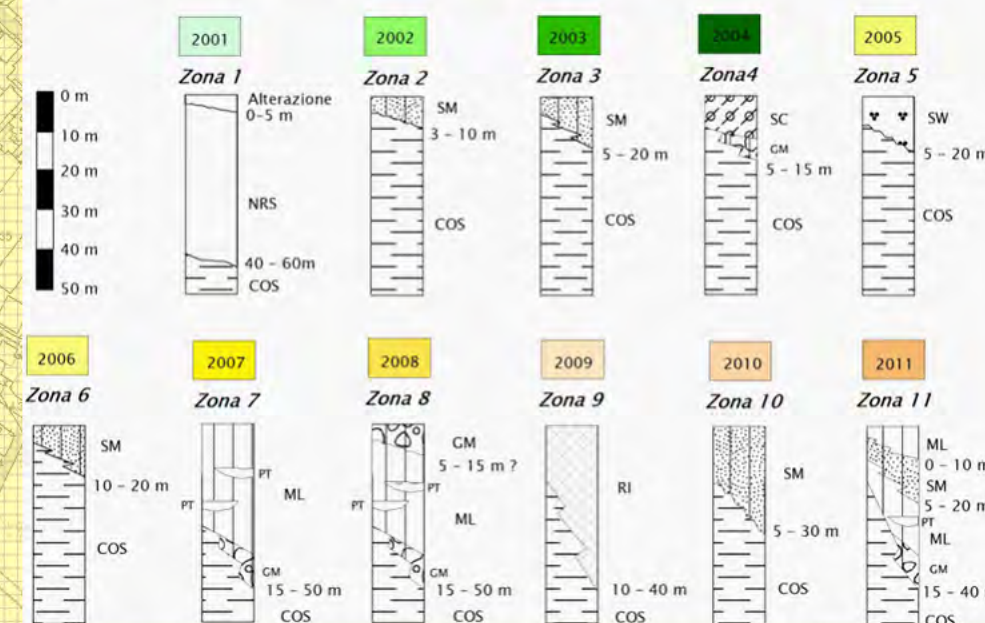


CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE
IN PROSPETTIVA SISMICA
(MOPS, MZS I LIVELLO, SCALA 1:5.000)

CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA MOPS (MZS I LIVELLO) (scala 1:5.000)

Area di studio

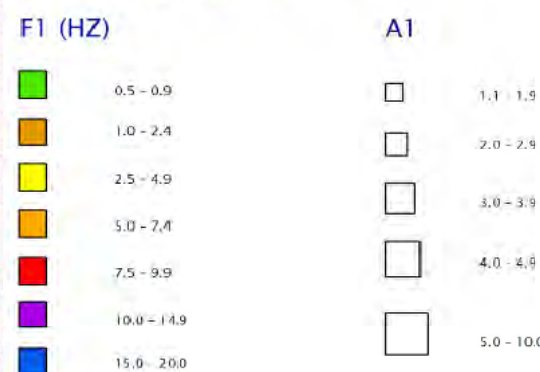
Zone stabili suscettibili di amplificazione locali



Frequenza fondamentale (F0) ed ampiezza del picco (A0)



Secondo picco (F1, A1)

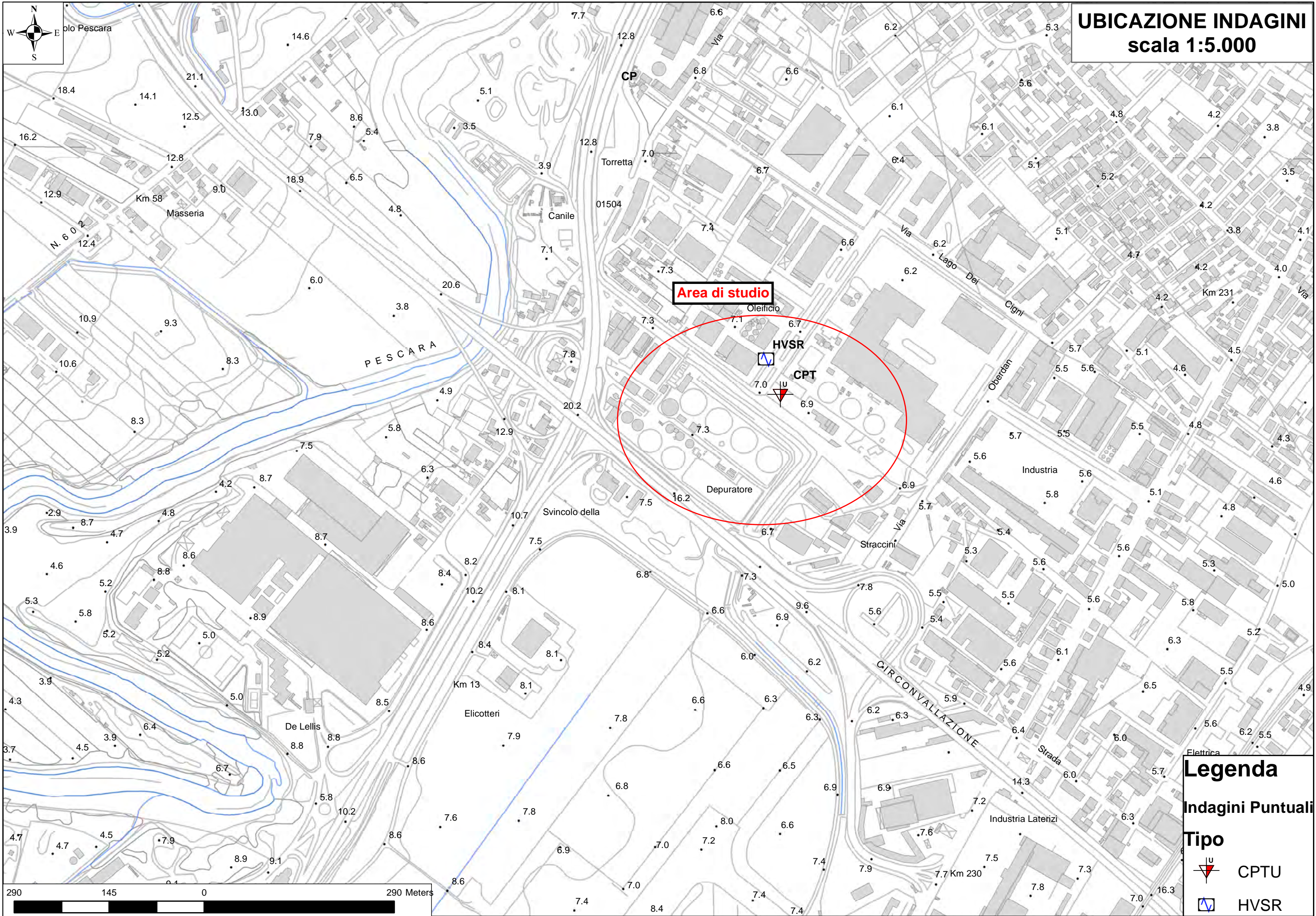


ZALQ1 - Zona di attenzione per instabilità di liquefazione tipo 1 (Zona 2010)

Nella zona della piana alluvionale del Fiume Pescara (Zone 2007 e 2011) e di Fosso Grande (Zona 2008) si ha la presenza di aree con possibili importanti variazioni tridimensionali alla scala di sito delle caratteristiche geotecniche dei materiali fini alluvionali (es. torbe e argille organiche), che potrebbero determinare fenomeni di cedimenti oltre a presenza di possibili lenti discontinue di materiale granulare potenzialmente liquefacibili.

- Substrato non rigido stratificato - Alternanza di sabbie da moderatamente addensate a cementate e arenarie deboli con intercalazioni di sottili livelli di siltiti grigio-azzurre (FMTd -FMTc) [NRS].
- Substrato coesivo sovraconsolidato e stratificato - Sedimenti costituiti principalmente da argille grigio-azzurre con presenza di livelli sabbiosi grigi (FMTa) [COS].
- Depositi prevalentemente sabbioso-limosi e sabbioso - argillosi con lenti ghiaioso - sabbiose. Generalmente si presentano da sciolti e poco consistenti/addensati nei livelli ghiaiosi. Nei depositi alluvionali si hanno livelli limoso - torbosi [SM].
- Depositi prevalentemente sabbioso - argillosi con livelli sabbioso-limosi e sabbioso-ghiaiosi. Generalmente si presentano da sciolti e poco addensati [SC].
- Depositi costituiti da sabbie e sabbie-ghiaiose, spesso sciolte e/o poco addensate [SW].
- Depositi prevalentemente limoso - sabbiosi e limoso - argillosi con livelli ricchi in limi - torbosi. Generalmente si presentano da sciolti. Possono presentare lenti ghiaiose [ML].
- Depositi ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi clasto-sostenuti e addensati [GM].
- Lenti costituite da materiali ad alto contenuto organogeno, legnosi e torbosi [PT].
- Discarica RSU e/o riporti antropici usati per ritombamenti di cave dismesse [RI].

UBICAZIONE INDAGINI



UBICAZIONE INDAGINI
scala 1:5.000

Area di studio

HVSr

CPT

Legenda

Indagini Puntuali

Tipo



CPTU



HVSr

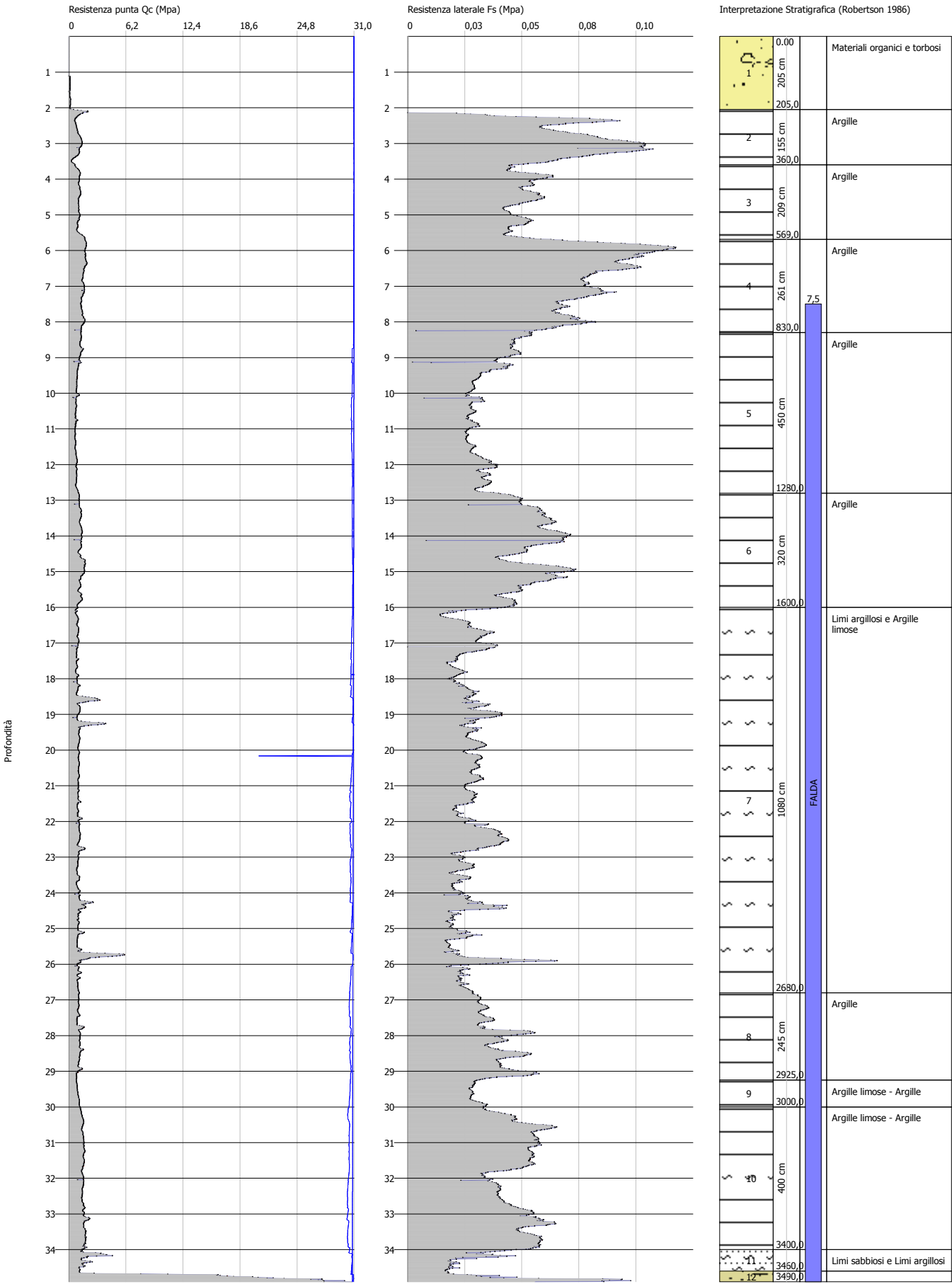
INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

Probe CPTU - Piezocone Nr.2
Strumento utilizzato... PAGANI 200 kN (CPTU)
Diagramma Resistenze qc fs

Committente : ACA spa ERSI
Cantiere : Pescara
Località : Pescara

Data :26/10/2018

Scala 1:150



INDAGINE GEOFISICA (HVSr)

Pescara: Intervento 9

Strumento: TE3-0088/01-14

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 19/10/18 10:57:46 Fine registrazione: 19/10/18 11:27:46

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00".

Analizzato 97% tracciato (selezione automatica)

Freq. campionamento: 128 Hz

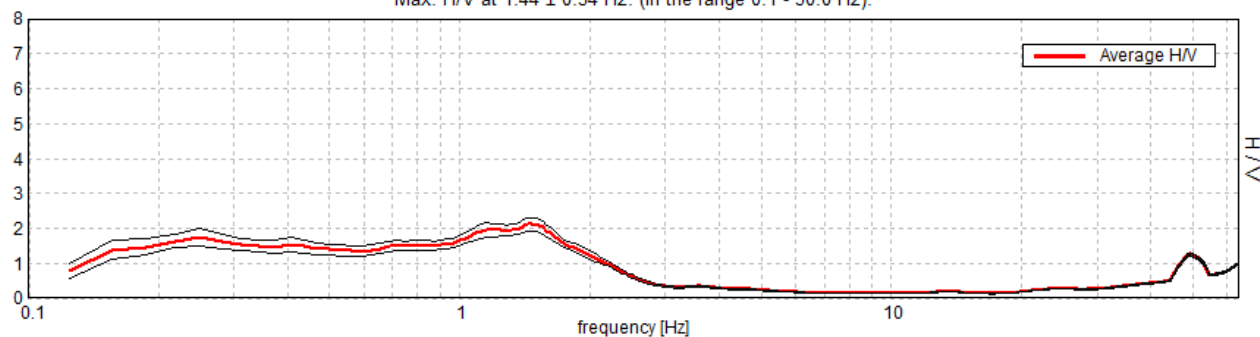
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

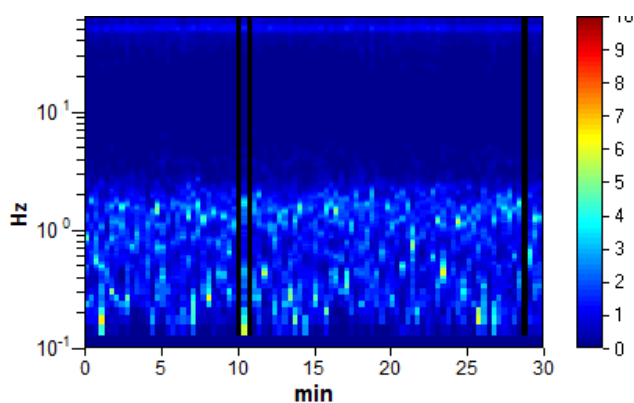
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

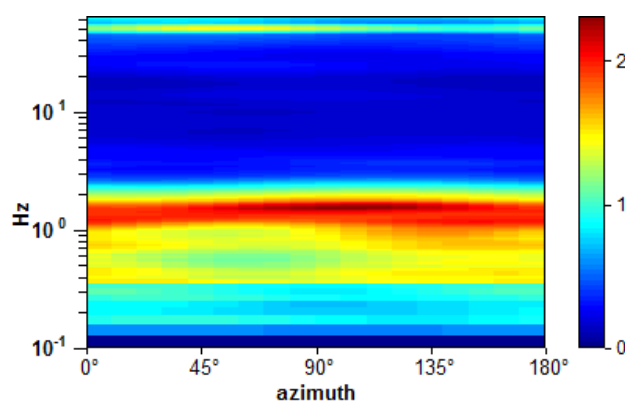
Max. H/V at 1.44 ± 0.34 Hz. (In the range 0.1 - 30.0 Hz).



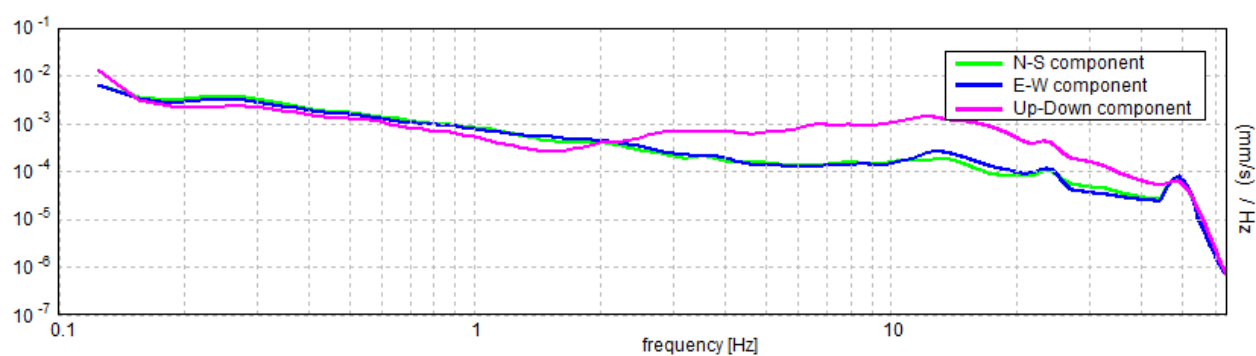
SERIE TEMPORALE H/V



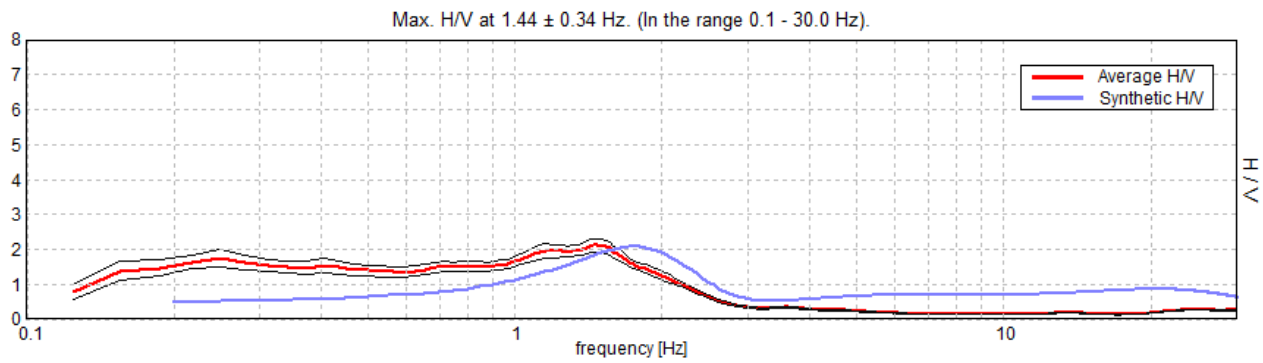
DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

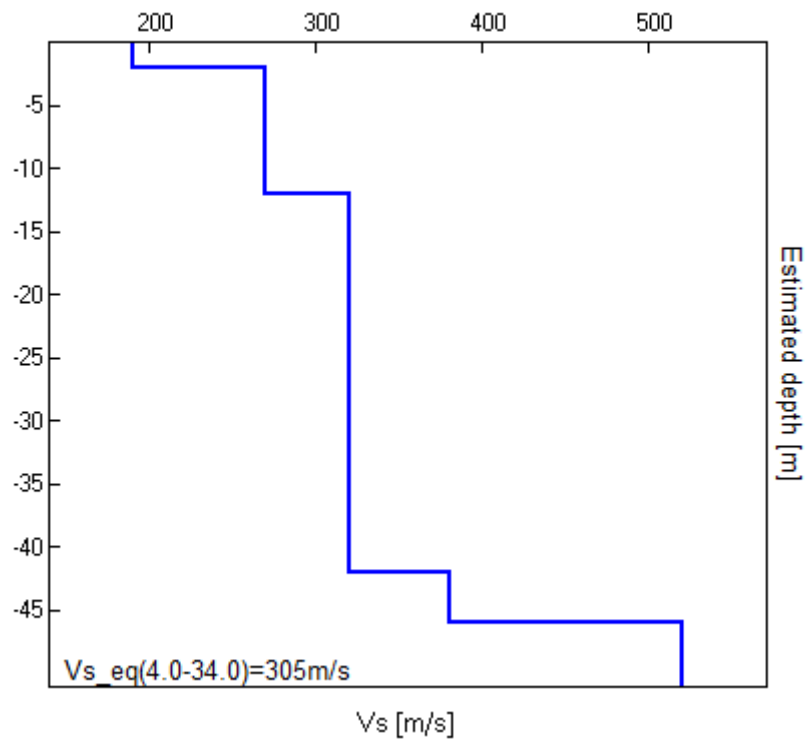


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
2.00	2.00	190	0.45
12.00	10.00	270	0.45
42.00	30.00	320	0.45
46.00	4.00	380	0.45
inf.	inf.	520	0.45

$Vs_{eq}(4.0-38.0)=305\text{m/s}$



[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 1.44 ± 0.34 Hz (nell'intervallo 0.1 - 30.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.44 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2501.3 > 200$	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 70	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.156 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.11 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.23809 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.34226 < 0.14375$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1867 < 1.78$	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

CURVE GRANULOMETRICHE DI RIFERIMENTO

DATA: 10/7/2008

Certificato: 1530708

G E A

LABORATORIO GEOTECNICO

Via Cagliari 3, 65010 Villa Raspa di Spoltore, Tel. 085/4155618

COMMITTENTE: Comune di Pescara

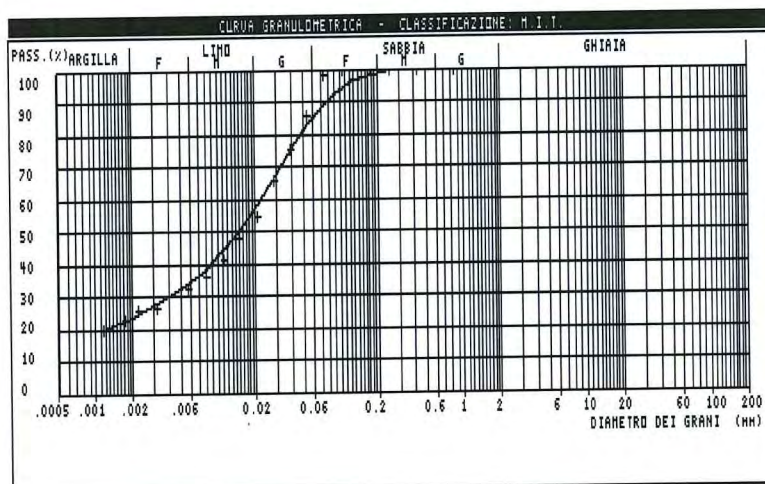
CANTIERE : Costruzione Ponte Nuovo

Sondaggio: 2

Campione: 1

Profondità da mt: 15.50 a mt: 16.00

ANALISI GRANULOMETRICA



Ghiaia.....: 0 %
Sabbia.....: 15 %
Limo.....: 61 %
Argilla.....: 24 %
Diam. 60%: 0.0225 mm.
Diam. 10%: _____ mm.
Coefficiente di uniformità (U): _____

CLASSIFICAZIONE GRANULOMETRICA

Limo Argilloso Sabbioso (M.I.T.)

DATA: 10/7/2008

Certificato: 1550708

G E A

LABORATORIO GEOTECNICO

Via Cagliari 3, 65010 Villa Raspa di Spoltore, Tel. 085/4155618

COMMITTENTE: Comune di Pescara

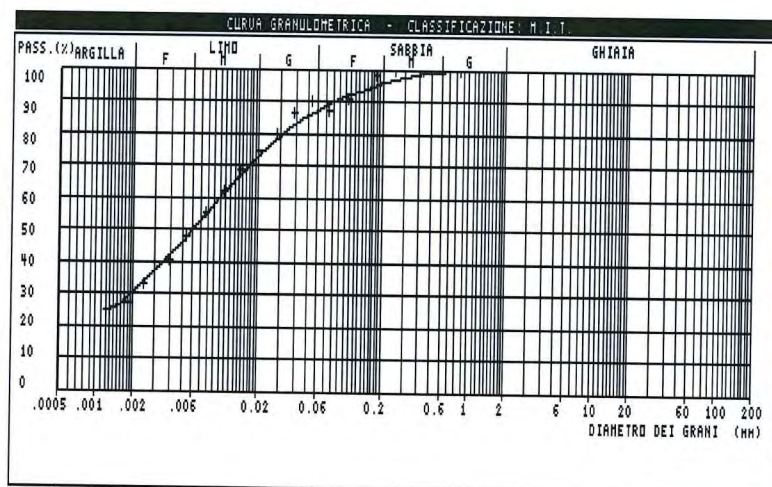
CANTIERE : Costruzione Ponte Nuovo

Sondaggio: 3

Campione: 1

Profondità da mt: 8.70 a mt: 9.20

ANALISI GRANULOMETRICA



Ghiaia.....: 0 %
Sabbia.....: 13 %
Limo.....: 57 %
Argilla.....: 30 %
Diam. 60%: 0.0099 mm.
Diam. 10%: _____ mm.
Coefficiente di uniformità (U): _____

CLASSIFICAZIONE GRANULOMETRICA

Limo con Argilla Sabbioso (M.I.T.)

DATA: 10/7/2008

Certificato: 1560708

G E A

LABORATORIO GEOTECNICO

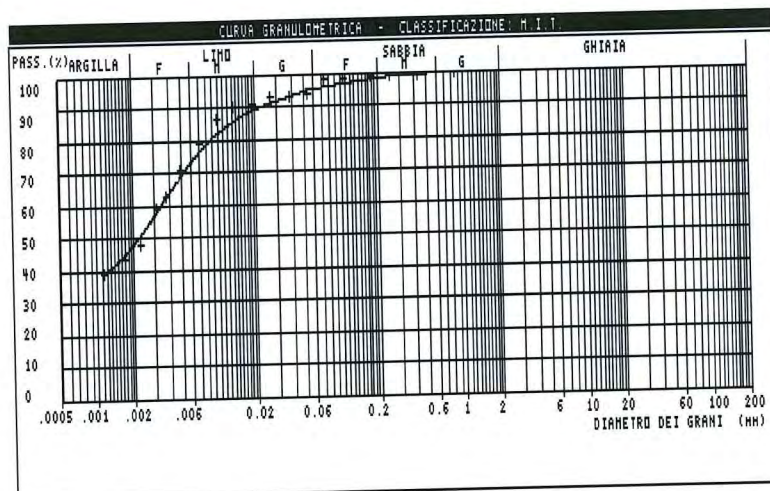
Via Cagliari 3, 65010 Villa Raspa di Spoltore, Tel. 085/4155618

COMMITTENTE: Comune di Pescara

CANTIERE : Costruzione Ponte Nuovo

Sondaggio: 3 Campione: 2 Profondità da mt: 325.0 a mt: 33.50

ANALISI GRANULOMETRICA



Ghiaia.....: 0 %
Sabbia.....: 5 %
Limo.....: 47 %
Argilla.....: 48 %
Diam. 60%: 0.0033 mm.
Diam. 10%: _____ mm.
Coefficiente di uniformità (U): _____

CLASSIFICAZIONE GRANULOMETRICA

Argilla con Limo deb. Sabbiosa (M.I.T.)

