

Comparto AN.1/I e AN.2/I NORD

Le analisi riportate nelle sopra citate relazioni, documentano le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, geotecniche dell'area interessata mediante 1 prova penetrometrica statica di tipo CPT spinta fino alla profondità massima di 15 metri dal p.c., finalizzate alla definizione delle caratteristiche lito-stratigrafiche dell'area di intervento. L'elaborato in originale della prova non viene allegato alla relazione del comparto.

E' stata effettuata una indagine sismica di tipo MASW ed una passiva a registrazione singola (HVSR) con conseguenti elaborazioni e calcolo del valore di Vs30 in funzione di quali è stata definita la categoria dei terreni di fondazione (categoria D per l'area indagata).

Non è stato realizzato lo studio di risposta sismica locale (RSL), mediante l'utilizzo dell'input sismico di riferimento (contenuto nella DAL 112/2007) e la modellazione numerica, al fine di fornire gli spettri di risposta, con periodo di ritorno di 475 anni e smorzamento $\xi = 5\%$, ed i fattori amplificativi intermini di PGA/PGA_0 e di SI/SI_0 ;

In virtù di ciò manca la valutazione del potenziale di liquefazione e dei cedimenti secondo l'allegato A3 della DAL 112/2007,

Le analisi e considerazioni contenute nelle relazioni di cui sopra, e quindi successivamente all'entrata in vigore della DAL 122/2007 e all'approvazione del P.T.C.P.2009, non documentano adeguatamente le caratteristiche dell'azione sismica nel sottosuolo del sito di intervento e quindi non ottemperano quanto previsto dal P.T.C.P., che negli elaborati cartografici specifica per l'area in oggetto l'esecuzione di approfondimenti di III livello, e quanto dettato dalla DAL della Regione Emilia-Romagna n° 112/2007.

COMUNE DI CAVEZZO

P.O.C.

n. 3

Piano operativo comunale

RELAZIONE

GEOLOGICA IDROGEOLOGICA E SISMICA

Progetto: Arch. Paolo Artioli

Aspetti geologici ambientali: Dott. Geol. Valeriano Franchi

Elaborazioni Cartografiche : ditta Stemma di Stefano Marzolo

Indice

0	PREMESSA	3
0.1	Pericolosità sismica	4
1	COMPARTO AN.2/V - MOTTA	8
1.1	Descrizione dell'intervento.....	8
1.2	Litologia di superficie	9
1.3	Geomorfologia.....	9
1.4	Resistenza meccanica dei terreni	11
1.5	Caratteristiche sismiche dei terreni - Comparto AN.2/V - Motta.....	14
1.6	Idrografia superficiale ed officiosità idraulica del reticolo idrografico minore	16
1.7	Idrogeologia e vulnerabilità naturale dell'acquifero superficiale	20
1.8	Sintesi e fattibilità progettuale	22
2	COMPARTO AN. 2/IA-A / COMPARTO AN.2/IA-B.....	24
2.1	Descrizione dell'intervento.....	24
2.2	Litologia di superficie	25
2.3	Geomorfologia.....	25
2.4	Resistenza meccanica dei terreni	27
2.5	Caratteristiche sismiche dei terreni - Comparto 2/IA - A Comparto 2/IA - B..	31
2.6	Idrografia superficiale ed officiosità idraulica del reticolo idrografico minore	33
2.7	Idrogeologia e vulnerabilità naturale dell'acquifero superficiale	35
2.8	Sintesi e fattibilità progettuale	38
3	COMPARTO AN. 2/I C.....	40
3.1	Descrizione dell'intervento.....	40
3.2	Litologia di superficie	41
3.3	Geomorfologia.....	41
3.4	Resistenza meccanica dei terreni	43
3.5	Caratterizzazione sismica dei terreni del Comparto AN. 2/I C.....	48
3.6	Idrografia superficiale ed officiosità idraulica del reticolo idrografico minore	50
3.7	Idrogeologia e vulnerabilità naturale dell'acquifero superficiale	53
3.8	Sintesi e fattibilità progettuale	55
4	COMPARTI AN. 1/I e AN. 2/I NORD.....	57
4.1	Descrizione dell'intervento.....	57
4.2	Litologia di superficie	58
4.3	Geomorfologia.....	60
4.4	Resistenza meccanica dei terreni	61
4.5	Caratteristiche sismiche dei terreni - Comparti AN. 1/I e AN. 2/I nord	65
4.6	Idrografia superficiale ed officiosità idraulica del reticolo idrografico minore	68
4.7	Idrogeologia e vulnerabilità naturale dell'acquifero superficiale	70
4.8	Sintesi e fattibilità progettuale	72
5	COMPARTO AN. 2 IV - STRALCIO OVEST.....	74
5.1	Descrizione dell'intervento.....	74
5.2	Litologia di superficie	74
5.3	Geomorfologia.....	75
5.4	Resistenza meccanica dei terreni	76

5.5	Caratteristiche sismiche dei terreni - Comparto AN.2 IV - stralcio ovest.....	82
5.6	Idrografia superficiale ed officiosità idraulica del reticolo idrografico minore	85
5.7	Idrogeologia e vulnerabilità naturale dell'acquifero superficiale.....	87
5.8	Sintesi e fattibilità progettuale	89

0 PREMESSA

Nella presente relazione verranno esaminati i rapporti esistenti tra i comparti del POC3 del Comune di Cavezzo e le matrici ambientali relative al suolo, al sottosuolo (negli aspetti litologici, geomorfologici, geotecnici e sismici) ed alle acque superficiali e sotterranee, al fine di verificare l'idoneità progettuale e identificare le eventuali indicazioni/prescrizioni per le fasi attuative.

Per quanto riguarda gli aspetti generali riguardanti il contesto geologico - tettonico, la litologia, la geomorfologia, l'idrografia e l'idraulica, si farà riferimento agli elaborati cartografici del QC del PSC comunale ed alle relative note descrittive, richiamando solo in caso di necessità esplicativa i concetti essenziali di carattere generale, per lasciare maggior spazio alla descrizione di dettaglio di ogni singolo comparto.

Per gli aspetti geotecnici e sismici, in questa sede sono stati integrati dati di recentissima acquisizione che aiutano a definire con maggiore dettaglio le caratteristiche di resistenza meccanica e le principali caratteristiche sismiche dei terreni di ogni singolo comparto.

0.1 Pericolosità sismica

La pericolosità sismica di un'area può essere suddivisa in una *pericolosità di base* ed in una *pericolosità locale*, data da aspetti locali del territorio e del terreno.

Pericolosità sismica di base¹

La pericolosità sismica di base di un'area dipende dalle sorgenti sismogenetiche, dall'energia, dal tipo e dalla frequenza dei terremoti passati, aspetti che sono presi in considerazione per definire le zone della classificazione sismica nazionale. Da tali caratteristiche deriva il moto di input atteso, per il calcolo del quale non sono valutate le caratteristiche locali ed il territorio è considerato uniforme, cioè pianeggiante e costituito da suolo rigido in cui la velocità di propagazione delle onde S è maggiore di 800 m/s ("Suolo A" dell'Eurocodice 8, dell'OPCM 3274/2003 e del D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le costruzioni").

Il dato di partenza per un'analisi della potenzialità sismica di un territorio è certamente la ricostruzione delle strutture tettoniche maggiormente attive nel tempo geologico più recente, all'incirca l'ultimo milione di anni (neotettonica). Sono queste le strutture che possono, se confermate anche da dati macrosismici e/o sismologici, ragionevolmente costituire sorgente di terremoti anche in futuro.

Per gli aspetti generali relativi alla tettonica, alla neotettonica ed alle sorgenti sismogenetiche pertinenti al territorio comunale di Cavezzo, si rimanda alla Relazione del QC del PSC, ritenendo, in questa sede, ridondante riprenderne la trattazione.

La storia sismica del Capoluogo, limitatamente ai terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 4-5 gradi MCS, così come estratte dal catalogo parametrico CPTI04 dei terremoti italiani dell'INGV, rivela come le intensità al sito di maggior grado (tra cui 5 gradi MCS è il valore più ricorrente), sul territorio comunale, siano dovute a terremoti con epicentri localizzati in Emilia e in Bassa Padana, tutti registrati durante il secolo scorso. Intensità al sito di grado < 5 gradi MCS sono dovute a terremoti con epicentri localizzati tutti in Emilia, con intensità al sito maggiori per quelli con epicentro nel Parmense.

Terremoti con epicentri geograficamente più lontani, rispetto al territorio comunale, al di fuori del limite regionale, hanno determinato intensità al sito mai superiori a 4 gradi MCS (3 è il valore più ricorrente); tra questi i più frequenti sono stati localizzati in un intorno prossimo al Lago di Garda (ovest: Franciacorta e Salò; est: Valle d'Illasi).

La pericolosità sismica di base è definita secondo una procedura basata sui risultati dello studio dell'INGV, disponibili sul sito web (<http://esse1.mi.ingv.it/>) nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica". In tali mappe, la pericolosità si sgancia dalle divisioni amministrative e viene distribuita sui 10751 nodi, a distanza reciproca non superiore a 10 km, di un reticolo geografico regolare che copre l'intero territorio nazionale. Ogni nodo è caratterizzato da specifiche curve di pericolosità che definiscono la frequenza media annua di occorrenza di una serie di terremoti caratterizzati da diversi livelli di severità,

¹ Il presente paragrafo risulta comune a tutti i Comparti in esame per il POC3; non verrà, pertanto, ripetuto nei capitoli dedicati ai restanti Comparti.

espressa, ad esempio, in termini di a_g (meglio nota come PGA, accelerazione orizzontale di picco).

L'esame della mappa probabilistica di pericolosità sismica del territorio provinciale (Figura 1) evidenzia valori di accelerazione massima al suolo, calcolati per probabilità di superamento in 50 anni del 10% (distribuzione del 50° percentile - mappa mediana, che è la mappa di riferimento per ogni probabilità di superamento), variabili tra **0.125 e 0.15**, nel settore settentrionale del territorio comunale, a **0.15 e 0.175** nel settore meridionale.

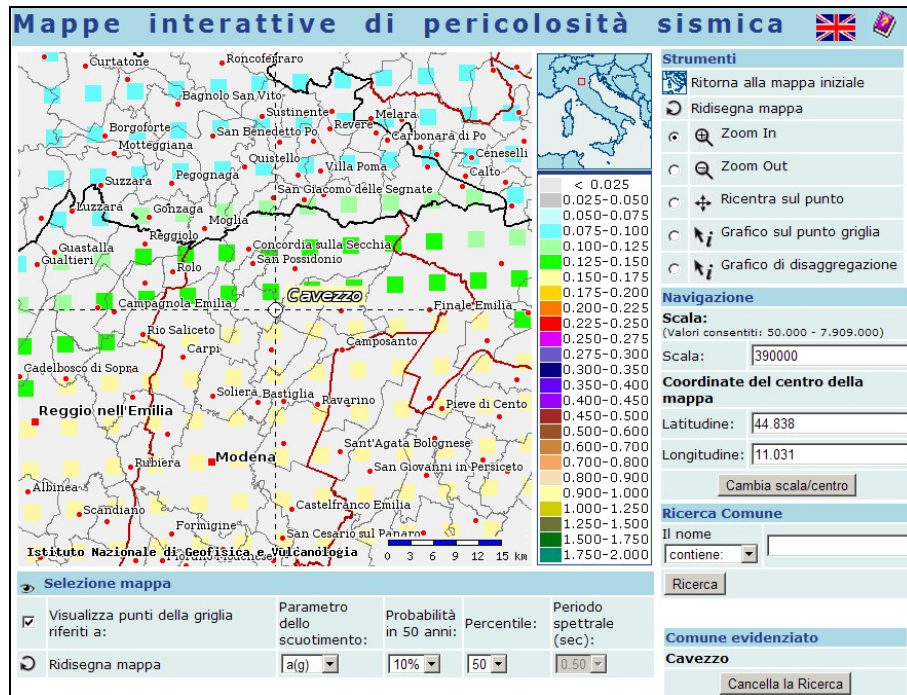


FIG. 1 - Mappa probabilistica di pericolosità sismica del territorio comunale. Sono evidenziati, in colore, i punti della griglia nazionale caratterizzati da valori di a_g con probabilità di occorrenza del 10% in 50 anni - Sito web INGV.

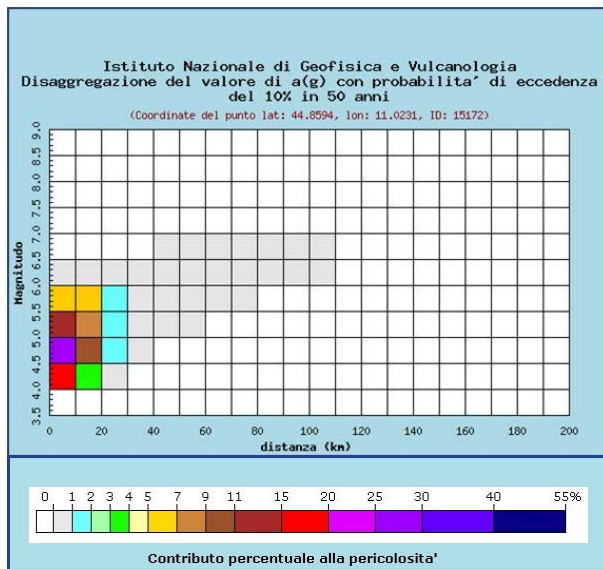
L'accelerazione massima orizzontale al suolo di riferimento (PGA), fissata per l'intero territorio comunale di Cavezzo dalla Tabella 2, Allegato 4 della Del. dell'Assemblea Legislativa n. 112 del 2/5/2007, risulta essere pari a **0.150**. Come si vede, tale valore risulta mediato rispetto ai valori minimo e massimo evidenziati per il territorio comunale dalla mappa probabilistica di pericolosità sismica di Figura 1.

Da ognuno dei punti componenti la griglia di pericolosità si può generare il rispettivo grafico di disaggregazione: rappresentazione grafica del contributo di distanza chilometrica e magnitudo al verificarsi di quella determinata accelerazione sismica, utile nell'individuazione della sorgente sismogenetica che contribuisce maggiormente a produrre il valore di scuotimento stimato in termini probabilistici.

L'analisi di disaggregazione ha un importante significato nell'ambito di studi di microzonazione sismica, di analisi di liquefazione, di analisi di risposta sismica locale e di studi di stabilità dei versanti, in cui è necessaria la conoscenza dei parametri del terremoto di scenario. I risultati dell'analisi di disaggregazione possono inoltre risultare

utili al fine di selezionare (o simulare) accelerogrammi a scopi di progettazione e/o per analisi dinamiche (es. analisi numeriche di risposta sismica locale).

Di seguito si riporta il grafico di disaggregazione tridimensionale del valore di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni per il nodo della griglia nazionale corrispondente a Cavezzo (Figura 2), dove ϵ rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano predetto da una data legge di attenuazione dati M ed R .



Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.950	9.250	0.583

FIG. 2 - Pericolosità sismica - Comune di Cavezzo: grafico di disaggregazione del valore di $a(g)$ (0,125-0,15) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

Dal grafico di disaggregazione sopra riportato è possibile identificare, per il Capoluogo, un valore di **magnitudo** molto prossimo a **5**, e valori di **distanza** chilometrica dalla sorgente sismogenetica non superiori a **10 km**.

Pericolosità sismica locale²

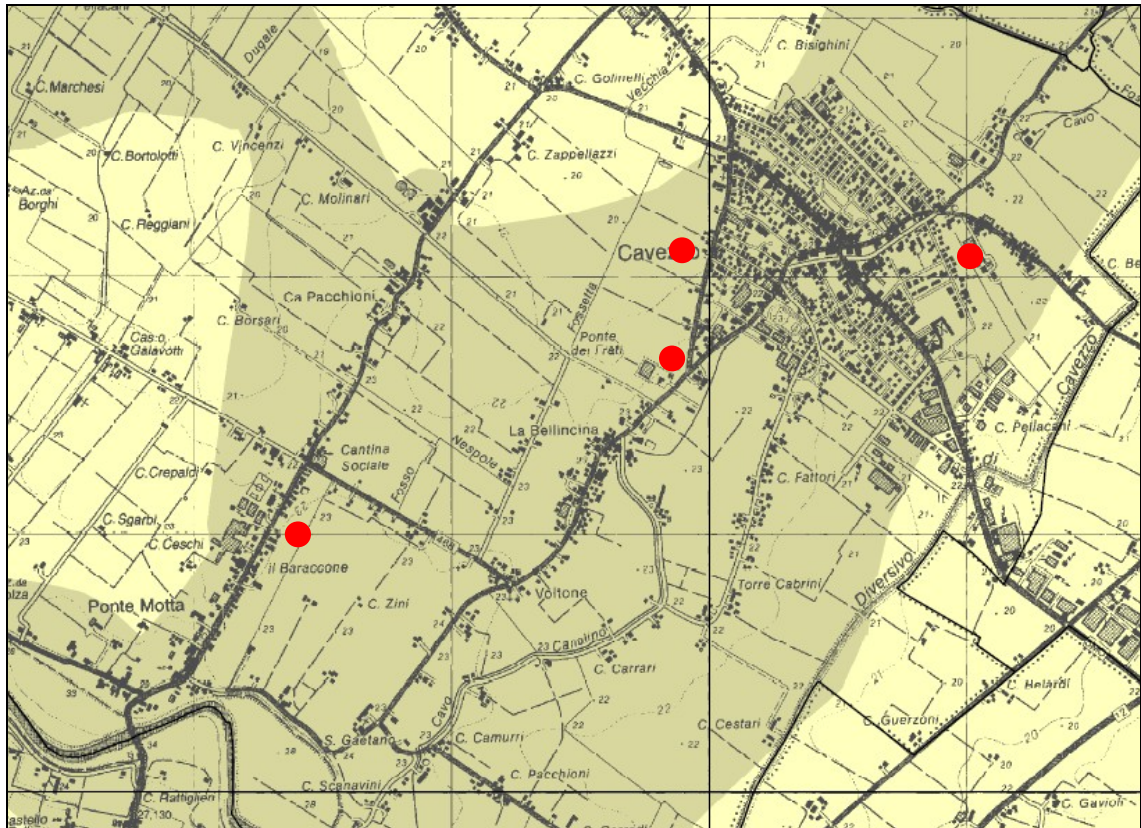
Accanto ad una sismicità di base, la sismicità di un'area risulta inoltre caratterizzata da una sismicità locale, in quanto il moto sismico in superficie può essere influenzato dalle condizioni geologiche e morfologiche locali; in particolare alcune forme e depositi del paesaggio possono amplificare il moto sismico e favorire fenomeni di instabilità dei terreni quali cedimenti, frane o fenomeni di liquefazione (**effetti locali**).

La zonazione del territorio sulla base della risposta sismica del terreno è perciò uno dei più importanti ed efficaci strumenti di definizione e rappresentazione della pericolosità sismica e quindi un'azione indispensabile per la prevenzione e riduzione del rischio sismico, dal momento che fornisce un contributo essenziale per l'individuazione delle aree a maggior pericolosità sismica.

Il PTCP della Provincia di Modena, nella Tavola 2.2 a.2 "*Rischio sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali*" (Figura 3), identifica, relativamente al territorio oggetto del

² Vedi nota 1.

presente POC, aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione, per cui è richiesta la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi e in cui la microzonazione sismica può avvalersi di approfondimenti di II livello.



7	<p>Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione <u>studi</u>: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi; <u>microzonazione sismica</u>: approfondimenti di II livello.</p>
8	<p>Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti <u>studi</u>: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi; <u>microzonazione sismica</u>: sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti.</p>

FIG. 3 - Stralcio della Tav. 2.2 a.2 "Rischio sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali" del PTCP della Provincia di Modena. I punti rossi identificano approssimativamente le aree del POC3.

1.2 Litologia di superficie

La litologia di superficie, che caratterizza il terreno alla profondità di circa un metro dal piano campagna, escludendo il suolo ed il terreno vegetale superficiale, è uniforme su tutto il comparto e caratterizzata dalla presenza di terreni a prevalente percentuale limosa.

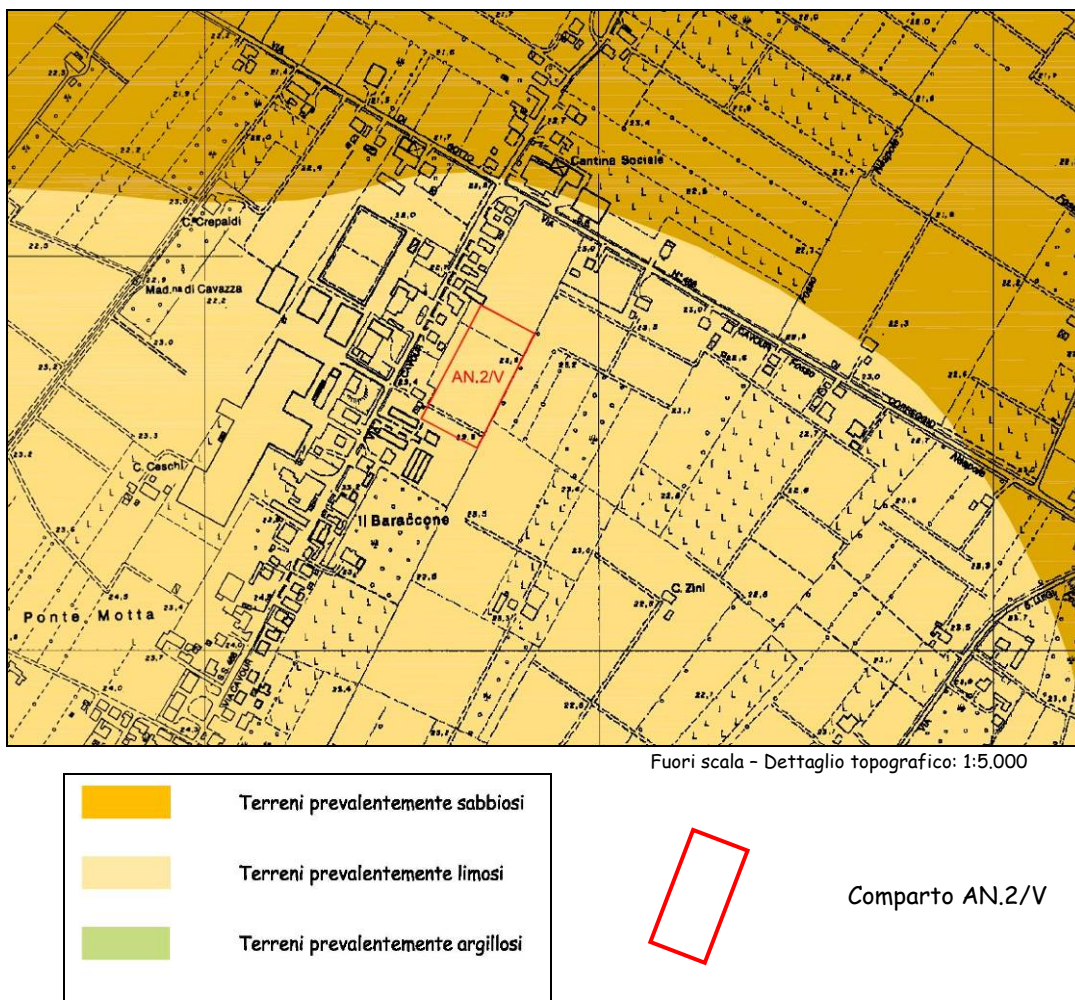
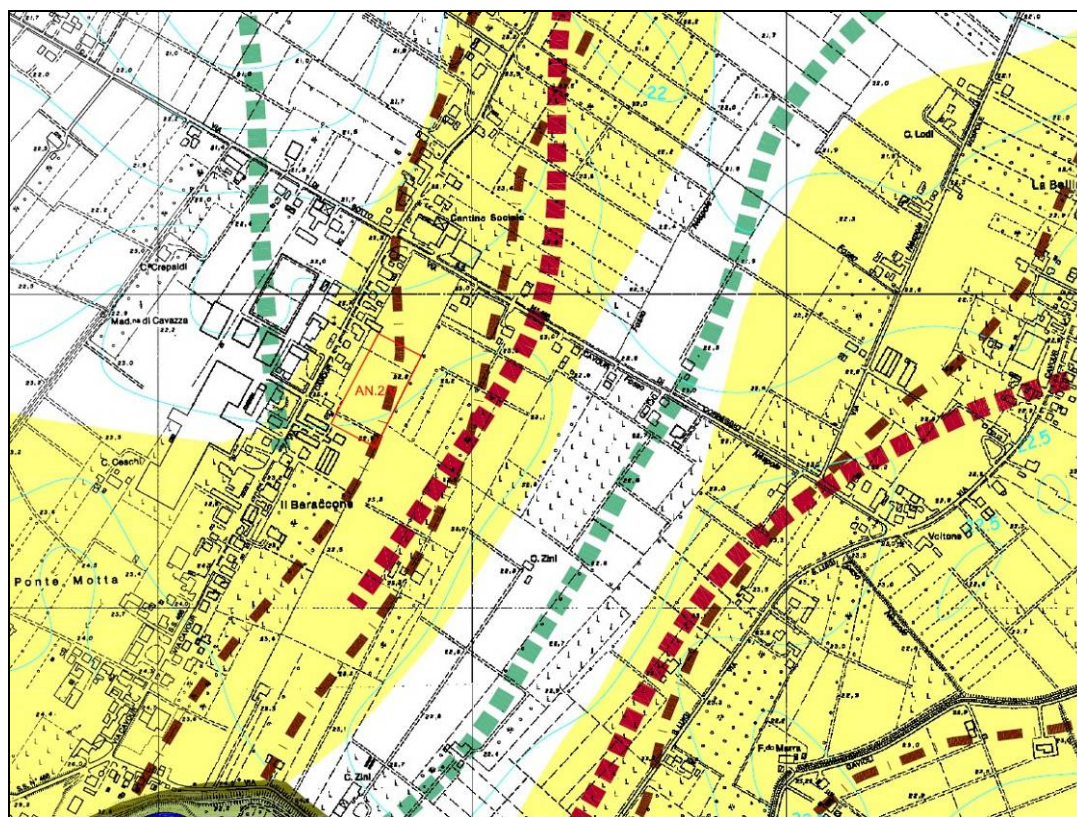


FIG. 4 - Litologia di superficie (Estratto Tav. 1-9 - PSC Comune di Cavezzo).

1.3 Geomorfologia

Il Comparto AN.2/V si sviluppa in un'area sub-pianeggiante con quote medie di 23 m s.l.m., in corrispondenza di un dosso di pianura, al margine occidentale di un paleoalveo, in una fascia compresa tra una linea di dislivello principale (ad est) ed una linea di impluvio principale (ad ovest). Tale contesto morfologico, individuato mediante l'elaborazione modellizzata delle quote del terreno naturale e l'osservazione di fotografie aeree, risulta particolarmente importante a fini idraulici, favorendo l'infiltrazione delle acque nonché rappresentando, a livello locale, ostacolo ad eventuali esondazioni fluviali.



Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5.000

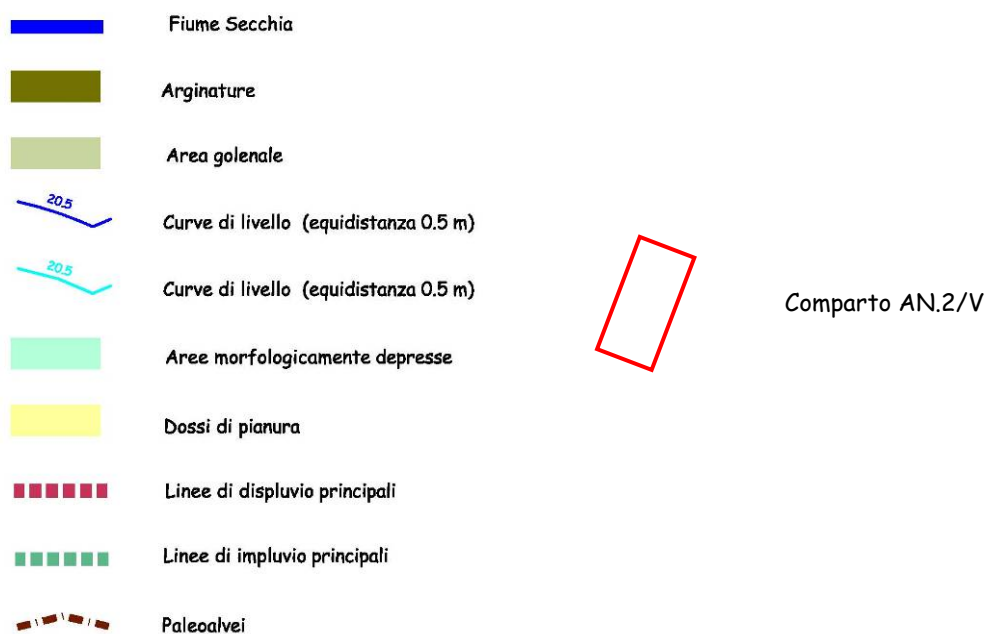
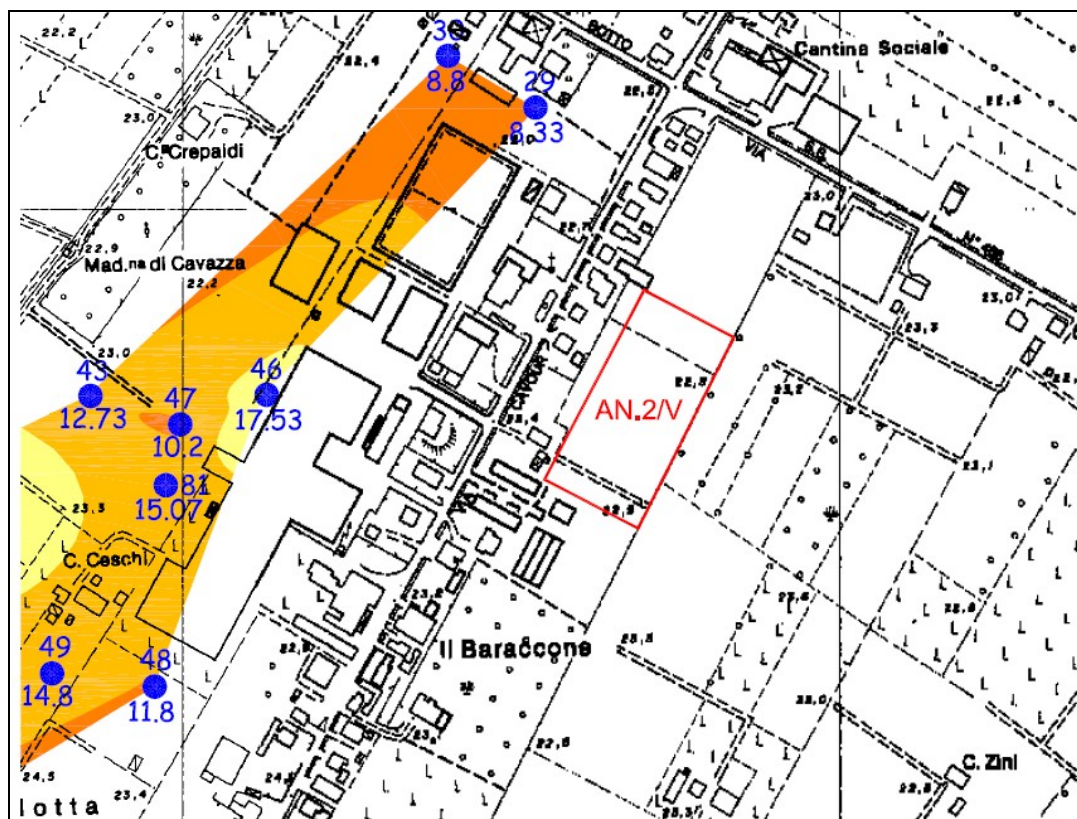


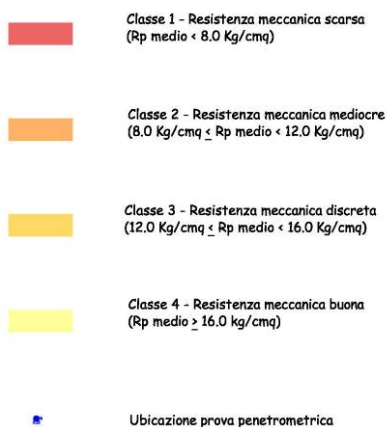
FIG. 5 - Geomorfologia (Estratto Tav. 1-10 - PSC Comune di Cavezzo).

1.4 Resistenza meccanica dei terreni

L'elaborazione relativa alle Tav. 1.19A e 1.19B del PSC vede interessata, per la presenza di dati disponibili, solamente un'area occidentale, non sufficientemente prossima al Comparto.



Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5.000



Comparto AN.2/V

FIG. 6 - Resistenza meccanica del terreno (Elab. R_p medio 1° strato 1-4 m) - (Estratto Tav. 1-19A - PSC Comune di Cavezzo).

Pertanto, al fine di ottenere la caratterizzazione geotecnica dei terreni del primo sottosuolo presenti entro il Comparto in esame, è stata eseguita una prova penetrometrica statica (CPT nr. 3), spinta sino alla profondità di 15.0 dal piano campagna.

L'ubicazione della prova viene riportata nella figura seguente, mentre il relativo diagramma delle resistenze viene riportato in Allegato in coda alla relazione.

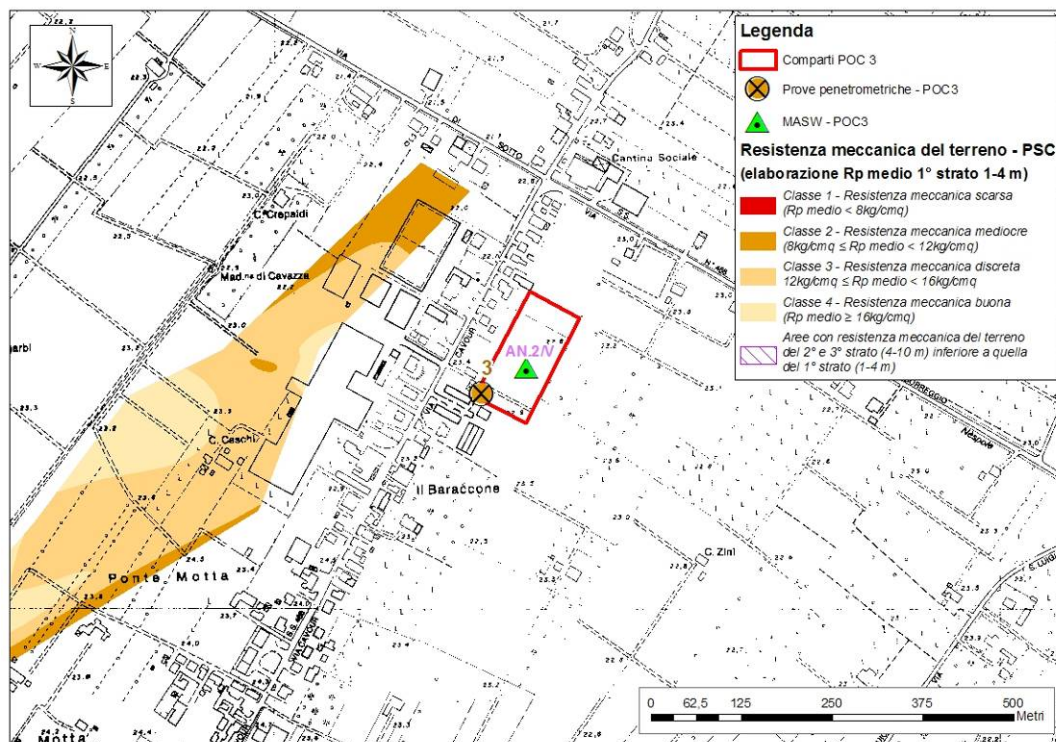


FIG. 7 - Ubicazione sondaggi geognostici eseguiti per il POC3.

La prova eseguita è stata elaborata, in analogia con l'elaborazione svolta nel PSC, considerando i primi 10.0 m di profondità, escludendo il primo metro di terreno superficiale e suddividendo il restante spessore in tre intervalli, per ognuno dei quali è stato valutato il valore di Rp medio.

	Rp medio CPT 3
1°STRATO (1-4 m)	9.2 Kg/cm ²
2°STRATO (4-7 m)	8.9 Kg/cm ²
3°STRATO (7-10 m)	13.6 Kg/cm ²

La prova di nuova esecuzione evidenzia caratteristiche geotecniche dei terreni mediocri per i primi 7 m, ma che migliorano verso valori discreti nel 3° strato, dove Rp medio raggiunge valori di quasi 14.0 kg/cm².

In corrispondenza dei punti di prova si è discretizzato il terreno indagato in livelli caratterizzati da valori di Rp e Rl relativamente costanti per tutto lo spessore dello strato. Infine, sono stati calcolati i principali parametri geotecnici medi associati agli strati utilizzando le correlazioni empiriche proposte da vari autori.

Legenda:

Puv (t/m ³)	Peso dell'unità di volume del terreno.
C _u (kg/cm ²)	Coesione non drenata nei terreni coesivi. Per la valutazione approssimata della resistenza al taglio in condizioni non drenate si è utilizzata la relazione di De Beer.
Fi	Angolo di attrito interno efficace per terreni granulari. È stata considerata la correlazione (Schmertmann, 1978) fra la densità relativa Dr, la resistenza alla punta R _p e la tensione efficace σ'_{vo} .
Mo (kg/cm ²)	Modulo di deformazione edometrico per terreni coesivi/granulari. Si fa riferimento alla relazione $Mo = \alpha R_p$ (Sanglerat, 1972 e AA.VV.). Il modulo di compressibilità volumetrica risulta l'inverso di Mo ($Mv = 1/Mo$).
Ey (Kg/cm ²)	Modulo di Young secante drenato (Robertson & Campanella 1983) Ey (25) - Ey(50)

CPT 3

Prof.	Litologia	Puv (t/m ³)	PuvS (t/m ³)	Cu (Kg/cm ²)	Mo (Kg/cm ²)	Fi (°)	Ey (Kg/cm ²)
7,0	Argille sabbiose e limose	2,0	2,0	0,9	112,8	33	37,6
11,4	Argilla inorganica molto compatta	2,0	2,1	1,5	91,2	--	--
15,0	Argille sabbiose e limose	2,1	2,2	3,0	177,0	32	118,0

Dall'esame della prova penetrometrica eseguita emerge che la zona oggetto d'indagine è caratterizzata da un sottosuolo costituito da terreni prevalentemente coesivi, argillosi, con intercalazioni di livelli argilloso-sabbiosi e argilloso-limosi.

Sulla base dei risultati ottenuti al di sotto del suolo, si possono riconoscere, in modo schematico, tre strati principali:

- il primo strato, compreso tra il piano campagna e -7,0 m di profondità, è costituito da materiale prevalentemente argilloso, con percentuali variabili di componenti sabbiosa e limosa; lo strato è caratterizzato da parametri di resistenza meccanica mediocri, con valori di Rpm pari a 9,0 Kg/cm² (Rp min: 6; Rp max: 12);
- il secondo livello, compreso tra -7,0 m e -11,40 m di profondità, è costituito da argille molto compatte, con parametri di resistenza meccanica discreti ed i valori di Rpm sono mediamente pari a 14,5 Kg/cm² (Rp min: 12; Rp max: 22);
- l'ultimo livello, compreso tra il precedente e la massima profondità raggiunta dalle prove (30,0 m), è litologicamente simile al primo livello; dal punto di vista geotecnico i terreni presentano valori di Rp medio molto elevati, con Rpm pari a 28,55 Kg/cm² (Rp min: 16; Rp max: 40);

In occasione della campagna geognostica è stato possibile misurare la profondità della falda freatica presente nell'area, con valori pari a circa -2,2 m dal piano campagna.

1.5 Caratteristiche sismiche dei terreni - Comparto AN.2/V - Motta

Il PSC comunale individua in superficie, terreni a prevalente componente limosa; la geomorfologia indica la presenza di un dosso di pianura, verosimilmente composto, in profondità, anche da alternanze di livelli sabbiosi.

Dalla ricostruzione stratigrafica ricavata dall'elaborazione della prova penetrometrica effettuata all'interno del Comparto, risulta la presenza di terreni a prevalente componente argillosa per tutti i 15 m indagati, con maggiori percentuali sabbioso - limose nei primi 7 metri e tra 11 e 15 metri.

Tale contesto stratigrafico - morfologico induce a non escludere la possibilità di liquefazione, vista anche la presenza della falda superficiale molto prossima al piano campagna (-2,2 m).

L'indagine geofisica MASW (Multichannel Analysis of Seismic Waves) ha restituito un valore di V_{s30} pari a **166 m/sec**, che inserisce il terreno di fondazione all'interno della classe D - *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{S30} inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT30 < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu30 < 70$ kPa nei terreni a grana fina).*

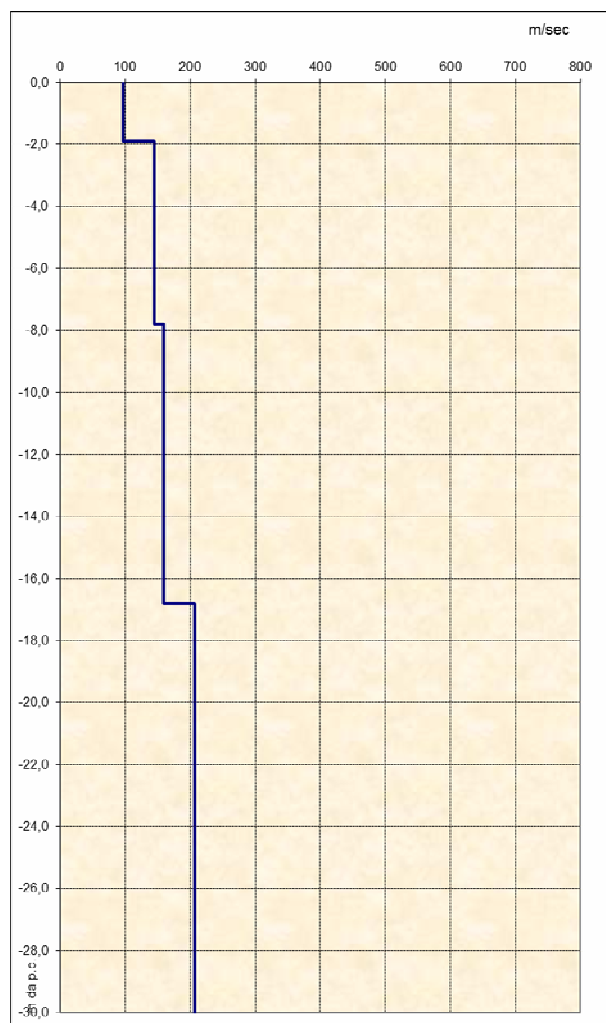
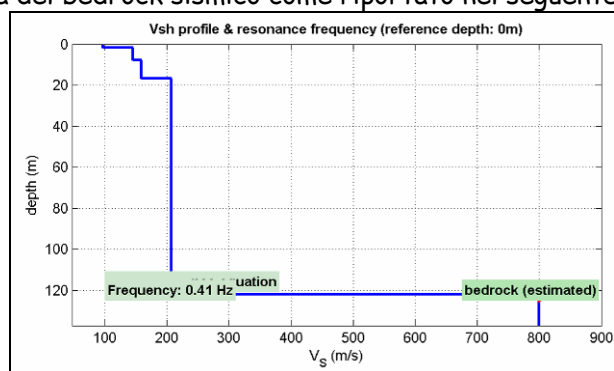


Diagramma velocità Vs/profondità

Dall'interpolazione dei risultati dell'indagine MASW e dell'acquisizione HVSr è stata stimata la profondità del bedrock sismico come riportato nel seguente diagramma:



Stima della Profondità del Bedrock Sismico

I coefficienti di amplificazione relativi al profilo stratigrafico presente all'interno del Comparto, così come da DAL RER 112/2007, relativamente all'ambito PIANURA 2, sono i seguenti:

F.A PGA:	1.5
F.A. Intensità spettrale - $0.1s < T_0 < 0.5s$:	1.8
F.A. Intensità spettrale - $0.5s < T_0 < 1s$:	2.5

È stata inoltre eseguita la **verifica a liquefazione** dei suoli incoerenti utilizzando il Metodo di Robertson e Wride 1997 - C.N.R. - GNDT - coefficiente di sicurezza relativo alle varie zone sismiche I-I-III-IV cat.

Nel caso in esame è stata eseguita la verifica a liquefazione facendo riferimento all'accelerazione sismica massima (g) = 0,15 prevista per il territorio comunale, ad una magnitudo del sisma pari a 5.5, ad una profondità della falda pari a 2,2 m e ad una correzione per la magnitudo (MSF) pari a 2,21.

La liquefazione è in relazione al **coefficiente di sicurezza** nel seguente modo:

- $F_s \geq 1,25$	LIQUEFAZIONE ASSENTE
- $1,0 < F_s < 1,25$	LIQUEFAZIONE POSSIBILE
- $F_s < 1$	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE

Negli strati con percentuale sabbioso-limosa, i valori di F_s sono risultati molto maggiori di 1,25 (superiori a 8), restituendo, pertanto, un rischio di liquefazione molto basso.

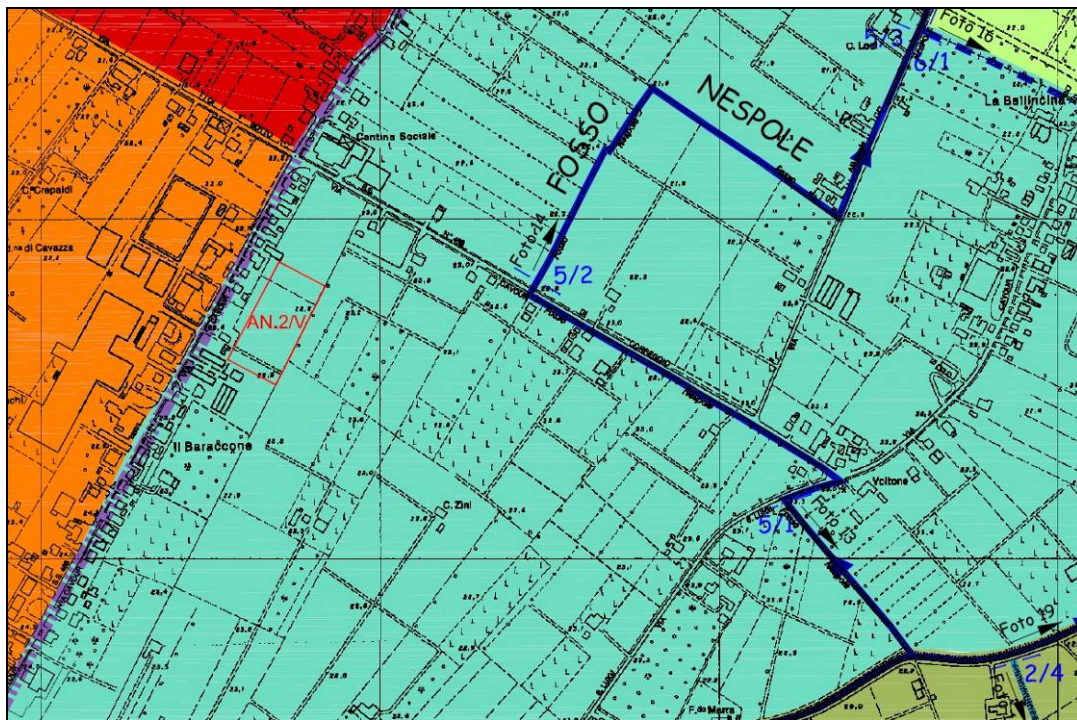
1.6 Idrografia superficiale ed officiosità idraulica del reticolo idrografico minore

Tutto il territorio comunale di Cavezzo ricade nel bacino di Acque Alte del fiume Panaro, in gestione al Consorzio di Bonifica Burana-Leo-Scoltenna-Panaro, benché l'elemento idrografico di maggior rilievo risulti essere il fiume Secchia; quest'ultimo, che scorre alle estremità meridionale ed occidentale del territorio comunale, non ha apporti entro il territorio comunale.

L'area in cui si ubica il Comparto appartiene al bacino idrografico del Fosso Nespole (Fig. 8), un fosso ad uso promiscuo (scolo ed irriguo), diramazione del Cavo Canalino e che prosegue verso nord-est per immettersi nella Fossetta Vecchia; come segnalato nelle schede tecniche a corredo del PSC, il corso d'acqua, nel tratto prossimo al Comparto (Sezione 5/2), presenta un grado di naturalità medio-basso: lungo la strada sono presenti scarichi da abitazioni ed il grado di naturalità decade ulteriormente.

Se per quanto riguarda il sistema irriguo-scolante, l'area in cui è ubicato il Comparto fa riferimento al solo sistema idrografico minore, un cenno a parte merita la valutazione sull'esondabilità del territorio, che riguarda più prettamente il fiume Secchia; le notizie storiche reperite in merito ad eventi alluvionali che abbiano coinvolto il territorio comunale, dai primi del 1800 ad oggi, mostrano come lo stesso sia stato invaso dalle acque, solo in occasione dell'esondazione in seguito alla rotta del Secchia del 20 Aprile 1960 e come il coinvolgimento sia stato solo parziale, interessando unicamente la parte più sud-orientale del territorio.

Determinante è stata, senza dubbio, la presenza di una struttura morfologicamente rilevata, quale il dosso di "Cavezzo", che partendo grosso modo dalle arginature del f.



Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5.000

-  Fiume Secchia
-  Impianto di sollevamento
-  Area con impianto pluvirriguo
-  Canali ad uso irriguo
-  Canali ad uso promiscuo
-  Canali di scolo
-  Ubicazione sezioni
-  Chiuse principali
-  Punti di ripresa fotografica
-  Bacini idrografici



Comparto AN.2/V

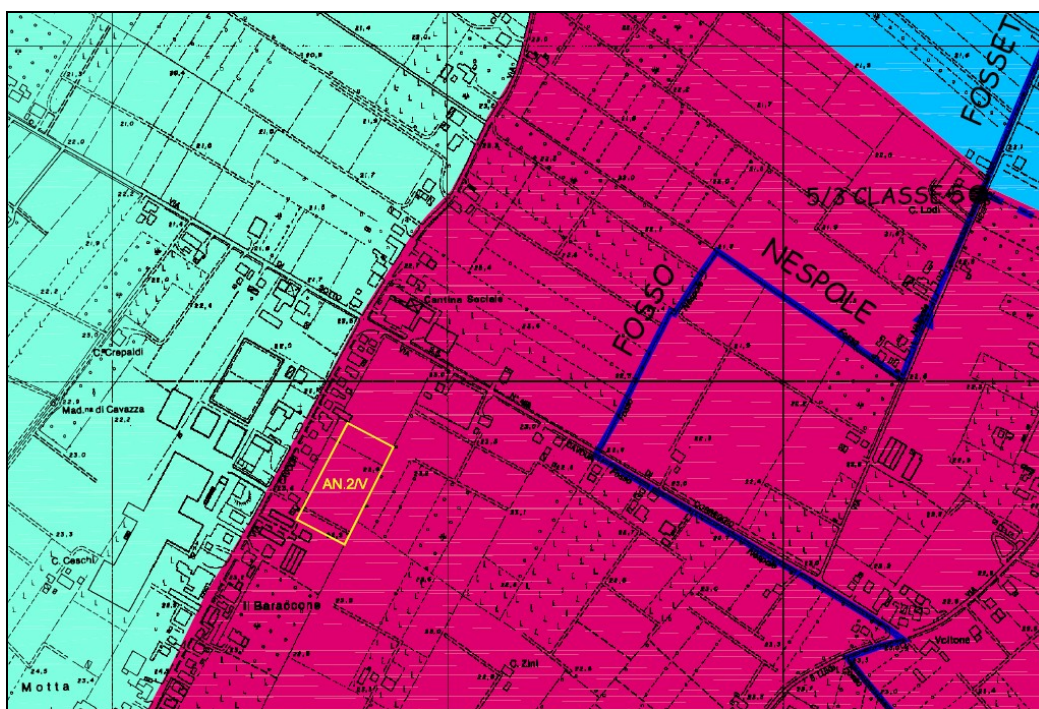
FIG. 8 -Idrografia superficiale (Estratto Tav. 1-11 - PSC Comune di Cavezzo).

Secchia, si sviluppa verso nord passando per il capoluogo e proseguendo verso nord-est in direzione dell'abitato di Medolla; una tale struttura costituisce infatti una barriera naturale al propagarsi delle acque, che impedito nel loro deflusso, si espandono nei territori attigui, non protetti da ostacoli.

Significativa risulta in tal senso la situazione creatasi nell'Aprile 1960, quando il Secchia, rompendo in località San Prospero ha interessato con le proprie acque solo marginalmente il territorio comunale di Cavezzo e comunque tutte le aree poste ad est della struttura di dosso, arrivando al contrario ad allagare gli abitati di Camposanto, San Felice s/P. e Finale Emilia, ben più distanti, non trovando in tale direzione alcun ostacolo al suo propagarsi. Con riferimento alla "Carta della criticità e della pericolosità idraulica" del PTCP 2009 (Tav. 2.3.1) della Provincia di Modena, il Comparto in esame si colloca all'interno delle "Aree depresse ad elevata criticità, aree a rapido scorrimento ad elevata criticità idraulica".

Nell'ambito del PSC, sui corsi d'acqua che costituiscono il reticolo idrografico superficiale, oltre a valutazioni di tipo paesistico, funzionale e qualitativo, sono state eseguite verifiche sulla capacità idraulica di smaltimento delle portate di piena che si producono sul territorio di Cavezzo e che influenzano l'officiosità di queste aste.

In Fig. 9 si riporta estratto dell'elaborato 1.21. "Carico idraulico sui bacini extraurbani".



Comparto AN.2/V

FIG. 9 - Carico idraulico sui bacini extraurbani (Estratto Tav. 1-21 - PSC Comune di Cavezzo).

Nella valutazione del carico idraulico sui **bacini extraurbani**, si è scelto di suddividere l'area di studio in 8 bacini idrografici chiusi in corrispondenza di 8 sezioni aventi caratteristiche morfologiche note.

Per ciascuno di essi, attraverso un modello afflussi - deflussi, utilizzando il metodo CN (curve number del Soil Conservation Service), è stata calcolata la portata di piena ed è stata confrontata con quella ammissibile alle sezioni in esame.

A seconda del valore del rapporto tra le due (portata di piena e portata ammissibile), è stata attribuita una classe di appartenenza.

Per quanto riguarda il Comparto in esame, si è detto che appartiene al bacino idrografico del Fosso Nespole sul quale è stata eseguita la relativa verifica idraulica facendo riferimento alla sezione in chiusura di territorio comunale denominata 5/3.

Dall'analisi effettuata sul territorio comunale, in relazione alla disposizione morfologica e all'andamento del reticolo idrografico, nonché ai dati forniti dal consorzio irriguo, il bacino afferente alla sezione di interesse, presenta le caratteristiche riportate nella seguente tabella:

Sezione	Estensione (ha)	Ia	D=Tc (min)	CN	Ca	Q _{bacino} (m ³ /s)
10/5	529	2	180	60	0,22	5,2
12/4	160	2	120	60	0,21	3,4
11/3	97	2	90	60	0,2	1,5
9/5	596	2	180	60	0,21	6,9
8/3	148	2	60	60	0,18	2,9
7/4	332	2	120	65	0,24	5
→ 5/3	184	2	60	60	0,18	3,6
3/5	442	2	180	65	0,26	5,1

Estensione (ha): l'estensione in ettari sottesa dalla sezione di chiusura indicata;

Ia: è un coefficiente che tiene conto dell'effetto immagazzinamento superficiale delle depressioni superficiali e del suolo all'inizio dell'evento meteorico, viene valutato in mm;

D: durata dell'evento piovoso espressa in minuti;

Tc: tempo di corrivazione: rappresenta il tempo che ipoteticamente un goccia di pioggia caduta, all'interno del bacino, nel punto più lontano dalla sezione di chiusura impiega per arrivare alla sezione di chiusura stessa, viene espresso in minuti e calcolato in base alla velocità media della corrente (0.8 - 1.0 m/s);

CN: curve number: è un coefficiente che serve per valutare la pioggia netta ricavato dalle tabelle del Soil Conservation Service - USA;

Ca: rappresenta il coefficiente di afflusso valutato con il metodo percentuale;

Q: è la portata ottenuta per un tempo di ritorno pari a 10 anni.

Sulla base del calcolo della portata di verifica, il bacino del Fosso Nespole rientra in **CLASSE V**, ovvero si configura come un bacino idrografico con un deflusso ipercritico delle portate di piena, in cui si evidenzia la necessità inderogabile di interventi di riequilibrio idraulico.

1.7 Idrogeologia e vulnerabilità naturale dell'acquifero superficiale

Nel Comparto la falda superficiale si attesta a profondità di circa -1,5 m dal p.c. (Fig. 10), con quote piezometriche pari a circa 21.5 m s.l.m.

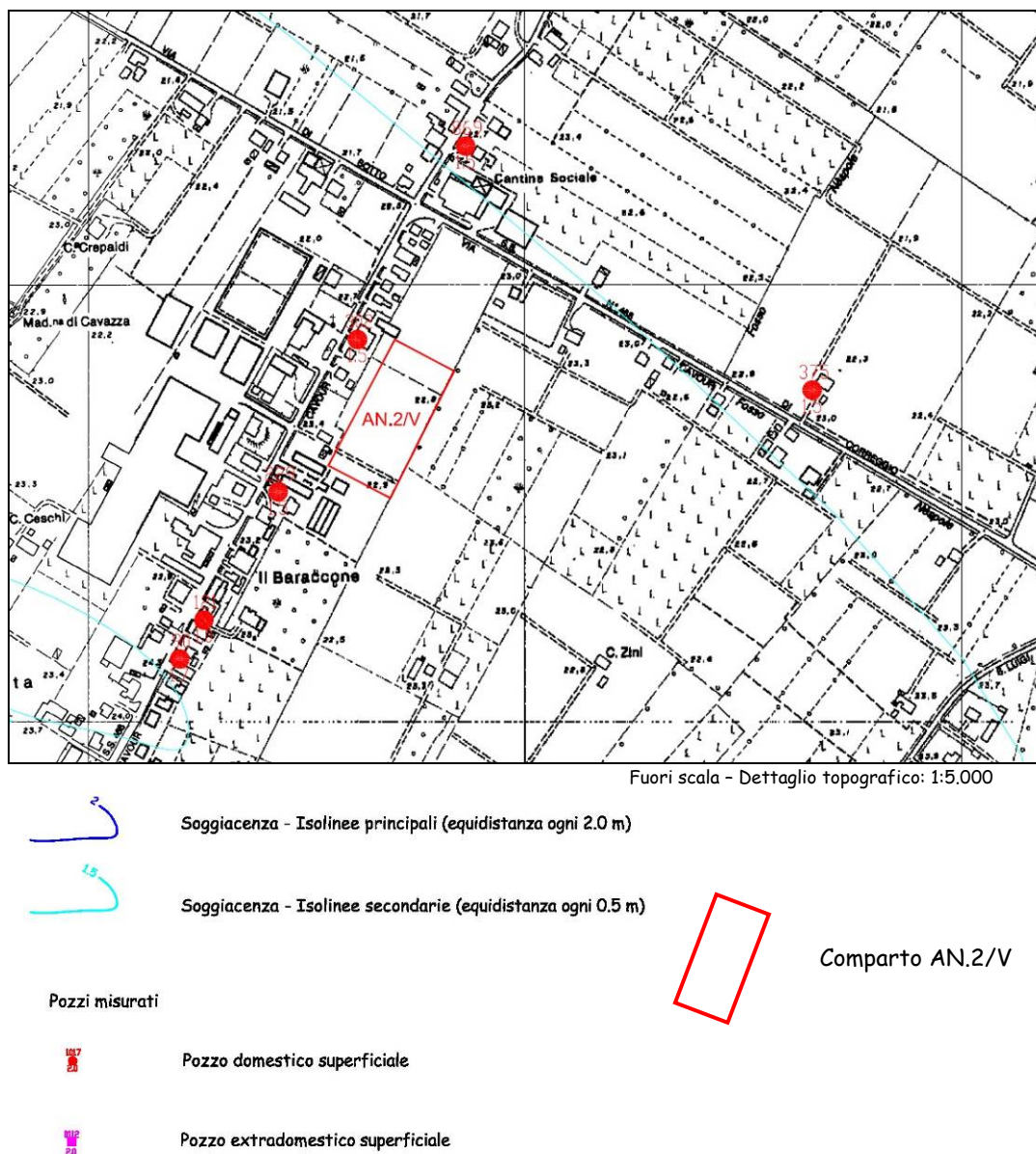


FIG. 10 - Soggiacenza della falda superficiale (Estratto Tav. 1-14A - PSC Comune di Cavezzo).

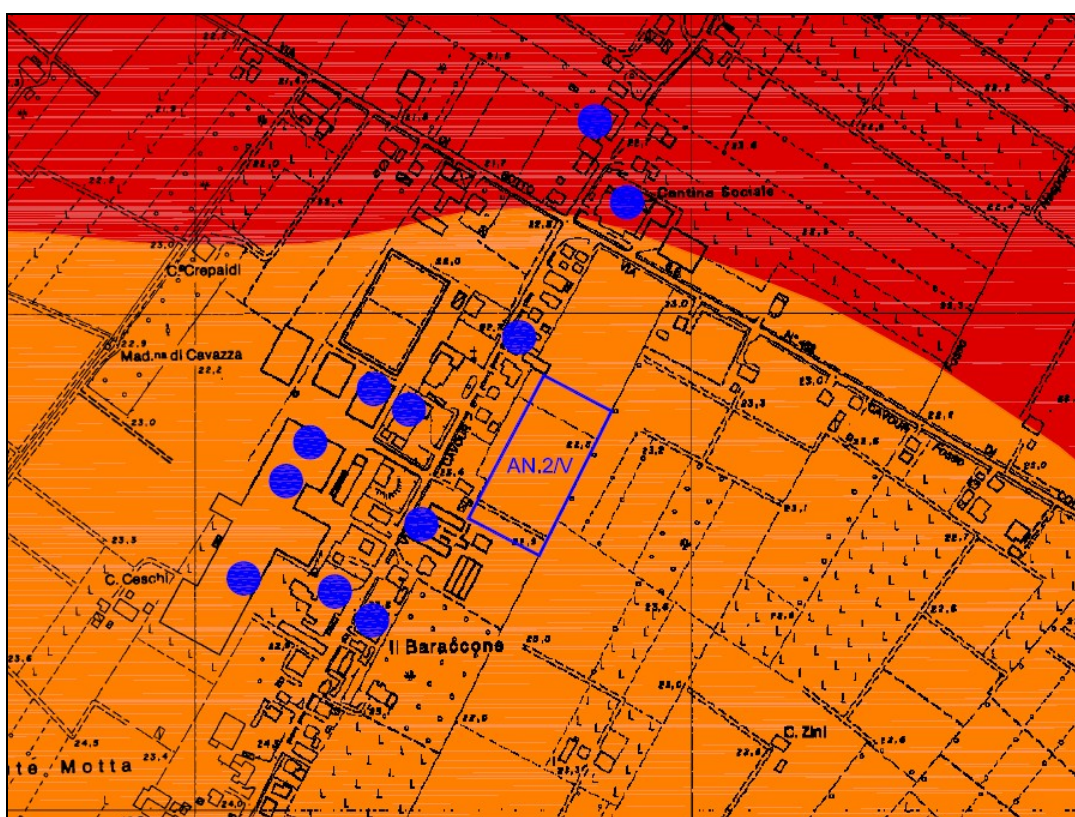
Per quanto riguarda le falde profonde, nell'area gli acquiferi significativi si sviluppano sempre a profondità discretamente elevate:

- intorno ai 30-40 m dal p.d.c., si rilevano intercalazioni significative di sabbie fini e medie, in cui si può individuare un primo acquifero captato da diversi pozzi presenti sul territorio comunale;

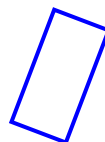
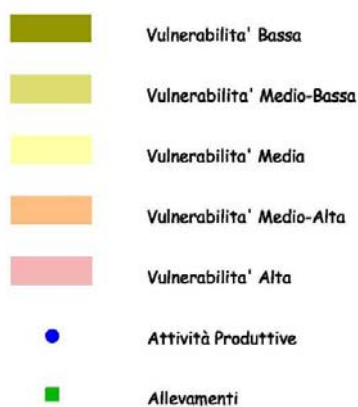
- oltre i 50 m, dove s'individua un secondo acquifero, abbondantemente sfruttato, specialmente per scopi produttivi; non si segnalano tuttavia sul territorio comunale pozzi utilizzati ad uso acquedottistico.

In corrispondenza della prova penetrometrica statica nr. 3 eseguita per il POC3, la falda è stata intercettata a -2.2 m dal p.d.c.

Con riferimento infine all'elaborazione eseguita dal PSC della "Vulnerabilità naturale dell'acquifero superficiale", di cui in Fig. 11 si riporta un estratto, il Comparto si colloca in un'area a grado di vulnerabilità della falda superficiale Medio-Alta, in rapporto principalmente alle caratteristiche litologiche ed alla capacità di attenuazione del suolo, presenti nell'area.



Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5.000



Comparto AN.2/V

FIG. 11- Vulnerabilità naturale dell'acquifero superficiale (Estratto Tav. 1-15 - PSC Comune di Cavezzo).

1.8 Sintesi e fattibilità progettuale

Per quanto riguarda la **litologia** di superficie e la **geomorfologia**, il COMPARTO AN.2/V - MOTTA è ubicato in un'area caratterizzata da una litologia superficiale a prevalente percentuale limosa ed in corrispondenza di un dosso di pianura che favorisce l'infiltrazione delle acque e che rappresenta, a livello locale, ostacolo ad eventuali esondazioni fluviali.

Per quanto riguarda la **stratigrafia**, dall'esame della prova penetrometrica eseguita emerge che la zona è caratterizzata da un sottosuolo costituito da terreni prevalentemente coesivi, argillosi, con intercalazioni di livelli argilloso sabbiosi e argilloso-limosi.

Le **caratteristiche geotecniche** dei terreni sono mediocri per i primi 7.0 m, ma migliorano verso valori discreti nel 3° strato (7-10 m), dove R_p medio raggiunge valori di quasi 14.0 kg/cm².

Dal punto di vista **sismico**, il terreno possiede una V_{s30} pari a 166 m/sec, un bedrock sismico a profondità superiori a 100 m e fattori di amplificazione sismica pari a:

F.A PGA:	1.5
F.A. Intensità spettrale - $0.1s < T_0 < 0.5s$:	1.8
F.A. Intensità spettrale - $0.5s < T_0 < 1s$:	2.5

La verifica a liquefazione dei livelli a prevalente percentuale sabbiosa ha restituito un rischio sempre molto basso.

Per quanto riguarda l'**idrografia** e l'**ufficiosità del reticolo idrografico minore**, il Comparto appartiene al bacino idrografico del Fosso Nespole, un fosso ad uso promiscuo (scolo ed irriguo), che nel tratto prossimo al Comparto presenta un grado di naturalità medio-basso: lungo la strada sono presenti scarichi da abitazioni ed il grado di naturalità decade ulteriormente.

Per quanto riguarda l'**ufficiosità del reticolo idrografico**, con riferimento alla "Carta della criticità e della pericolosità idraulica" del PTCP della Provincia di Modena, il Comparto in esame si colloca all'interno delle "Aree depresse ad elevata criticità, aree a rapido scorrimento ad elevata criticità idraulica". Sulla base del calcolo della portata di verifica il bacino del Fosso Nespole si configura come un bacino idrografico con un deflusso ipercritico delle portate di piena, in cui si evidenzia la necessità inderogabile di interventi di riequilibrio idraulico.

In conclusione, considerate le analisi geotecniche e sismiche, si considera idoneo l'inserimento dell'area all'interno del POC3, riservando alla fase attuativa l'approfondimento delle analisi geotecniche, soprattutto in relazione alla presenza, nei primi 4 m, di terreni con caratteristiche di resistenza mediocri. Non si ritengono necessari ulteriori approfondimenti della risposta sismica locale, per la definizione dei coefficienti di amplificazione litologica, e del rischio liquefazione, mentre alla fase attuativa è affidata la verifica dei cedimenti post-sismici.

Considerate le analisi del reticolo idrografico e minore, attenzione dovrà essere riservata alla corretta gestione delle acque bianche e nere, prevedendo, laddove fattibile, l'utilizzo di reti separate e, in particolare per le nere, l'utilizzo di tubature a perfetta tenuta. Al fine di limitare le già precarie condizioni idrauliche, si rendono necessari interventi volti alla riduzione dei deflussi superficiali delle acque di prima pioggia, quali vasche di laminazione e/o parziale riutilizzo in loco delle acque di gronda, laddove ritenute non inquinate.

2 COMPARTO AN. 2/IA-A / COMPARTO AN.2/IA-B

2.1 Descrizione dell'intervento

Le aree proposte hanno una superficie territoriale così suddivisa:

- Comparto AN. 2/I A = mq 13.473
- Comparto AN. 2/I B = mq 18.835

Il comparto è compreso in ambito per "Aree urbanizzabili per funzioni prevalentemente residenziali di nuova previsione (AN.2); i riferimenti catastali sono i seguenti:

Comparto AN. 2/I A - Fg. 21 mapp.li 425, 438, 439, 437, 436, 435

Comparto AN. 2/I B - Fg. 21 mapp.li 203 parte, 384, 385, 440

Comparto AN. 2/I A

La SU complessiva ammessa è di mq 2.695 cui mq 403 da destinare a PEEP (o ERS).

L'indice Ut è confermato in 2000 mq/ha.

Comparto AN. 2/I B

La SU complessiva ammessa è di mq 3.767 cui mq 753 da destinare a PEEP (o ERS).

L'indice Ut è confermato in 2000 mq/ha in quanto ritenuto sufficiente per l'edilizia che s'intende realizzare.

L'intervento è attuato in applicazione di uno specifico accordo ai sensi dell'art. 18 della LR 20/2000 stipulato in data 30/04/2011 ed è soggetto a due piani urbanistici attuativi (PUA) distinti.



In azzurro il Comparto AN. 2/I B

In rosso il Comparto AN. 2/I A

2.2 Litologia di superficie

La litologia di superficie, che caratterizza il terreno alla profondità di circa un metro dal piano campagna, escludendo il suolo ed il terreno vegetale superficiale, è uniforme su tutta l'area interessata dai Comparti e caratterizzata dalla presenza di terreni a prevalente percentuale sabbiosa.

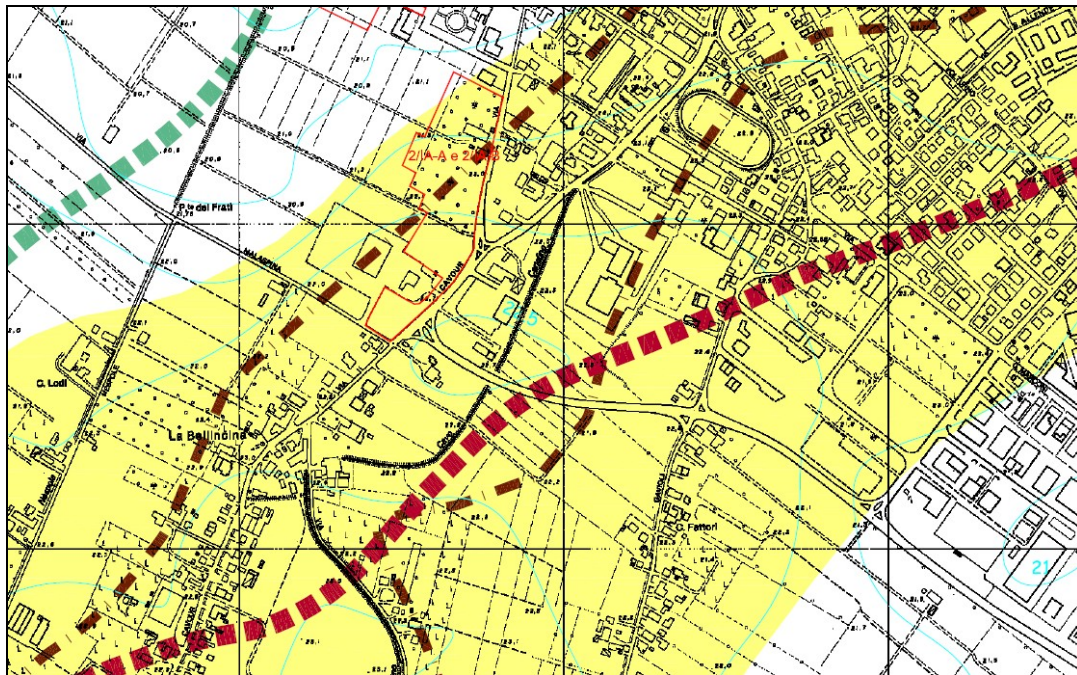


FIG. 12 - Litologia di superficie (Estratto Tav. 1-9 - PSC Comune di Cavezzo).

2.3 Geomorfologia

I Comparti si sviluppano in un'area sub-pianeggiante, con quote medie di 22 m s.l.m., in corrispondenza di un dosso di pianura, al margine occidentale di un paleoalveo, in una fascia compresa tra una linea di displuvio principale (a S-SE) ed una linea di impluvio principale (a NO). Tale contesto morfologico, individuato mediante l'elaborazione modellizzata delle quote del terreno naturale e l'osservazione di fotografie aeree, risulta particolarmente

importante a fini idraulici, favorendo l'infiltrazione delle acque nonché rappresentando, a livello locale, ostacolo ad eventuali esondazioni fluviali.



Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5.000

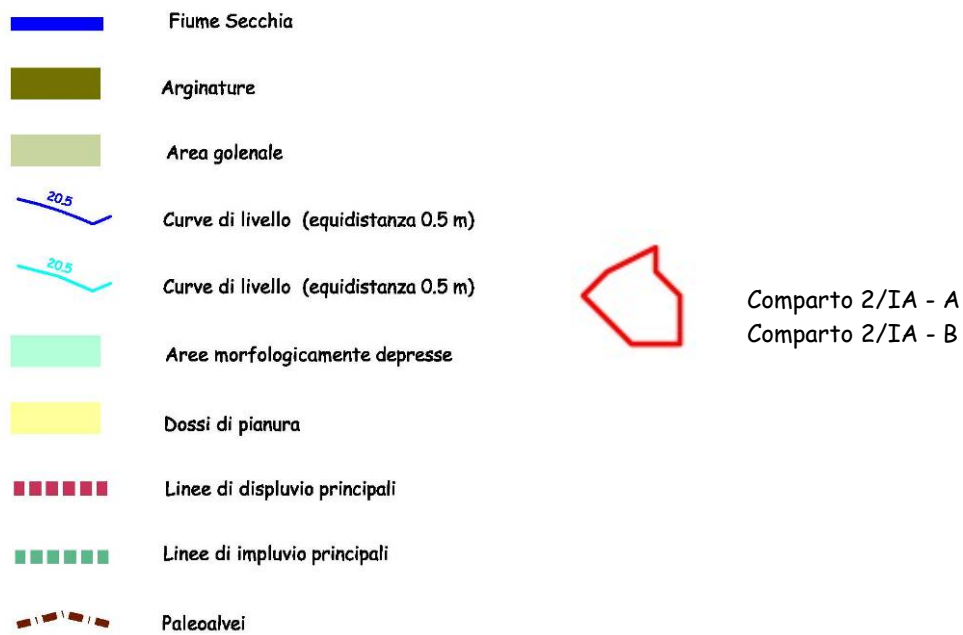
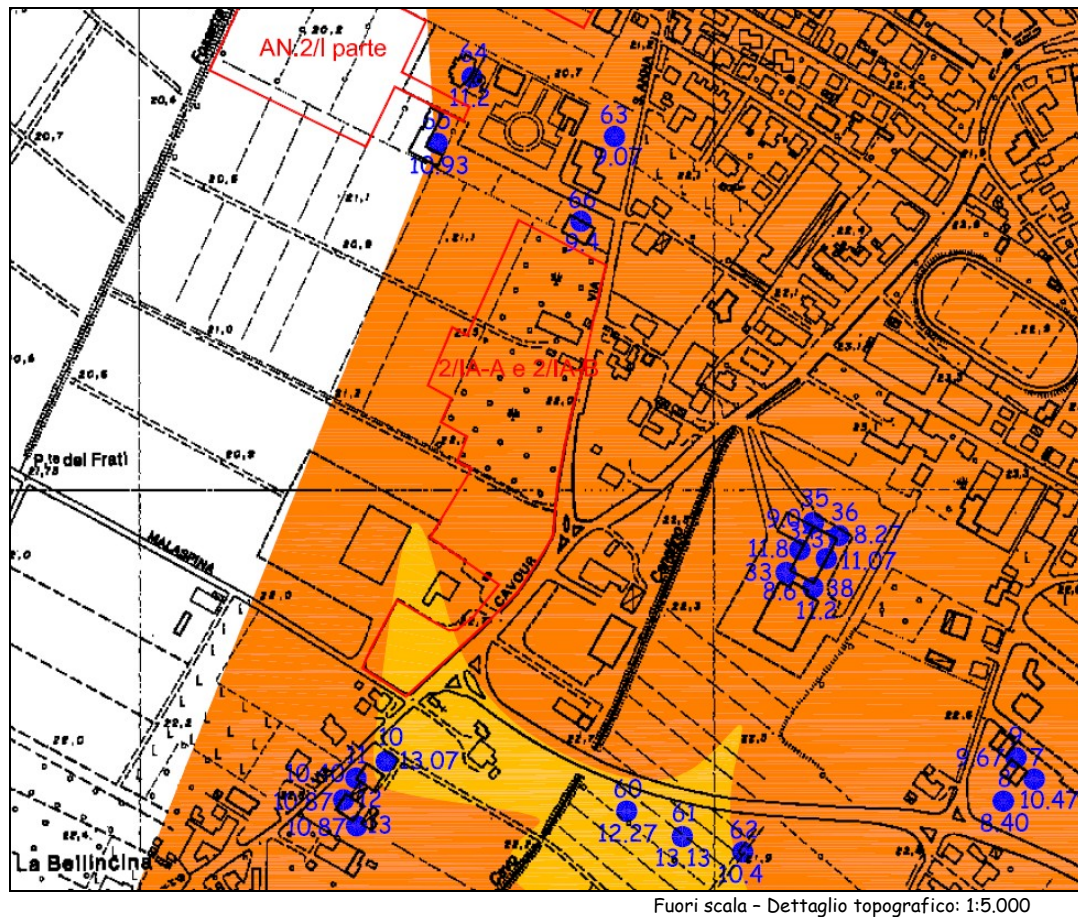


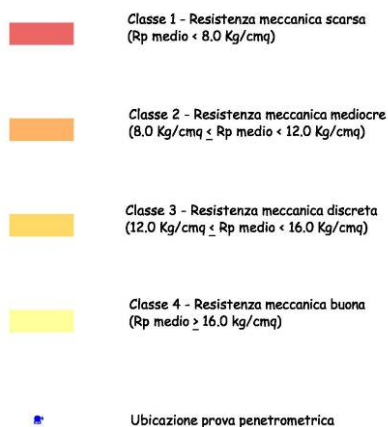
FIG. 13 - Geomorfologia (Estratto Tav. 1-10 - PSC Comune di Cavezzo).

2.4 Resistenza meccanica dei terreni

L'elaborazione relativa alle Tav. 1.19A e 1.19B del PSC intercetta l'intera superficie di Comparto, nonostante la presenza di dati penetrometrici d'archivio sia solamente prossima alle parti settentrionale e meridionale del Comparto.



Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5.000



Comparto 2/IA - A
 Comparto 2/IA - B

FIG. 14 - Resistenza meccanica del terreno (Elab. R_p medio 1° strato 1-4 m) - (Estratto Tav. 1-19A - PSC Comune di Cavezzo).

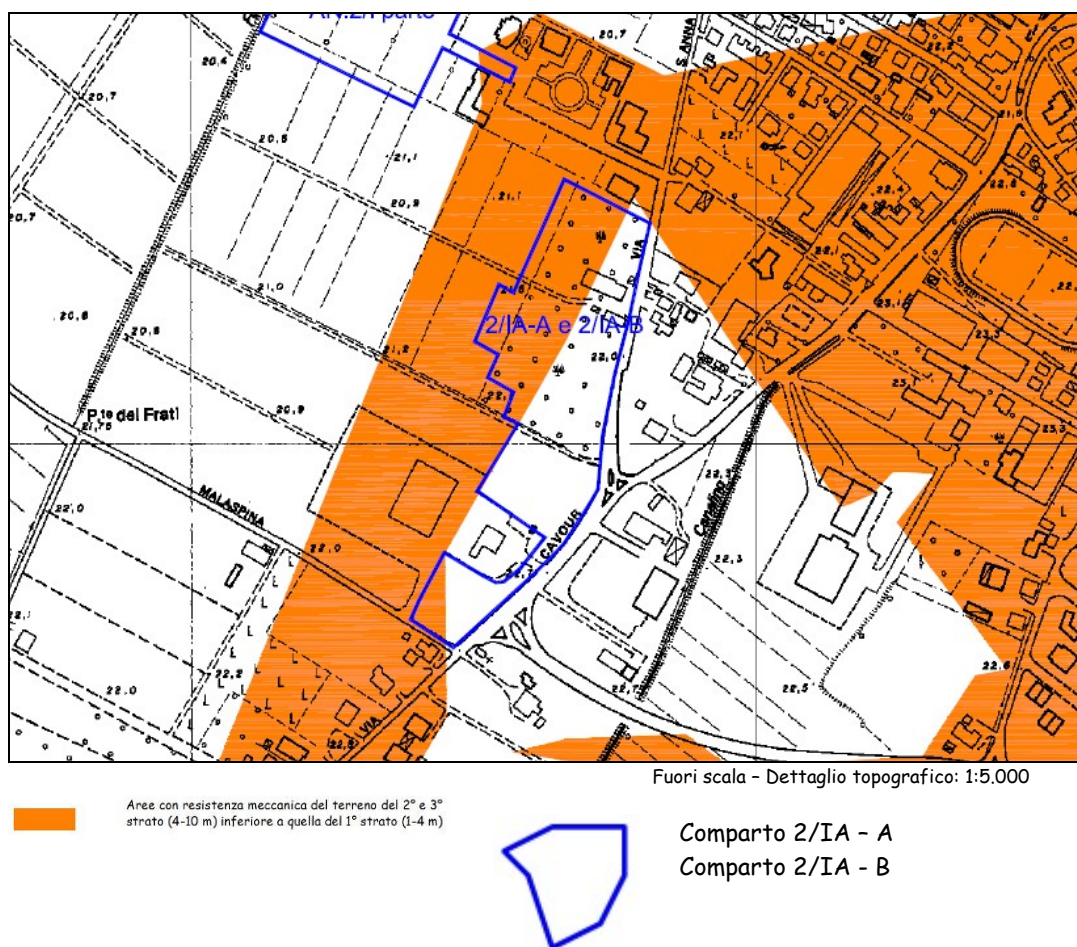


FIG. 15 - Resistenza meccanica del terreno (Elab. R_p medio 2° e 3° strato (4-10 m) < R_p medio 1° strato 1-4 m) - (Estratto Tav. 1-19B - PSC Comune di Cavezzo).

Con riferimento agli elaborati suddetti, la caratterizzazione geotecnica dei terreni del primo sottosuolo in termini di resistenza meccanica, era stata condotta attraverso l'analisi di prove penetrometriche esistenti, tutte spinte sino alla profondità di 10.0 m dal p.d.c.; tale spessore, una volta escluso il primo metro di terreno superficiale, era stato suddiviso in tre intervalli dello spessore di 3.0 m ciascuno, utili al fine della costruzione della carta e descrittivi ai fini geotecnici:

- intervallo 1) da 1.0 m a 4.0 m
- intervallo 2) da 4.0 m a 7.0 m
- intervallo 3) da 7.0 m a 10.0 m

L'elaborazione automatica (carta della "Resistenza meccanica del terreno" - tavola 1.19A) era stata eseguita utilizzando i valori di R_p medio riferiti al primo strato di terreno compreso tra 1.0 e 4.0 metri di profondità, in quanto direttamente interessato, nella maggior parte dei casi, dalle più comuni opere di fondazione, pur non essendo comunque stati trascurati gli strati sottostanti.

In Fig. 14 si riporta un estratto dell'elaborato 1.19A del PSC, nel quale si evidenzia come il comparto risulti caratterizzato, entro i primi 4.0 m di profondità, dalla presenza di terreni ricadenti in classe 2, ovvero terreni con valori di resistenza meccanica mediocri (R_p medio compreso tra 8.0 e 12.0 Kg/cm²); eccezione è rappresentata dalla porzione più meridionale del Comparto, compresa nella classe 3, ovvero terreni con valori di resistenza meccanica discreta (R_p medio compreso tra 12.0 e 16.0 Kg/cm²).

Con riferimento all'elaborato 1.19B "Aree con resistenza meccanica del terreno del 2° e 3° strato (4-10 m) inferiore a quella del 1° strato (1-4 m)" del PSC comunale, i margini occidentali del Comparto, risultano contraddistinti da terreni con caratteristiche meccaniche scadenti anche in profondità, con valori di resistenza meccanica media che, per gli strati compresi tra 4.0 e 10.0 m, risultano inferiori ai valori di R_p medio del primo strato.

Per completare la caratterizzazione geotecnica dei terreni del primo sottosuolo presenti entro il Comparto in esame, i dati esistenti sono stati implementati attraverso l'esecuzione di una prova penetrometrica statica, spinta sino alla profondità di 15.0 m dal piano campagna.

L'ubicazione della prova viene riportata nella figura seguente (Fig. 16), mentre il relativo diagramma delle resistenze viene riportato in Allegato in coda alla relazione.

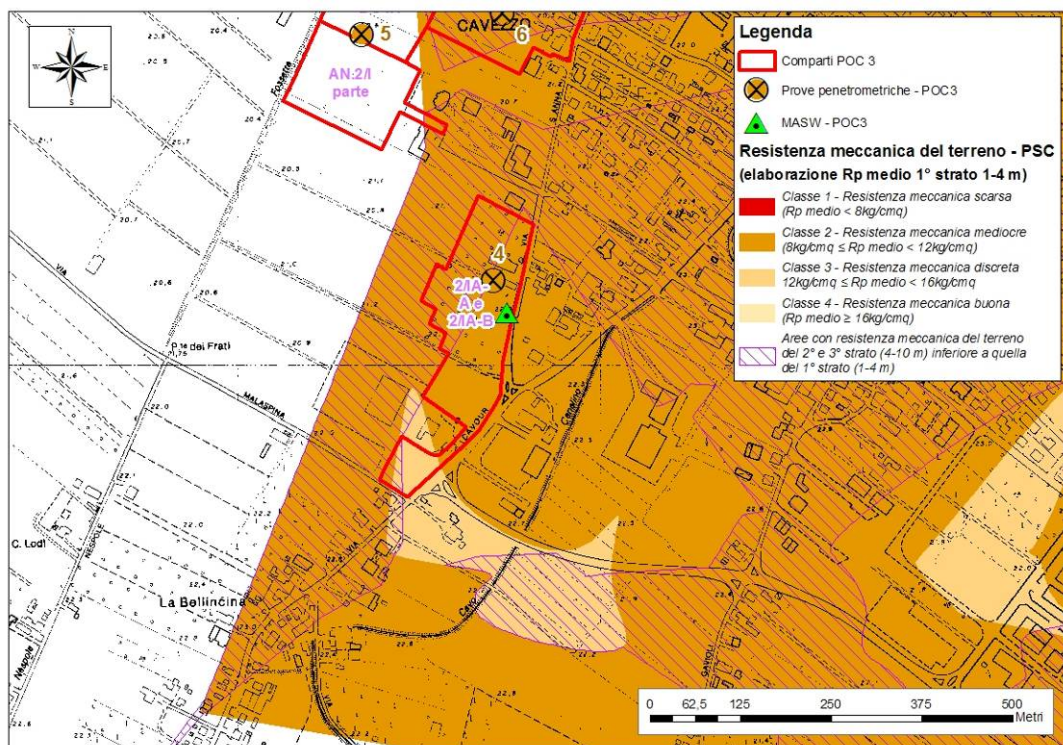


FIG. 16 - Ubicazione sondaggi geognostici eseguiti per il POC3.

La prova eseguita è stata elaborata, in analogia con l'elaborazione svolta nel PSC, considerando i primi 10.0 m di profondità, escludendo il primo metro di terreno superficiale

e suddividendo il restante spessore in tre intervalli, per ognuno dei tre strati è stato valutato il valore di R_p medio.

	Rp medio CPT 4
1°STRATO (1-4 m)	13.22 Kg/cm ²
2°STRATO (4-7 m)	10.4 Kg/cm ²
3°STRATO (7-10 m)	9.2 Kg/cm ²

Diversamente dall'elaborazione del PSC, la prova di recente esecuzione evidenzia caratteristiche geotecniche dei terreni da mediocri a discrete, con valori medi di resistenza meccanica che, entro i primi 4.0 metri di profondità, risultano pari a circa 13 kg/cm² (R_p min: 6; R_p max: 36).

Per quanto riguarda gli spessori sottostanti (4-7 e 7-10 m), in analogia con l'elaborazione del PSC, i valori di R_p medio decadono a mediocri.

In corrispondenza del punto di prova si è discretizzato il terreno indagato in livelli caratterizzati da valori di R_p e R_l relativamente costanti per tutto lo spessore dello strato. Infine, sono stati calcolati i principali parametri geotecnici medi associati agli strati utilizzando le correlazioni empiriche proposte da vari autori.

Legenda:

P_{uv} (t/m ³)	Peso dell'unità di volume del terreno.
C_u (Kg/cm ²)	Coesione non drenata nei terreni coesivi. Per la valutazione approssimata della resistenza al taglio in condizioni non drenate si è utilizzata la relazione di De Beer.
F_i	Angolo di attrito interno efficace per terreni granulari. E' stata considerata la correlazione (Schmertmann, 1978) fra la densità relativa D_r , la resistenza alla punta R_p e la tensione efficace σ'_{vo} .
M_o (Kg/cm ²)	Modulo di deformazione edometrico per terreni coesivi/granulari. Si fa riferimento alla relazione $M_o = \alpha R_p$ (Sanglerat, 1972 e AA.VV.). Il modulo di compressibilità volumetrica risulta l'inverso di M_o ($M_v = 1/M_o$).
E_y (Kg/cm ²)	Modulo di Young secante drenato (Robertson & Campanella 1983) $E_y(25) - E_y(50)$

CPT 4

Prof.	Litologia	P_{uv} (t/m ³)	P_{uvS} (t/m ³)	C_u (Kg/cm ²)	M_o (Kg/cm ²)	F_i (°)	E_y (Kg/cm ²)
1,0	Argille sabbiose e limose	2,2	2,2	3,1	184,5	45	123,0
6,6	Argilla inorganica compatta	2,0	2,0	0,9	111,6	--	--
7,0	Sabbie	1,9	2,2	--	76,5	35	102,0
8,8	Argille sabbiose e limose	1,9	2,0	0,7	89,4	25	29,8
15,0	Argille sabbiose e limose	2,1	2,2	2,2	132,6	31	88,4

Dall'esame della prova penetrometrica eseguita emerge che la zona oggetto d'indagine è costituita da terreni prevalentemente coesivi argillosi, con intercalazioni di lenti con percentuali relativamente maggiori di sabbia e limo. Si segnala la presenza di un sottile spessore sabbioso tra 6,6 e 7 m.

Sulla base dei risultati ottenuti al di sotto del suolo, si possono riconoscere, in modo schematico, cinque strati principali:

- il primo strato, compreso tra il piano campagna e -1,0 m di profondità, è costituito da materiale prevalentemente argilloso - sabbioso e argilloso - limoso; lo strato è caratterizzato da parametri di resistenza meccanica molto buoni, con R_p medio pari a $30,0 \text{ Kg/cm}^2$;
- il secondo strato, compreso tra -1,0 m e -6,6 m di profondità, è costituito da argilla compatta; lo strato è caratterizzato da parametri di resistenza meccanica mediocri, con R_p medio pari a $9,0 \text{ Kg/cm}^2$ (R_p min: 6; R_p max: 12);
- il terzo strato, compreso tra -6,6 m e -7 m di profondità, è costituito da sabbie con parametri di resistenza meccanica elevati: R_{pm} è pari a 25 Kg/cm^2 ;
- il quarto strato, compreso tra -7 m e -8,8 m di profondità, è costituito da materiale prevalentemente argilloso - sabbioso e argilloso - limoso; lo strato è caratterizzato da parametri di resistenza meccanica scadenti, con R_p medio pari a $6,88 \text{ Kg/cm}^2$ (R_p min: 6; R_p max: 8);
- il quinto strato, compreso tra -8,8 m e -15 m di profondità, è costituito ancora da materiale prevalentemente argilloso - sabbioso e argilloso - limoso, ma con resistenza meccanica molto buona, con R_p medio pari a $21,22 \text{ Kg/cm}^2$ (R_p min: 10; R_p max: 36).

In occasione della campagna geognostica è stato possibile misurare la profondità della falda freatica presente nell'area, con valori variabili pari a circa -2,2 m dal piano campagna.

2.5 Caratteristiche sismiche dei terreni - Comparto 2/IA - A Comparto 2/IA - B

Il PSC comunale individua, in superficie, terreni a prevalente componente limosa; la geomorfologia indica la presenza di un dosso di pianura, verosimilmente composto, in profondità, anche da alternanze di livelli sabbiosi.

Dalla ricostruzione stratigrafica ricavata dall'elaborazione della prova penetrometrica effettuata all'interno del Comparto, risulta la presenza di terreni a prevalente componente argillosa intervallati da un livello sabbioso.

In particolare, argille sabbiose e limose sono presenti in superficie, fino a 1 m, e da 7 a 15 m. Lo strato sabbioso è presente da 6,6 a 7 m, mentre uno strato prevalentemente argilloso è presente da 1 a 6,6 m.

Tale contesto stratigrafico - morfologico induce a non escludere la possibilità di liquefazione, specialmente all'interno del seppur esiguo livello sabbioso, vista anche la presenza della falda superficiale molto prossima al piano campagna (-2,2 m).

L'indagine geofisica MASW (Multichannel Analysis of Seismic Waves) ha restituito un valore di V_{s30} pari a **183 m/sec**, che inserisce il terreno di fondazione all'interno della classe C - *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{s30} compresi tra*

180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

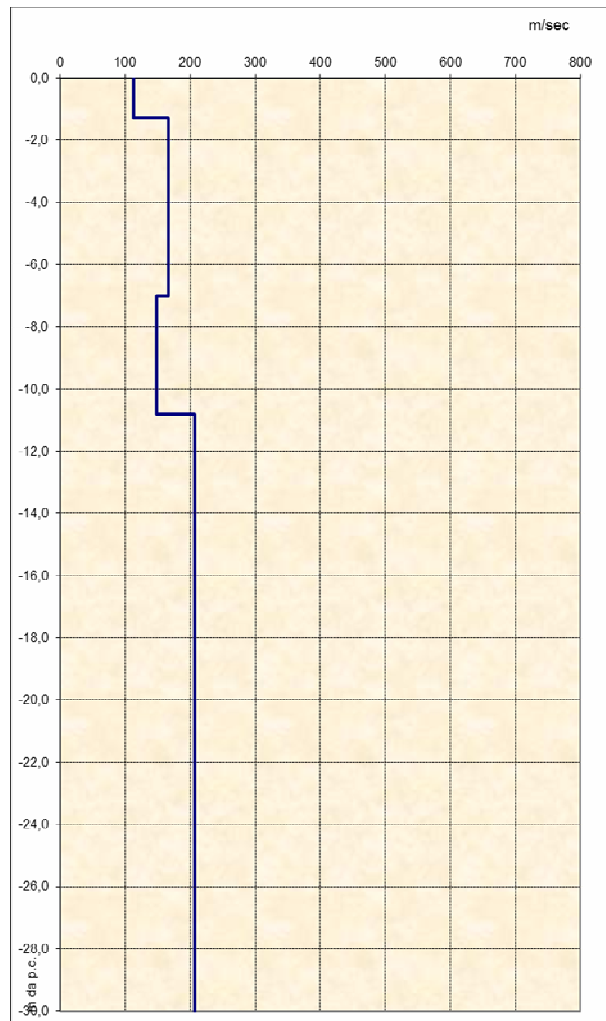
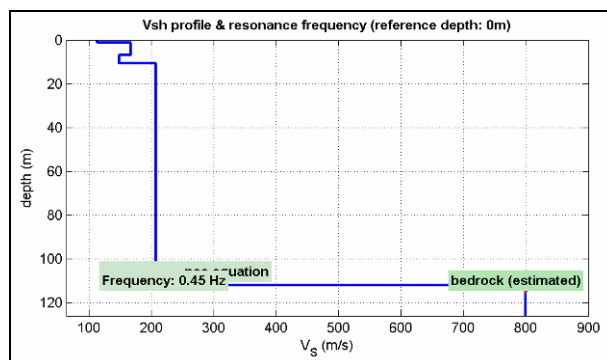


Diagramma velocità Vs/profondità

Dall'interpolazione dei risultati dell'indagine MASW e dell'acquisizione HVSr è stata stimata la profondità del bedrock sismico come riportato nel seguente diagramma:



Stima della Profondità del Bedrock Sismico

I coefficienti di amplificazione relativi al profilo stratigrafico presente all'interno del Comparto, così come da DAL RER 112/2007, relativamente all'ambito PIANURA 2, sono i seguenti:

F.A PGA:	1.5
F.A. Intensità spettrale - $0.1s < T_0 < 0.5s$:	1.8
F.A. Intensità spettrale - $0.5s < T_0 < 1s$:	2.5

È stata inoltre eseguita la **verifica a liquefazione** dei suoli incoerenti utilizzando il Metodo di Robertson e Wride 1997 - C.N.R. - GNDT - coefficiente di sicurezza relativo alle varie zone sismiche I-I-III-IV cat.

Nel caso in esame è stata eseguita la verifica a liquefazione facendo riferimento all'accelerazione sismica massima (g)=0,15 prevista per il territorio comunale, ad una magnitudo del sisma pari a 5.5, ad una profondità della falda pari a 2,2 m e ad una correzione per la magnitudo (MSF) pari a 2,21.

La liquefazione è in relazione al **coefficiente di sicurezza** nel seguente modo:

- $F_s \geq 1,25$	LIQUEFAZIONE ASSENTE
- $1,0 < F_s < 1,25$	LIQUEFAZIONE POSSIBILE
- $F_s < 1$	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE

In tutti gli strati indagati, i valori di F_s sono risultati molto maggiori di 1,25 (superiori a 2 anche nel livello sabbioso), restituendo, pertanto, un rischio di liquefazione molto basso.

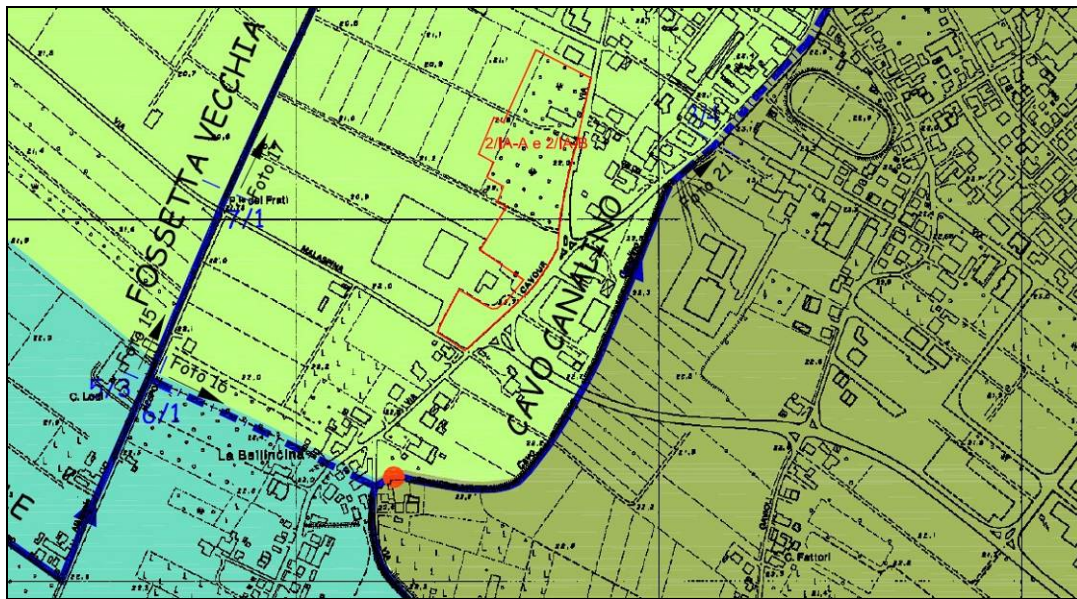
2.6 Idrografia superficiale ed officiosità idraulica del reticolo idrografico minore

Per gli aspetti idrografici principali si rimanda a quanto già detto al capitolo 1.7.

L'area in cui sono ubicati i due Comparti appartiene al bacino idrografico della Fossetta Vecchia (Fig. 17), un fosso ad uso promiscuo (scolo ed irriguo) che ha origine poco a sud del capoluogo, per proseguire poi verso nord oltre il confine comunale; come segnalato nelle schede tecniche a corredo del PSC, è interessante notare come il corso d'acqua, nel tratto a nord della Via I° Maggio, benché ricevente parte delle acque provenienti dal depuratore comunale, presenta comunque discrete caratteristiche ambientali.

Se per quanto riguarda il sistema irriguo-scolante, l'area in cui sono ubicati i Comparti fa riferimento al solo sistema idrografico minore, per gli accenni in merito alla valutazione sull'esondabilità del territorio, che riguarda più prettamente il fiume Secchia, si rimanda a quanto già detto al capitolo 1.7.

Con riferimento alla "Carta della criticità e della pericolosità idraulica" del PTCP 2009 (Tav. 2.3.1) della Provincia di Modena, il Comparto in esame si colloca su un paleodosso di accertato interesse, in corrispondenza del quale non si rilevano quindi condizioni di criticità idraulica.



Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5.000

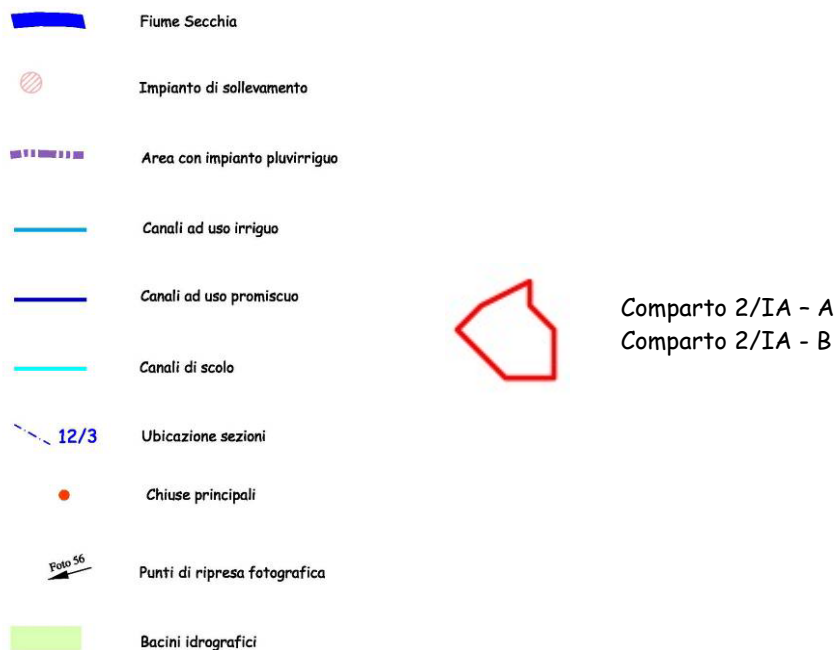
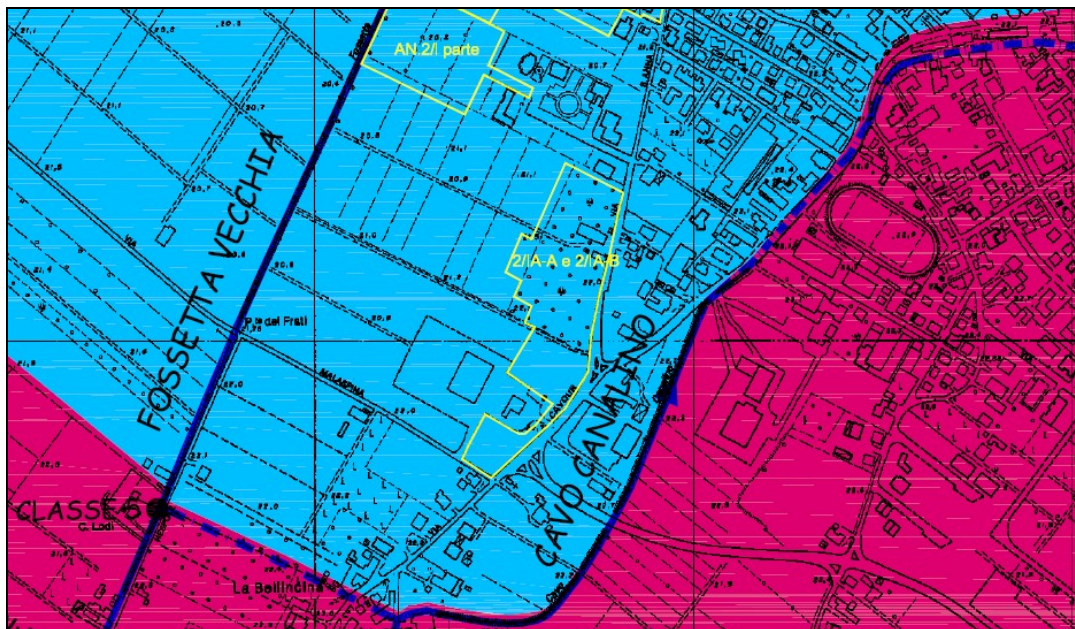


FIG. 17 - Idrografia superficiale (Estratto Tav. 1-11 - PSC Comune di Cavezzo).

Per quanto riguarda le verifiche sulla capacità idraulica di smaltimento delle portate di piena che si producono sul territorio di Cavezzo e che influenzano l'efficienza dei corsi d'acqua del reticolo idrografico superficiale, in Fig. 18 si riporta un estratto dell'elaborato 1.21. del PSC "Carico idraulico sui bacini extraurbani".

Per quanto riguarda i Comparti in esame, si è detto che appartengono al bacino idrografico della Fossetta Vecchia sul quale è stata eseguita la relativa verifica idraulica facendo riferimento alla sezione denominata 7/2.

Sulla base del calcolo della portata di verifica il bacino della Fossetta Vecchia rientra in CLASSE II, ovvero si configura come un bacino idrografico con un buon deflusso delle portate di piena, caratterizzato, cioè, da una buona possibilità di ricevere apporti idrici.



Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5.000

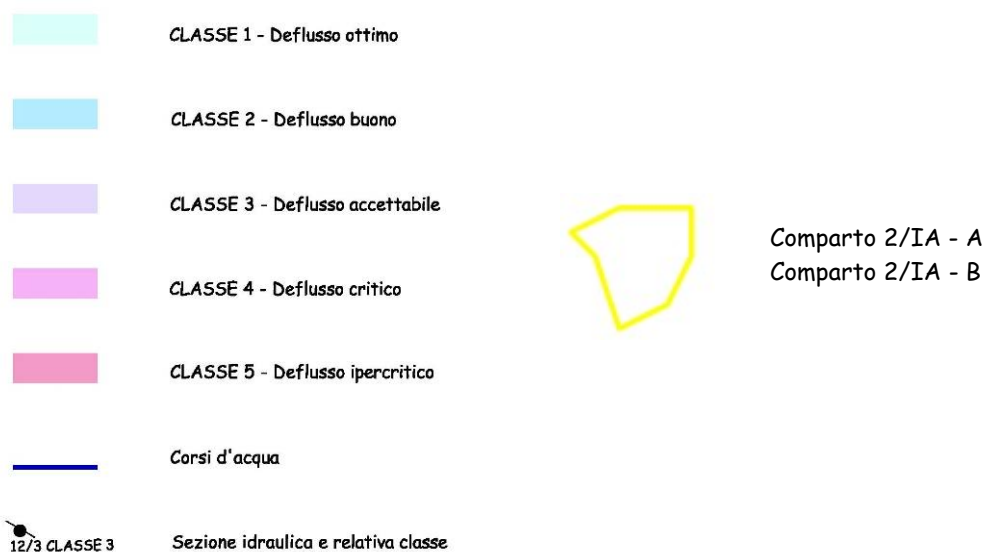
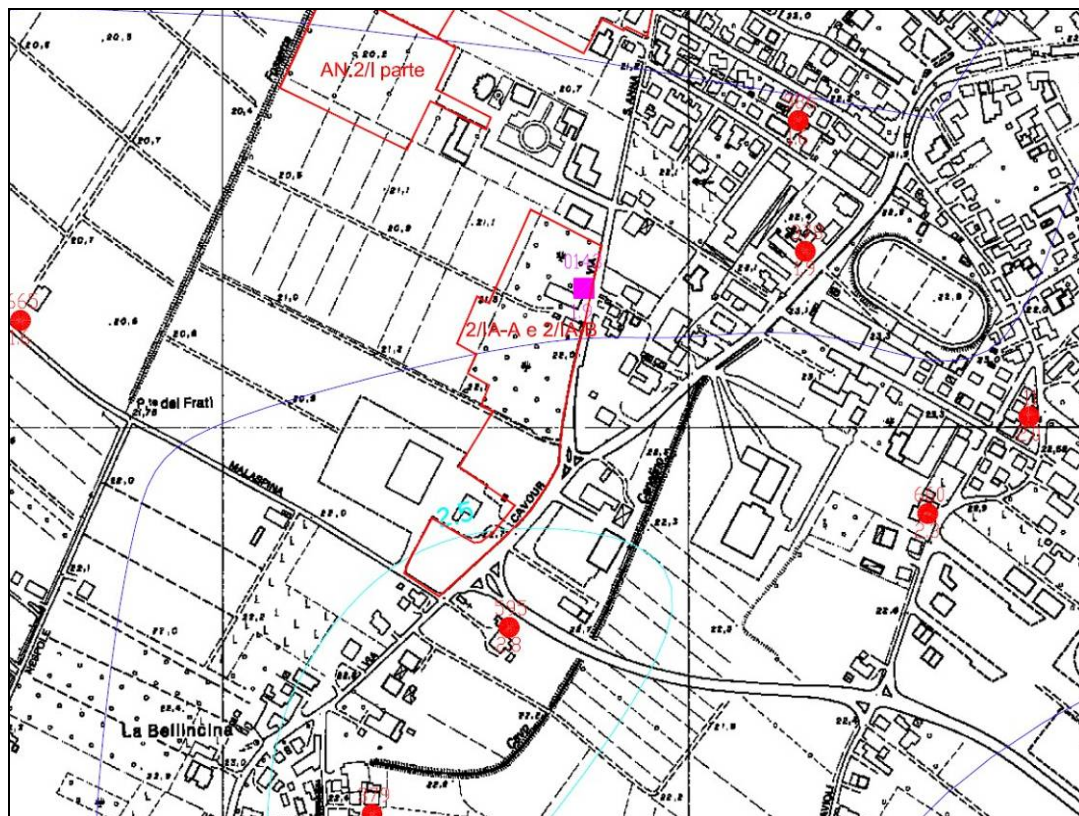


FIG. 18 - Carico idraulico sui bacini extraurbani (Estratto Tav. 1-21 - PSC Comune di Cavezzo).

2.7 Idrogeologia e vulnerabilità naturale dell'acquifero superficiale

Nei due Comparti la falda superficiale si attesta a profondità comprese tra -2.5 e 2.0 m dal p.c. (Fig. 19), con quote piezometriche comprese tra 20 e 20.5 m s.l.m.



Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5.000

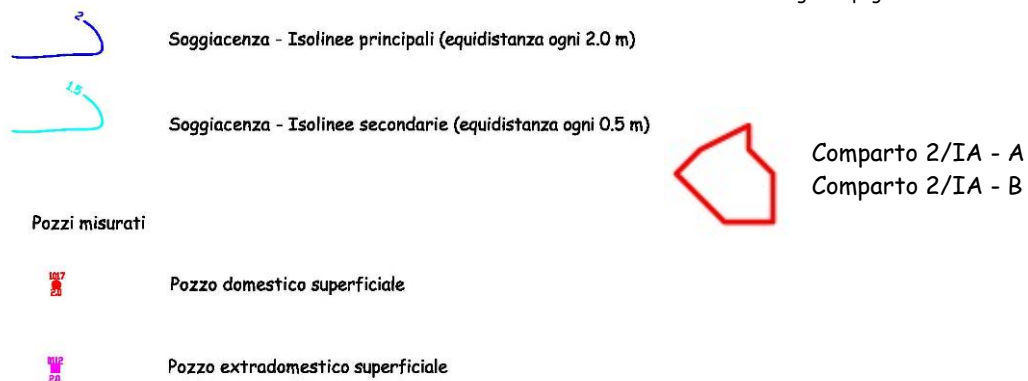


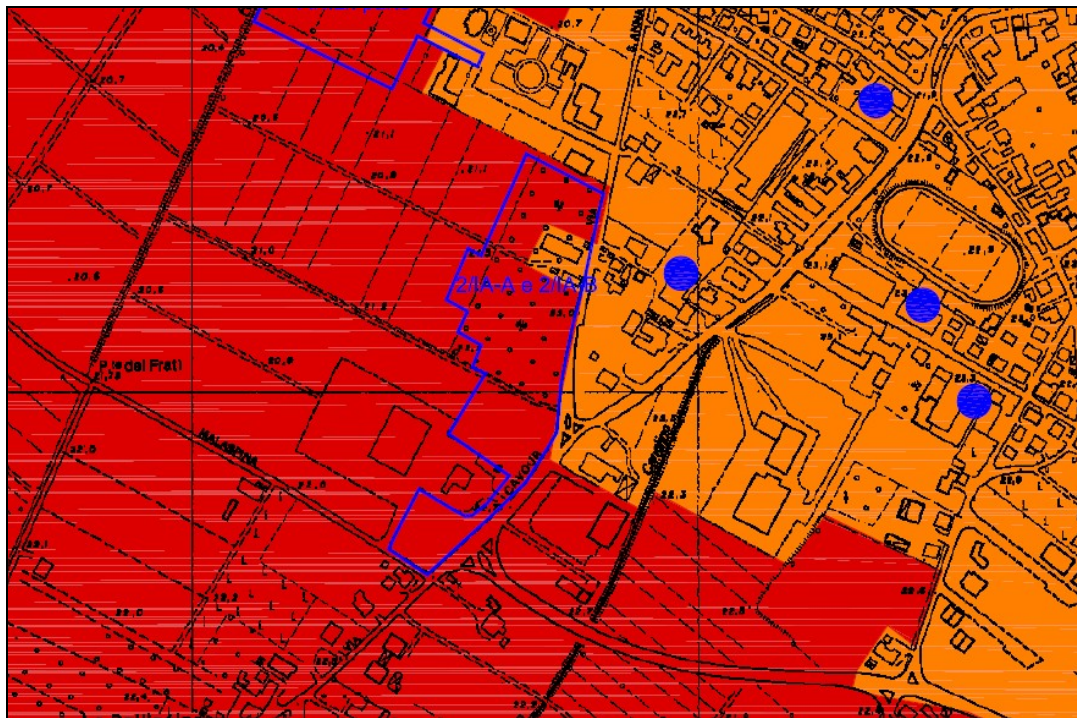
FIG. 19 - Soggiacenza della falda superficiale (Estratto Tav. 1-14A - PSC Comune di Cavezzo).

Per quanto riguarda le falde profonde, nell'area gli acquiferi significativi si sviluppano sempre a profondità discretamente elevate:

- intorno ai 30-40 m dal p.d.c., si rilevano intercalazioni significative di sabbie fini e medie, in cui si può individuare un primo acquifero captato da diversi pozzi presenti sul territorio comunale;
- oltre i 50 m, dove s'individua un secondo acquifero, abbondantemente sfruttato, specialmente per scopi produttivi; non si segnalano tuttavia sul territorio comunale pozzi utilizzati ad uso acquedottistico.

In corrispondenza della prova penetrometrica statica nr. 4 eseguita per il POC3, la falda è stata intercettata a -2.2 m dal p.d.c.

Con riferimento infine all'elaborazione eseguita dal PSC della "Vulnerabilità naturale dell'acquifero superficiale" di cui in Fig. 20 si riporta un estratto, il comparto si colloca in area a grado di vulnerabilità Alta, in rapporto principalmente alle caratteristiche litologiche ed alla capacità di attenuazione del suolo, presenti nell'area.



Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5.000

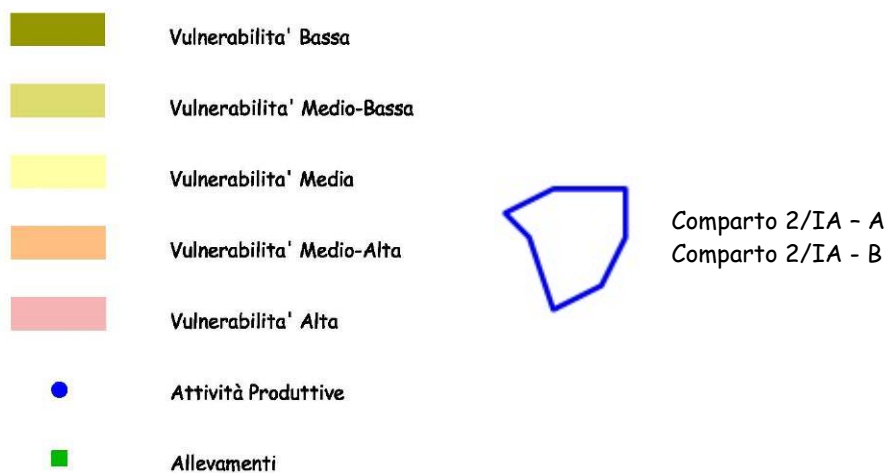


FIG. 20 - Vulnerabilità naturale dell'acquifero superficiale (Estratto Tav. 1-15 - PSC Comune di Cavezzo).

2.8 Sintesi e fattibilità progettuale

Per quanto riguarda la **litologia** di superficie e la **geomorfologia**, i COMPARTI 2/IA - A e 2/IA - B sono ubicati in un'area caratterizzata da una litologia superficiale a prevalente percentuale sabbiosa ed in corrispondenza di un dosso di pianura che favorisce l'infiltrazione delle acque e che rappresenta, a livello locale, ostacolo ad eventuali esondazioni fluviali.

Per quanto riguarda la **stratigrafia**, dall'esame della prova penetrometrica eseguita emerge che la zona è caratterizzata da un sottosuolo costituito da terreni prevalentemente coesivi argillosi, con intercalazioni di livelli con percentuali relativamente maggiori di sabbia e limo. Si segnala la presenza di un sottile spessore sabbioso tra 6,6 e 7 m.

Le **caratteristiche geotecniche** dei terreni variano da mediocri a discrete, con valori medi di resistenza meccanica che, entro i primi 4.0 metri di profondità, risultano pari a circa 13 kg/cm², (Rp min: 6; Rp max: 36). Per quanto riguarda gli spessori sottostanti (4-7 e 7-10 m), in analogia con l'elaborazione del PSC, i valori di Rp medio decadono a mediocri.

Dal punto di vista **sismico**, il terreno possiede una Vs₃₀ pari a 183 m/sec, un bedrock sismico a profondità superiori a 100 m e fattori di amplificazione sismica pari a:

F.A PGA:	1.5
F.A. Intensità spettrale - 0.1s < T ₀ < 0.5s:	1.8
F.A. Intensità spettrale - 0.5s < T ₀ < 1s:	2.5

La verifica a liquefazione dei livelli a prevalente percentuale sabbiosa ha restituito un rischio sempre molto basso.

Per quanto riguarda l'**idrografia** e l'**ufficiosità del reticolo idrografico minore**, i Comparti appartengono al bacino idrografico della Fossetta Vecchia, un fosso ad uso promiscuo (scolo ed irriguo) che ha origine poco a sud del capoluogo e che, nel tratto prossimo ai Comparti, presenta discrete caratteristiche ambientali

Per quanto riguarda l'**ufficiosità del reticolo idrografico**, con riferimento alla "Carta della criticità e della pericolosità idraulica" del PTCP della Provincia di Modena, i Comparti in esame si collocano su di un paleodosso di accertato interesse. Sulla base del calcolo della portata di verifica il bacino della Fossetta Vecchia si configura come un bacino idrografico con un buon deflusso delle portate di piena, caratterizzato, cioè, da una buona possibilità di ricevere apporti idrici.

In conclusione, considerate le analisi geotecniche e sismiche, si considera idoneo l'inserimento dell'area all'interno del POC3, riservando alla fase attuativa l'approfondimento delle analisi geotecniche, soprattutto in relazione alla presenza, da 4 a 10 m, di terreni con caratteristiche di resistenza progressivamente più bassi rispetto allo strato superficiale (1-4 m). Non si ritengono necessari ulteriori approfondimenti della risposta sismica locale, per la definizione dei coefficienti di amplificazione litologica, e del rischio liquefazione, mentre alla fase attuativa è affidata la verifica dei cedimenti post-sismici.

Considerate le analisi del reticolo idrografico e minore, attenzione dovrà essere riservata alla corretta gestione delle acque bianche e nere, prevedendo, laddove fattibile, l'utilizzo

di reti separate e, in particolare per le nere, l'utilizzo di tubature a perfetta tenuta. Al fine di preservare le attualmente buone condizioni idrauliche, si rendono necessari interventi volti alla riduzione dei deflussi superficiali delle acque di prima pioggia, quali vasche di laminazione e/o parziale riutilizzo in loco delle acque di gronda, laddove ritenute non inquinate.

3.2 Litologia di superficie

La litologia di superficie, che caratterizza il terreno alla profondità di circa un metro dal piano campagna, escludendo il suolo ed il terreno vegetale superficiale, è uniforme su tutta l'area interessata dal Comparto e caratterizzata dalla presenza di terreni a prevalente percentuale sabbiosa.

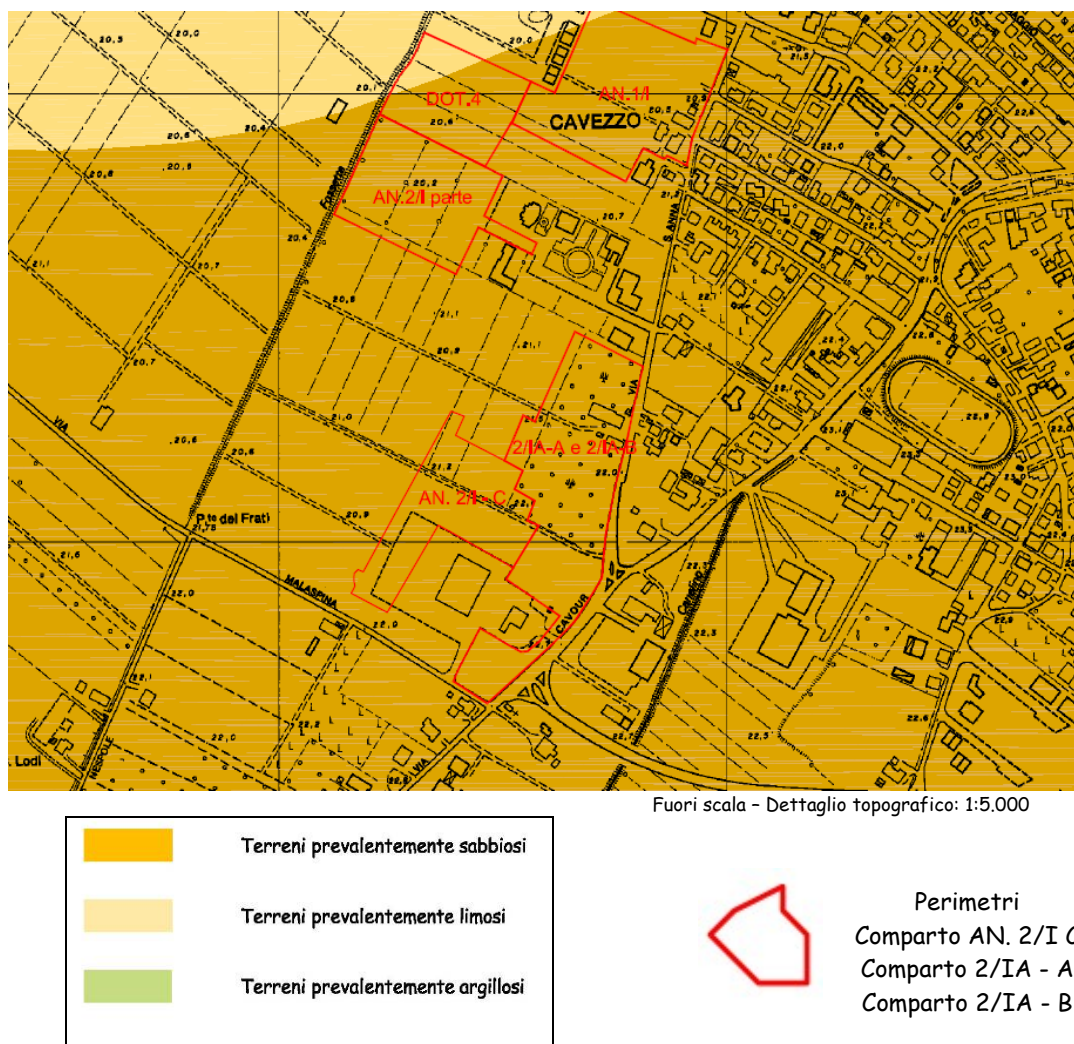
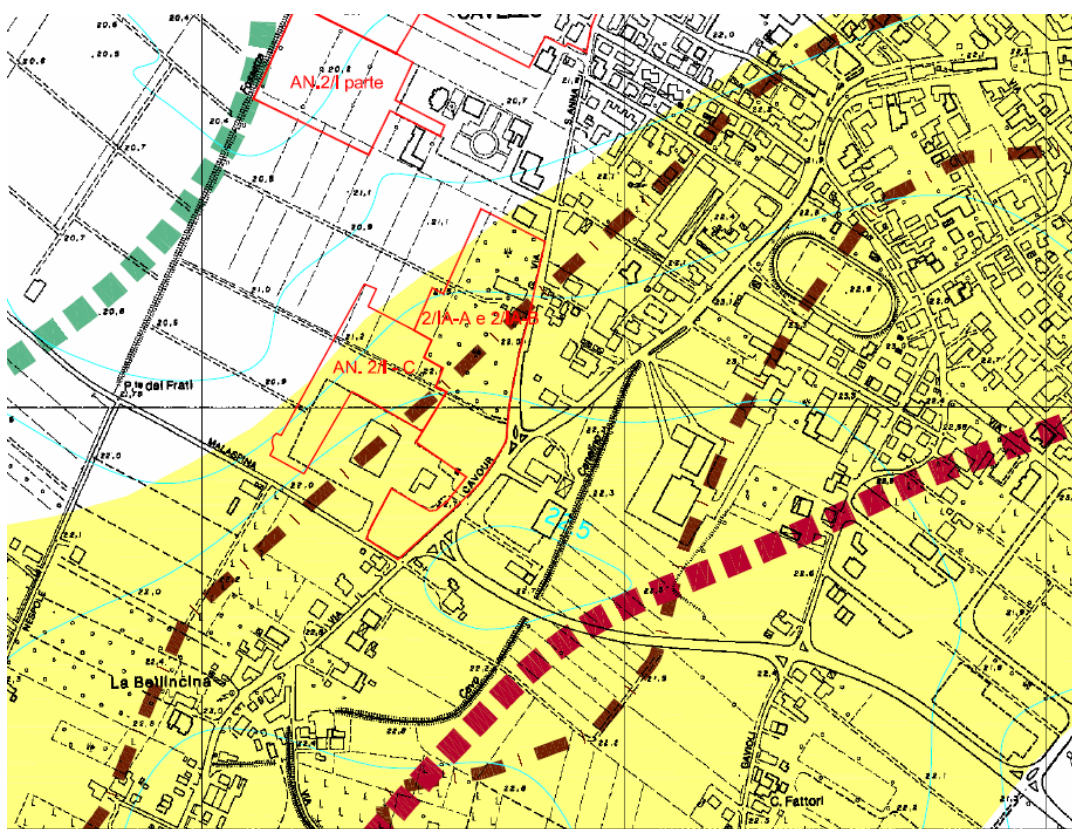


FIG. 22 - Litologia di superficie (Estratto Tav. 1-9 - PSC Comune di Cavezzo).

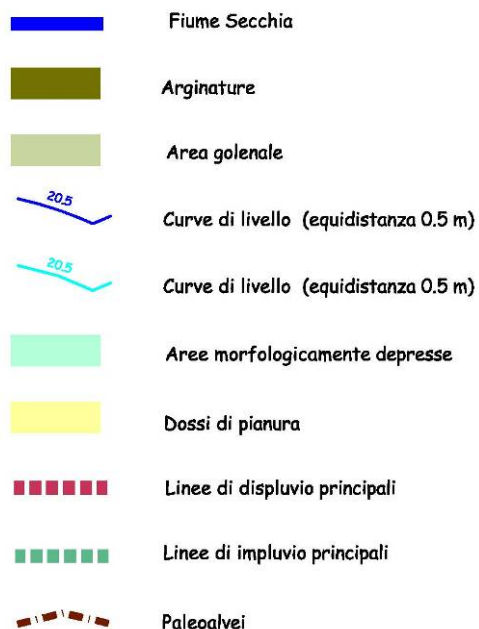
3.3 Geomorfologia

Il Comparto si sviluppa in un'area sub-pianeggiante, con quote medie di 20 m s.l.m., in corrispondenza di un dosso di pianura, al margine occidentale di un paleoalveo, in una fascia compresa tra una linea di dislivello principale (a S-SE) ed una linea di impluvio principale (a NO). Tale contesto morfologico, individuato mediante l'elaborazione modellizzata delle quote del terreno naturale e l'osservazione di fotografie aeree, risulta particolarmente

importante a fini idraulici, favorendo l'infiltrazione delle acque nonché rappresentando, a livello locale, ostacolo ad eventuali esondazioni fluviali.



Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5.000

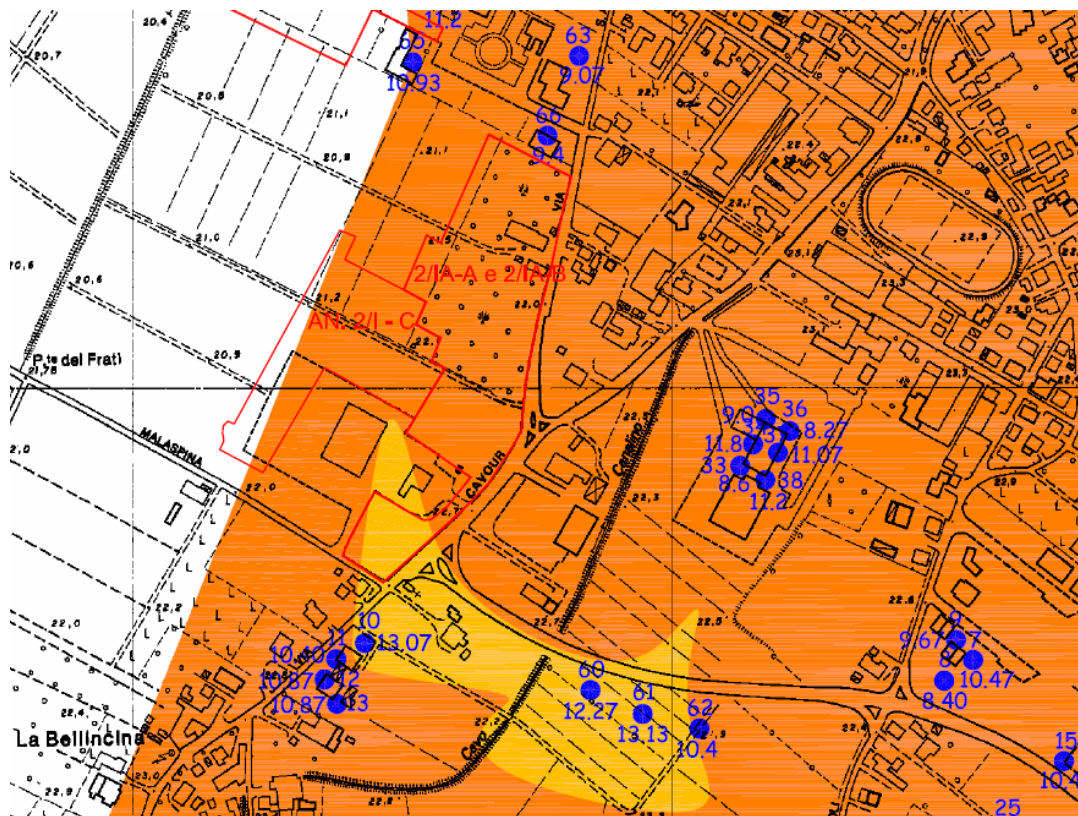


Perimetri
 Comparto AN. 2/I C
 Comparto 2/IA - A Comparto 2/IA - B

FIG. 23 - Geomorfologia (Estratto Tav. 1-10 - PSC Comune di Cavezzo).

3.4 Resistenza meccanica dei terreni

L'elaborazione relativa alle Tav. 1.19A e 1.19B del PSC intercetta la superficie di Comparto nella sua porzione settentrionale, lasciando scoperta la porzione meridionale; questo nonostante la presenza di dati penetrometrici d'archivio sia solamente prossima all'area d'intervento.



Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5.000



Perimetri
 Comparto AN. 2/I C
 Comparto 2/IA - A
 Comparto 2/IA - B

Ubicazione prova penetrometrica

FIG. 24 - Resistenza meccanica del terreno (Elab. R_p medio 1° strato 1-4 m) - (Estratto Tav. 1-19A - PSC Comune di Cavezzo).

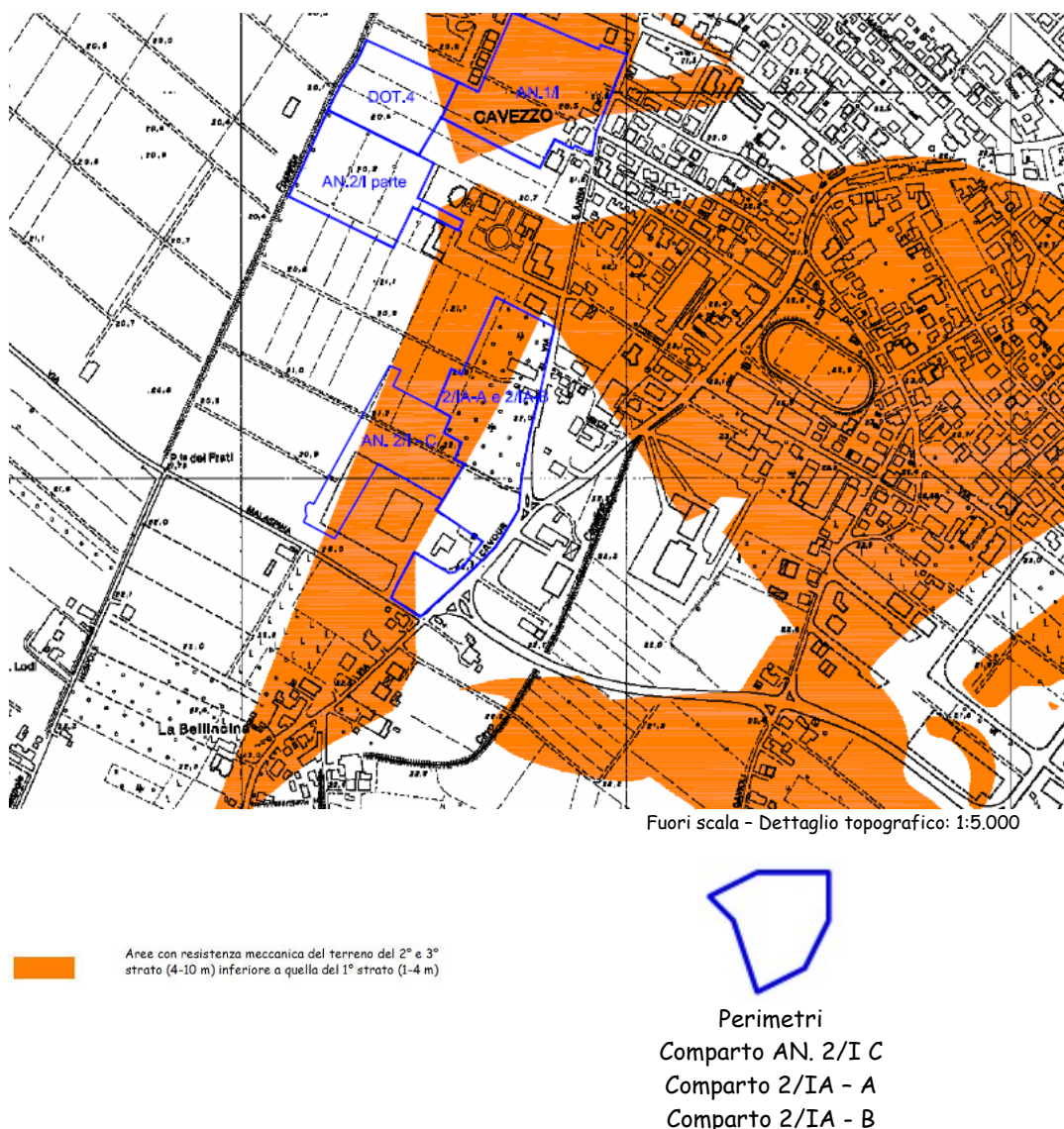


FIG. 25 - Resistenza meccanica del terreno (Elab. Rp medio 2° e 3° strato (4-10 m) < Rp medio 1° strato 1-4 m) - (Estratto Tav. 1-19B - PSC Comune di Cavezzo).

Con riferimento agli elaborati suddetti, la caratterizzazione geotecnica dei terreni del primo sottosuolo in termini di resistenza meccanica, era stata condotta attraverso l'analisi di prove penetrometriche esistenti, tutte spinte sino alla profondità di 10.0 m dal p.d.c.; tale spessore, una volta escluso il primo metro di terreno superficiale, era stato suddiviso in tre intervalli dello spessore di 3.0 m ciascuno, utili al fine della costruzione della carta e descrittivi ai fini geotecnici:

- intervallo 1) da 1.0 m a 4.0 m
- intervallo 2) da 4.0 m a 7.0 m
- intervallo 3) da 7.0 m a 10.0 m

L'elaborazione automatica (carta della "Resistenza meccanica del terreno" - tavola 1.19A) era stata eseguita utilizzando i valori di Rp medio riferiti al primo strato di terreno

compreso tra 1.0 e 4.0 metri di profondità, in quanto direttamente interessato, nella maggior parte dei casi, dalle più comuni opere di fondazione, pur non essendo comunque stati trascurati gli strati sottostanti.

In Fig. 24 si riporta un estratto dell'elaborato 1.19A del PSC, nel quale si evidenzia come il comparto risulti caratterizzato, entro i primi 4.0 m di profondità, dalla presenza di terreni ricadenti in classe 2, ovvero terreni con valori di resistenza meccanica mediocri (R_p medio compreso tra 8.0 e 12.0 Kg/cm²); la porzione meridionale, per cui l'interpolazione dei dati geognostici non ha permesso di individuare valori affidabili, è verosimilmente caratterizzata dagli stessi valori di R_p , mediocri, della restante porzione indagata.

Con riferimento all'elaborato 1.19B "Aree con resistenza meccanica del terreno del 2° e 3° strato (4-10 m) inferiore a quella del 1° strato (1-4 m)" del PSC comunale, il settore settentrionale del Comparto risulta contraddistinto da terreni con caratteristiche meccaniche scadenti anche in profondità, con valori di resistenza meccanica media che, per gli strati compresi tra 4.0 e 10.0 m, risultano inferiori ai valori di R_p medio del primo strato. La porzione meridionale, per cui l'interpolazione dei dati geognostici non ha permesso di individuare valori affidabili, è verosimilmente caratterizzata da una sequenza stratigrafica dei valori di R_p medio simile a quella del settore settentrionale.

Per completare la caratterizzazione geotecnica dei terreni del primo sottosuolo presenti entro il Comparto in esame, può essere utile fare riferimento anche ai dati di una prova penetrometrica statica, spinta sino alla profondità di 15.0 m dal piano campagna, ubicata all'interno dell'adiacente Comparto 2/IA-A, verosimilmente rappresentativa anche del settore settentrionale del Comparto in esame.

L'ubicazione della prova viene riportata nella figura seguente (Fig. 26), mentre il relativo diagramma delle resistenze viene riportato in Allegato in coda alla relazione.

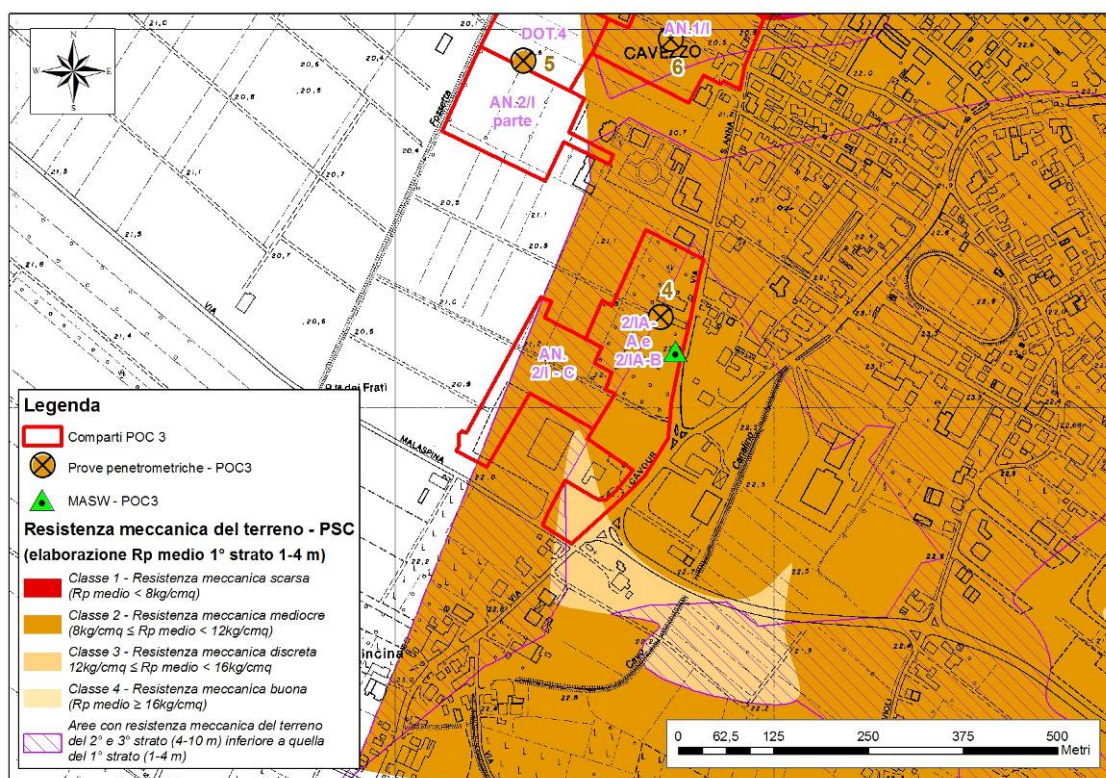


FIG. 26 - Ubicazione sondaggi geognostici eseguiti per il POC3.

La prova eseguita è stata elaborata, in analogia con l'elaborazione svolta nel PSC, considerando i primi 10.0 m di profondità, escludendo il primo metro di terreno superficiale e suddividendo il restante spessore in tre intervalli, per ognuno dei tre strati è stato valutato il valore di Rp medio.

	Rp medio CPT 4
1°STRATO (1-4 m)	13.22 Kg/cm ²
2°STRATO (4-7 m)	10.4 Kg/cm ²
3°STRATO (7-10 m)	9.2 Kg/cm ²

Diversamente dall'elaborazione del PSC, la prova di recente esecuzione evidenzia caratteristiche geotecniche dei terreni da mediocri a discrete, con valori medi di resistenza meccanica che, entro i primi 4.0 metri di profondità, risultano pari a circa 13 kg/cm² (Rp min: 6; Rp max: 36).

Per quanto riguarda gli spessori sottostanti (4-7 e 7-10 m), in analogia con l'elaborazione del PSC, i valori di Rp medio decadono a mediocri.

In corrispondenza del punto di prova si è discretizzato il terreno indagato in livelli caratterizzati da valori di Rp e Rl relativamente costanti per tutto lo spessore dello strato. Infine, sono stati calcolati i principali parametri geotecnici medi associati agli strati utilizzando le correlazioni empiriche proposte da vari autori.

Legenda:

Puv (t/m ³)	Peso dell'unità di volume del terreno.
C _u (kg/cm ²)	Coesione non drenata nei terreni coesivi. Per la valutazione approssimata della resistenza al taglio in condizioni non drenate si è utilizzata la relazione di De Beer.
Fi	Angolo di attrito interno efficace per terreni granulari. E' stata considerata la correlazione (Schmertmann, 1978) fra la densità relativa Dr, la resistenza alla punta R _p e la tensione efficace σ'_{vo} .
Mo (kg/cm ²)	Modulo di deformazione edometrico per terreni coesivi/granulari. Si fa riferimento alla relazione $Mo = \alpha R_p$ (Sanglerat, 1972 e AA.VV.). Il modulo di compressibilità volumetrica risulta l'inverso di Mo ($Mv = 1/Mo$).
Ey (Kg/cm ²)	Modulo di Young secante drenato (Robertson & Campanella 1983) Ey (25) - Ey(50)

CPT 4

Prof.	Litologia	Puv (t/m ³)	PuvS (t/m ³)	Cu (Kg/cm ²)	Mo (Kg/cm ²)	Fi (°)	Ey (Kg/cm ²)
1,0	Argille sabbiose e limose	2,2	2,2	3,1	184,5	45	123,0
6,6	Argilla inorganica compatta	2,0	2,0	0,9	111,6	--	--
7,0	Sabbie	1,9	2,2	--	76,5	35	102,0
8,8	Argille sabbiose e limose	1,9	2,0	0,7	89,4	25	29,8
15,0	Argille sabbiose e limose	2,1	2,2	2,2	132,6	31	88,4

Dall'esame della prova penetrometrica eseguita emerge che la zona settentrionale del Comparto in esame è verosimilmente costituita da terreni prevalentemente coesivi argillosi, con intercalazioni di lenti con percentuali relativamente maggiori di sabbia e limo. Si segnala la presenza di un sottile spessore sabbioso tra 6,6 e 7 m.

Sulla base dei risultati ottenuti al di sotto del suolo, si possono riconoscere, in modo schematico, cinque strati principali:

- il primo strato, compreso tra il piano campagna e -1,0 m di profondità, è costituito da materiale prevalentemente argilloso - sabbioso e argilloso - limoso; lo strato è caratterizzato da parametri di resistenza meccanica molto buoni, con R_p medio pari a 30,0 Kg/cm²;
- il secondo strato, compreso tra -1,0 m e -6,6 m di profondità, è costituito da argilla compatta; lo strato è caratterizzato da parametri di resistenza meccanica mediocri, con R_p medio pari a 9,0 Kg/cm² (R_p min: 6; R_p max: 12);
- il terzo strato, compreso tra -6,6 m e -7 m di profondità, è costituito da sabbie con parametri di resistenza meccanica elevati: R_{pm} è pari a 25 Kg/cm²;
- il quarto strato, compreso tra -7 m e -8,8 m di profondità, è costituito da materiale prevalentemente argilloso - sabbioso e argilloso - limoso; lo strato è caratterizzato da

parametri di resistenza meccanica scadenti, con R_p medio pari a $6,88 \text{ Kg/cm}^2$ (R_p min: 6; R_p max: 8);

- il quinto strato, compreso tra -8,8 m e -15 m di profondità, è costituito ancora da materiale prevalentemente argilloso - sabbioso e argilloso - limoso, ma con resistenza meccanica molto buona, con R_p medio pari a $21,22 \text{ Kg/cm}^2$ (R_p min: 10; R_p max: 36).

In occasione della campagna geognostica è stato possibile misurare la profondità della falda freatica presente nell'area, con valori variabili pari a circa -2,2 m dal piano campagna.

3.5 Caratterizzazione sismica dei terreni del Comparto AN. 2/I C

Il PSC comunale individua, in superficie, terreni a prevalente componente limosa; la geomorfologia indica la presenza di un dosso di pianura, verosimilmente composto, in profondità, anche da alternanze di livelli sabbiosi.

Dalla ricostruzione stratigrafica ricavata dall'elaborazione della prova penetrometrica effettuata in corrispondenza dell'adiacente Comparto 2/IA-A, risulta la presenza di terreni a prevalente componente argillosa intervallati da un livello sabbioso.

In particolare, argille sabbiose e limose sono presenti in superficie, fino a 1 m, e da 7 a 15 m. Lo strato sabbioso è presente da 6,6 a 7 m, mentre uno strato prevalentemente argilloso è presente da 1 a 6,6 m.

Tale contesto stratigrafico - morfologico induce a non escludere la possibilità di liquefazione, specialmente all'interno del seppur esiguo livello sabbioso, vista anche la presenza della falda superficiale molto prossima al piano campagna (-2,2 m).

L'indagine geofisica MASW (Multichannel Analysis of Seismic Waves), eseguita nell'adiacente Comparto 2/IA-A, ha restituito un valore di V_{s30} pari a **183 m/sec**, che inserisce il terreno di fondazione all'interno della classe C - *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).*

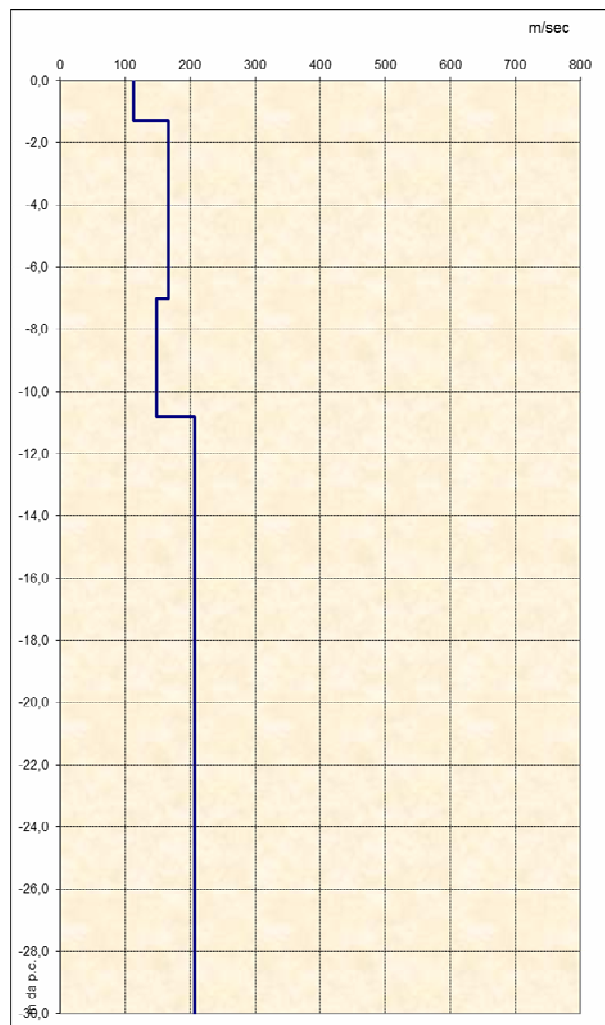
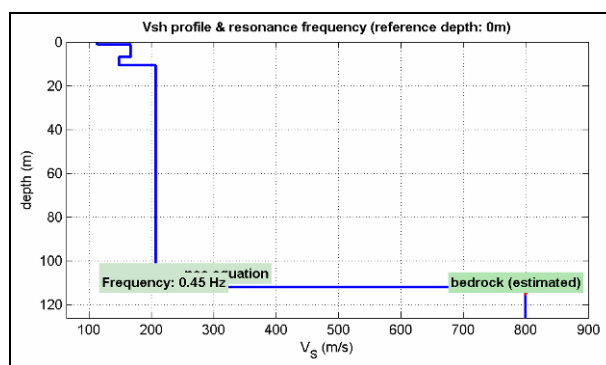


Diagramma velocità Vs/profondità

Dall'interpolazione dei risultati dell'indagine MASW e dell'acquisizione HVSr è stata stimata la profondità del bedrock sismico come riportato nel seguente diagramma:



Stima della Profondità del Bedrock Sismico

I coefficienti di amplificazione relativi al profilo stratigrafico presente all'interno del Comparto, così come da DAL RER 112/2007, relativamente all'ambito PIANURA 2, sono i seguenti:

F.A PGA:	1.5
F.A. Intensità spettrale - $0.1s < T_0 < 0.5s$:	1.8
F.A. Intensità spettrale - $0.5s < T_0 < 1s$:	2.5

È stata inoltre eseguita la **verifica a liquefazione** dei suoli incoerenti utilizzando il Metodo di Robertson e Wride 1997 - C.N.R. - GNDT - coefficiente di sicurezza relativo alle varie zone sismiche I-I-III-IV cat.

Nel caso in esame è stata eseguita la verifica a liquefazione facendo riferimento all'accelerazione sismica massima (g)=0,15 prevista per il territorio comunale, ad una magnitudo del sisma pari a 5.5, ad una profondità della falda pari a 2,2 m e ad una correzione per la magnitudo (MSF) pari a 2,21.

La liquefazione è in relazione al **coefficiente di sicurezza** nel seguente modo:

- $F_s \geq 1,25$	LIQUEFAZIONE ASSENTE
- $1,0 < F_s < 1,25$	LIQUEFAZIONE POSSIBILE
- $F_s < 1$	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE

In tutti gli strati indagati, i valori di F_s sono risultati molto maggiori di 1,25 (superiori a 2 anche nel livello sabbioso), restituendo, pertanto, un rischio di liquefazione molto basso.

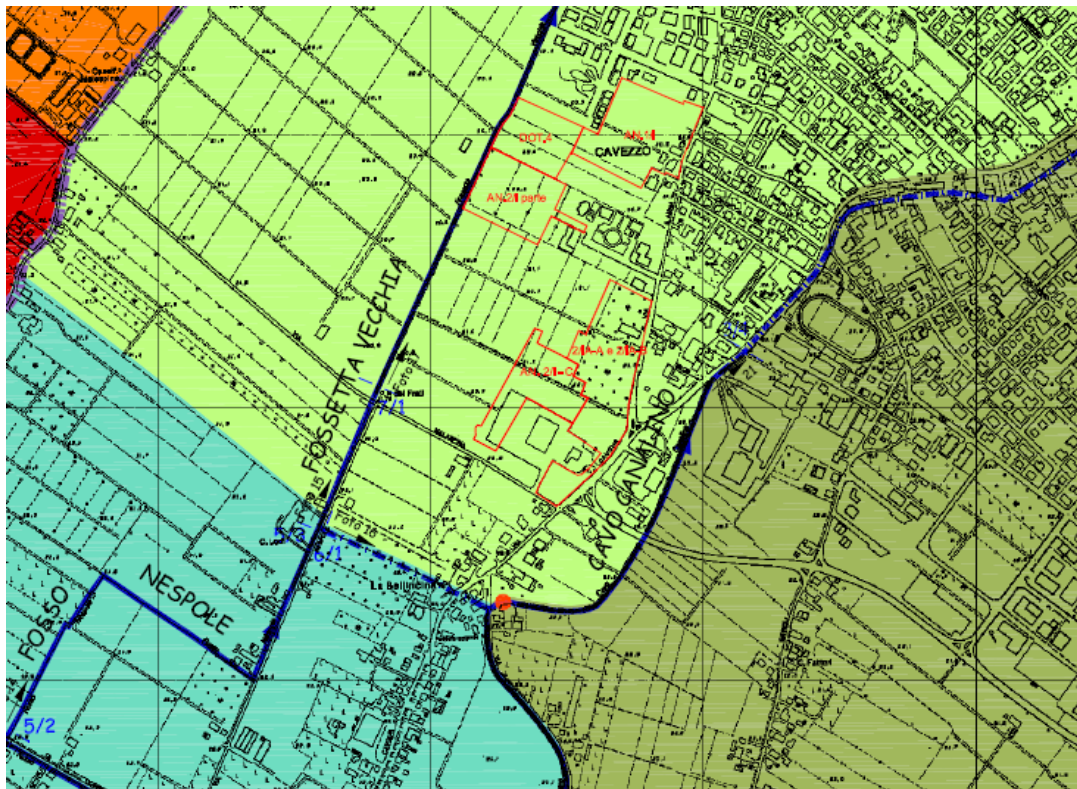
3.6 Idrografia superficiale ed officiosità idraulica del reticolo idrografico minore

Per gli aspetti idrografici principali si rimanda a quanto già detto al capitolo 1.7.

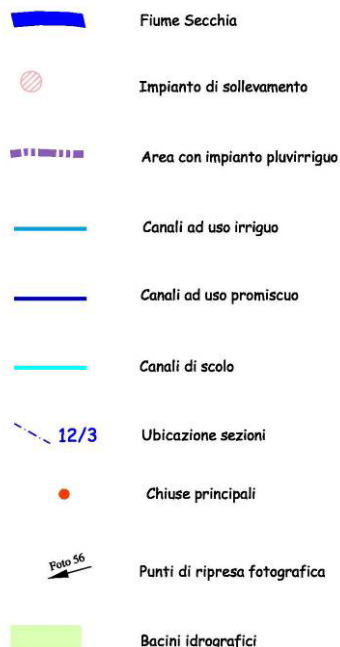
L'area in cui è ubicato il Comparto appartiene al bacino idrografico della Fossetta Vecchia (Fig. 27), un fosso ad uso promiscuo (scolo ed irriguo) che ha origine poco a sud del capoluogo, per proseguire poi verso nord oltre il confine comunale; come segnalato nelle schede tecniche a corredo del PSC, è interessante notare come il corso d'acqua, nel tratto a nord della Via I° Maggio, benché ricevente parte delle acque provenienti dal depuratore comunale, presenta comunque discrete caratteristiche ambientali.

Se per quanto riguarda il sistema irriguo-scolante, l'area in cui è ubicato il Comparto fa riferimento al solo sistema idrografico minore, per gli accenni in merito alla valutazione sull'esondabilità del territorio, che riguarda più prettamente il fiume Secchia, si rimanda a quanto già detto al capitolo 1.7.

Con riferimento alla "Carta della criticità e della pericolosità idraulica" del PTCP 2009 (Tav. 2.3.1) della Provincia di Modena, il Comparto in esame si colloca in gran parte su di un paleodosso di accertato interesse, in corrispondenza del quale non si rilevano quindi condizioni di criticità idraulica.



Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5.000



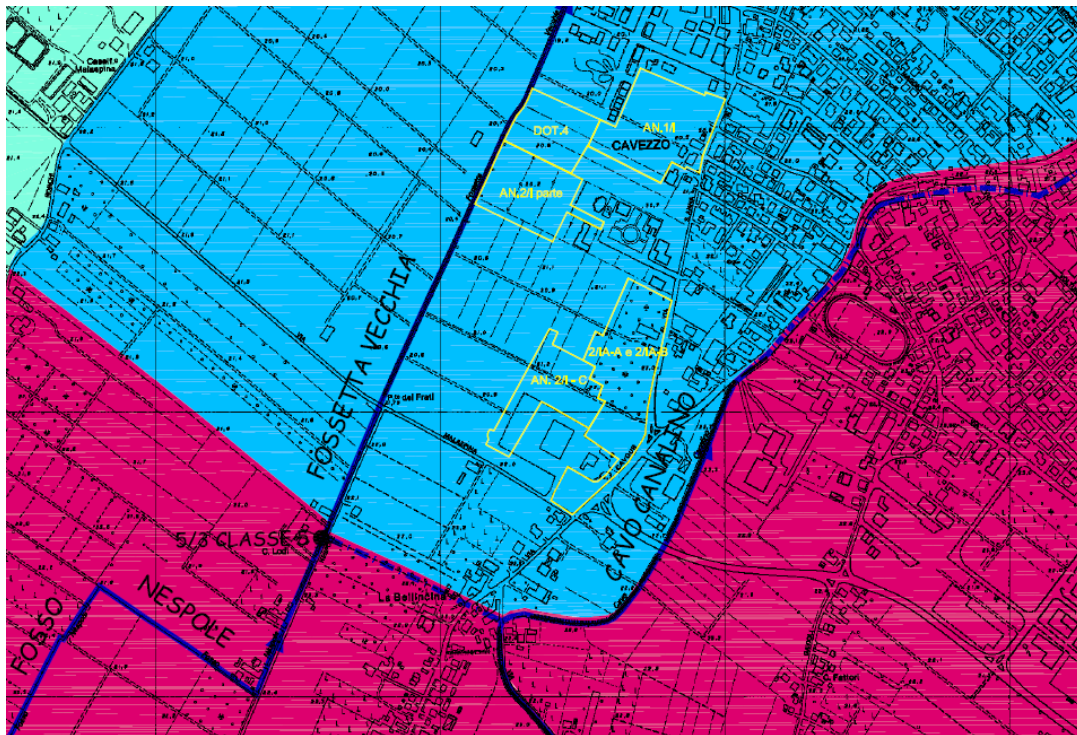
Perimetri
 Comparto AN. 2/I C
 Comparto 2/IA - A
 Comparto 2/IA - B

FIG. 27 - Idrografia superficiale (Estratto Tav. 1-11 - PSC Comune di Cavezzo).

Per quanto riguarda le verifiche sulla capacità idraulica di smaltimento delle portate di piena che si producono sul territorio di Cavezzo e che influenzano l'officiosità dei corsi d'acqua del reticolo idrografico superficiale, in Fig. 28 si riporta un estratto dell'elaborato 1.21. del PSC "Carico idraulico sui bacini extraurbani".

Per quanto riguarda i Comparti in esame, si è detto che appartengono al bacino idrografico della Fossetta Vecchia sul quale è stata eseguita la relativa verifica idraulica facendo riferimento alla sezione denominata 7/2.

Sulla base del calcolo della portata di verifica, il bacino della Fossetta Vecchia rientra in CLASSE II, ovvero si configura come un bacino idrografico con un buon deflusso delle portate di piena, caratterizzato, cioè, da una buona possibilità di ricevere apporti idrici.



Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5.000





Perimetri
 Comparto AN. 2/I C
 Comparto 2/IA - A
 Comparto 2/IA - B

FIG. 28 - Carico idraulico sui bacini extraurbani (Estratto Tav. 1-21 - PSC Comune di Cavezzo).

3.7 Idrogeologia e vulnerabilità naturale dell'acquifero superficiale

Nel Comparto la falda superficiale si attesta a profondità comprese tra -2.5 e 2.0 m dal p.c. (Fig. 29), con quote piezometriche comprese tra 20 e 20.5 m s.l.m.

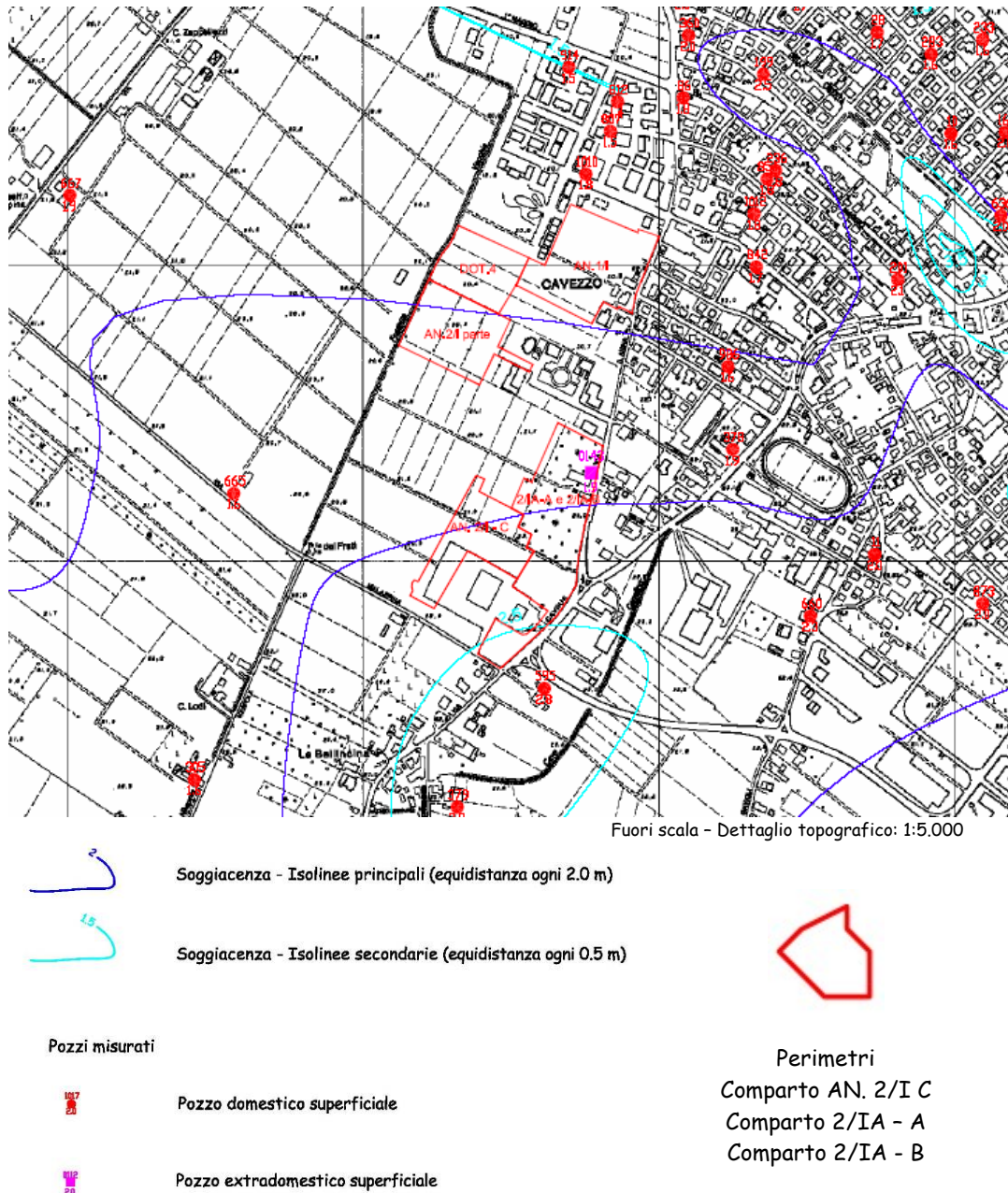


FIG. 29 - Soggiacenza della falda superficiale (Estratto Tav. 1-14A - PSC Comune di Cavezzo).

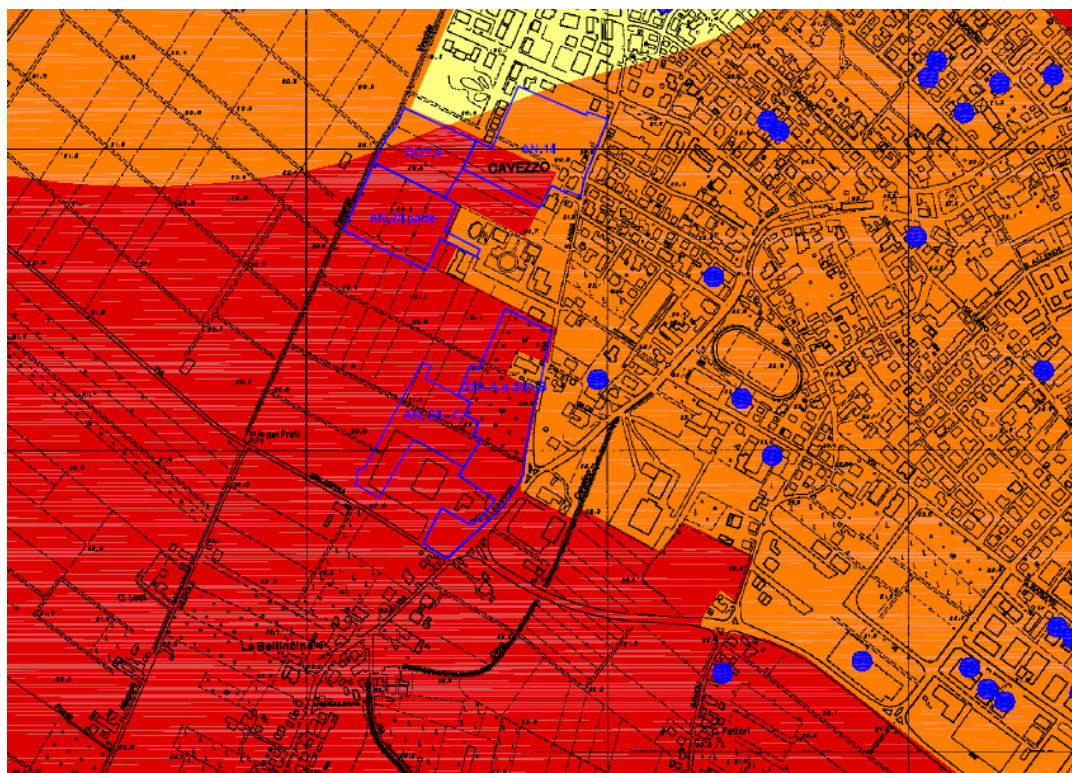
Per quanto riguarda le falde profonde, nell'area gli acquiferi significativi si sviluppano sempre a profondità discretamente elevate:

- intorno ai 30-40 m dal p.d.c., si rilevano intercalazioni significative di sabbie fini e medie, in cui si può individuare un primo acquifero captato da diversi pozzi presenti sul territorio comunale;

- oltre i 50 m, dove s'individua un secondo acquifero, abbondantemente sfruttato, specialmente per scopi produttivi; non si segnalano tuttavia sul territorio comunale pozzi utilizzati ad uso acquedottistico.

In corrispondenza della prova penetrometrica statica nr. 4 eseguita per il POC3, la falda è stata intercettata a -2.2 m dal p.d.c.

Con riferimento infine all'elaborazione eseguita dal PSC della "Vulnerabilità naturale dell'acquifero superficiale" di cui in Fig. 30 si riporta un estratto, il comparto si colloca in area a grado di vulnerabilità Alta, in rapporto principalmente alle caratteristiche litologiche ed alla capacità di attenuazione del suolo, presenti nell'area.



Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5.000

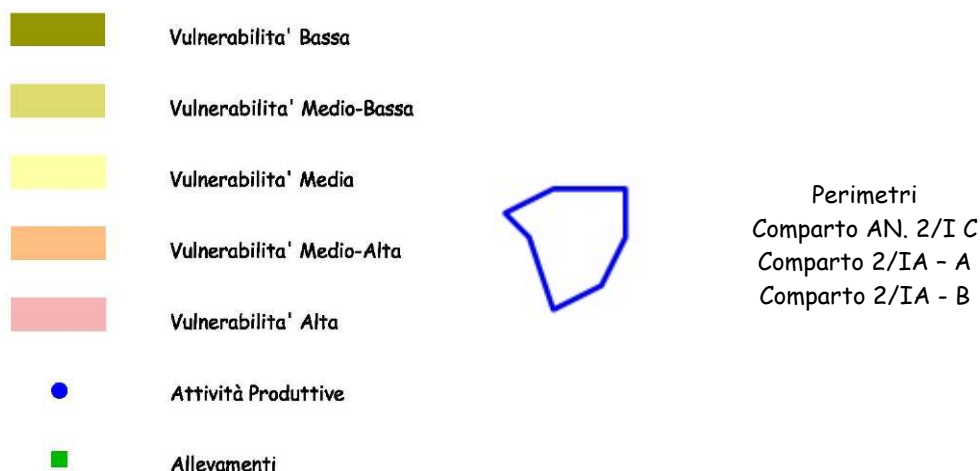


FIG. 30 - Vulnerabilità naturale dell'acquifero superficiale (Estratto Tav. 1-15 - PSC Comune di Cavezzo).

3.8 Sintesi e fattibilità progettuale

Per quanto riguarda la **litologia** di superficie e la **geomorfologia**, il COMPARTO AN. 2/I C è ubicato in un'area caratterizzata da una litologia superficiale a prevalente percentuale sabbiosa ed in corrispondenza di un dosso di pianura che favorisce l'infiltrazione delle acque e che rappresenta, a livello locale, ostacolo ad eventuali esondazioni fluviali.

Per quanto riguarda la **stratigrafia**, dall'esame della prova penetrometrica eseguita nell'adiacente Comparto 2/IA - A emerge che la zona (almeno la sua porzione settentrionale) è caratterizzata da un sottosuolo costituito da terreni prevalentemente coesivi argillosi, con intercalazioni di livelli con percentuali relativamente maggiori di sabbia e limo. Si segnala la presenza di un sottile spessore sabbioso tra 6,6 e 7 m.

Verosimilmente, sempre in analogia all'adiacente Comparto 2/IA - A, le **caratteristiche geotecniche** dei terreni variano da mediocri a discrete, con valori medi di resistenza meccanica che, entro i primi 4.0 metri di profondità, risultano pari a circa 13 kg/cm^2 (Rp min: 6; Rp max: 36). Per quanto riguarda gli spessori sottostanti (4-7 e 7-10 m), in analogia con l'elaborazione del PSC, i valori di Rp medio decadono a mediocri.

Dal punto di vista **sismico**, il terreno possiede, in analogia all'adiacente Comparto 2/IA - A, una V_{s30} pari a 183 m/sec, un bedrock sismico a profondità superiori a 100 m e fattori di amplificazione sismica pari a:

F.A PGA:	1.5
F.A. Intensità spettrale - $0.1s < T_0 < 0.5s$:	1.8
F.A. Intensità spettrale - $0.5s < T_0 < 1s$:	2.5

La verifica a **liquefazione** dei livelli a prevalente percentuale sabbiosa ha restituito, per l'adiacente Comparto 2/IA - A, un rischio sempre molto basso.

Per quanto riguarda l'**idrografia** e l'**officiosità del reticolo idrografico minore**, il Comparto appartiene al bacino idrografico della Fossetta Vecchia, un fosso ad uso promiscuo (scolo ed irriguo) che ha origine poco a sud del capoluogo e che, nel tratto prossimo al Comparto, presenta discrete caratteristiche ambientali

Per quanto riguarda l'**officiosità del reticolo idrografico**, con riferimento alla "Carta della criticità e della pericolosità idraulica" del PTCP della Provincia di Modena, il Comparto in esame si colloca, per la maggior parte della sua estensione, su di un paleodosso di accertato interesse. Sulla base del calcolo della portata di verifica, il bacino della Fossetta Vecchia si configura come un bacino idrografico con un buon deflusso delle portate di piena, caratterizzato, cioè, da una buona possibilità di ricevere apporti idrici.

In conclusione, in linea di massima si considera idoneo l'inserimento dell'area all'interno del POC3, riservando alla fase attuativa l'approfondimento delle analisi geotecniche da verticali eseguite all'interno del perimetro di Comparto, soprattutto in relazione alla presenza, da 4 a 10 m (come risulta dalla prova penetrometrica effettuata nell'adiacente Comparto 2/IA - A), di terreni con caratteristiche di resistenza meccanica

progressivamente più bassi rispetto allo strato superficiale (1-4 m). Si ritengono necessari ulteriori approfondimenti della risposta sismica locale, per la definizione dei coefficienti di amplificazione litologica, e del rischio liquefazione, soprattutto per la porzione meridionale del Comparto, meno indagata, mentre alla fase attuativa è affidata la verifica dei cedimenti post-sismici.

Considerate le analisi del reticolo idrografico e minore, attenzione dovrà essere riservata alla corretta gestione delle acque bianche e nere, prevedendo, laddove fattibile, l'utilizzo di reti separate e, in particolare per le nere, l'utilizzo di tubature a perfetta tenuta. Al fine di preservare le attualmente buone condizioni idrauliche, si rendono necessari interventi volti alla riduzione dei deflussi superficiali delle acque di prima pioggia, quali vasche di laminazione e/o parziale riutilizzo in loco delle acque di gronda, laddove ritenute non inquinate.

4 COMPARTI AN. 1/I e AN. 2/I NORD

4.1 Descrizione dell'intervento

Le aree interessate fanno parte di un più ampio ambito territoriale posto a sud-ovest del capoluogo classificato dal PSC come ambito di possibile urbanizzazione; l'intervento raggruppa due ambiti per i nuovi insediamenti a prevalente funzione residenziale e un ambito di parco urbano, posti in continuità con l'ambito consolidato e collegati con la viabilità principale esistente costituita da Via S. Anna e Via Delfini, dotate peraltro dei sottoservizi a rete a cui allacciare i nuovi.

In particolare, le aree del comparto, che hanno una superficie territoriale di circa ha 5,50, comprendono per intero l'ambito AN. 1/I "Aree urbanizzabili per funzioni prevalentemente residenziali già previste dallo strumento urbanistico previgente e confermate"; una parte dell'ambito AN. 2/I Nord "Aree urbanizzabili per funzioni prevalentemente residenziali di nuova previsione". I due ambiti sono separati da una zona DOT. 4 "Parco urbano da attuare con procedure di perequazione", che con procedure di perequazione è messa a disposizione per la realizzazione di infrastrutture e dotazioni comuni ai due ambiti da edificare.

Le aree proposte hanno una superficie territoriale così suddivisa:

- Comparto AN. 2/I NORD - che comprende anche ambito DOT. 4 per strada e bacino di laminazione. Mq 24.000 di cui 5.000 sfruttati in perequazione per aree cedute in DOT4; la SU complessiva ammessa è di mq 4.800, di cui mq 760 da destinare a PEEP (o ERS). L'indice Ut è confermato in 2000 mq/ha. Le vasche di laminazione delle piene previste a servizio del comparto, e individuate nell'ambito attiguo DOT 4, costituiscono anche infrastruttura idraulica a disposizione di "aree morfologicamente depresse" che lambiscono l'ambito DOT 4 stesso, per cui, ai sensi dell'art. 36, comma 2 delle NTA del PSC, si può procedere alla perequazione della esatta superficie destinata a questa infrastruttura.
- Comparto AN. 1/I - che comprende anche DOT. 4 per parco urbano. Mq 28.800 di cui 1800 a rettifica non sostanziale della perimetrazione di ambito al fine di un miglior sfruttamento della morfologia dei luoghi, ai sensi dell'art. 30 punto 2 comma a) della L.R. 20/2000 e s.m. La SU complessiva ammessa è di mq 7.200; l'indice Ut è pari a 2500 mq/ha. Le vasche di laminazione delle piene previste a servizio del comparto, sono individuate nell'ambito attiguo DOT 4, e verranno realizzate in comune con l'ambito AN. 2/I anch'esso facente parte dell'intervento.

I riferimenti catastali sono i seguenti:

- Comparto AN. 2/I NORD- - Fg. 21 mapp.li 427, 428, 429, 430, 382, parte del mapp.le 232
- Comparto AN. 1/I - Fg. 21 mapp.li 19, 89, 260, 207, 209, 116, 20, 21, 22, parte mapp.le 232

L'intervento è attuato in applicazione di uno specifico accordo ai sensi dell'art. 18 della LR 20/2000 stipulato in data 26/03/2011 ed è soggetto a due piani urbanistici attuativi (PUA) distinti, aventi in comune gli obblighi alla realizzazione di tutte le opere fuori ambito e in particolare entro la zona DOT. 4.

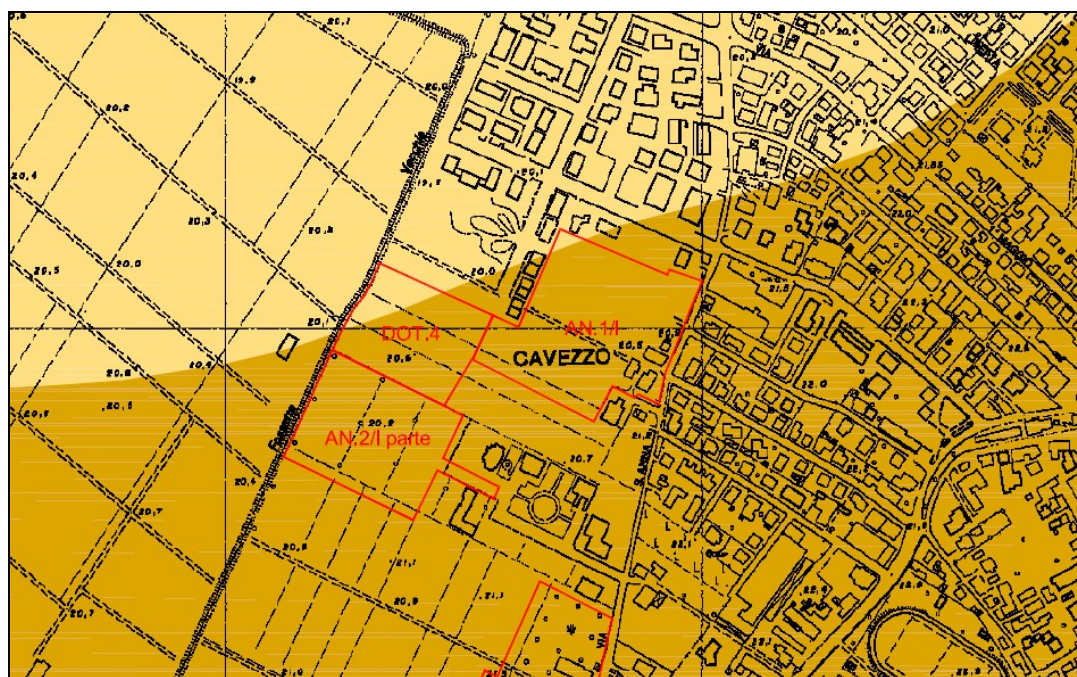


In azzurro il Comparto AN. 2/I NORD

In rosso il Comparto AN. 1/I

4.2 Litologia di superficie

La litologia di superficie, che caratterizza il terreno alla profondità di circa un metro dal piano campagna, escludendo il suolo ed il terreno vegetale superficiale, è pressoché uniforme per tutti i comparti e caratterizzata dalla presenza di terreni a prevalente percentuale sabbiosa. Solo un'esigua porzione dell'area vede una prevalenza di terreni limosi.



Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5.000

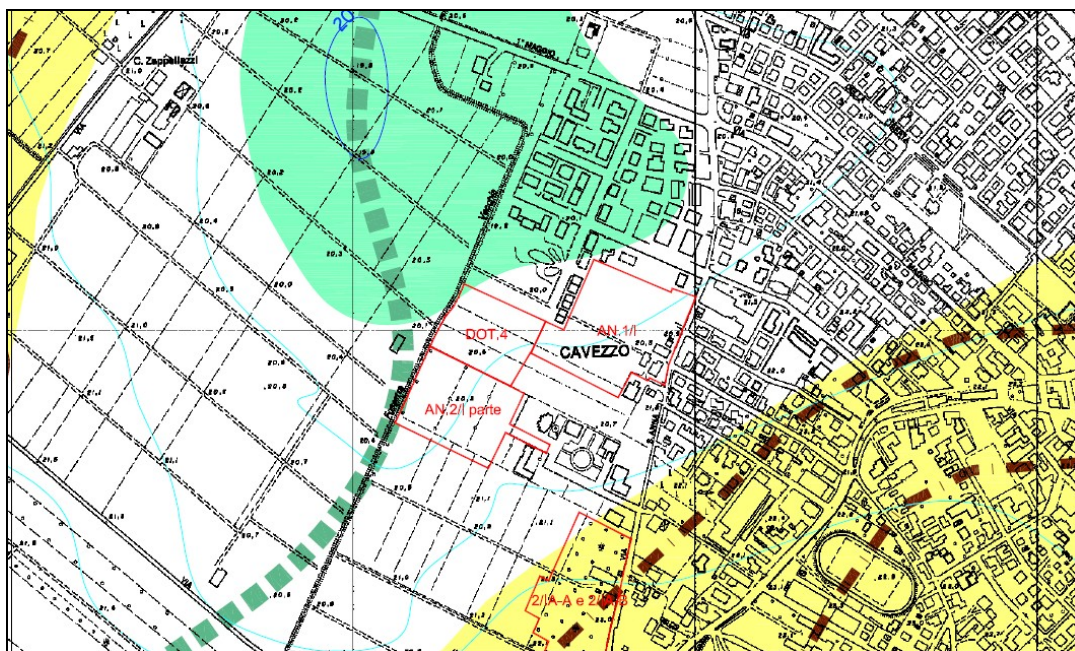


Comparti AN.1/I e
 AN.2/I parte

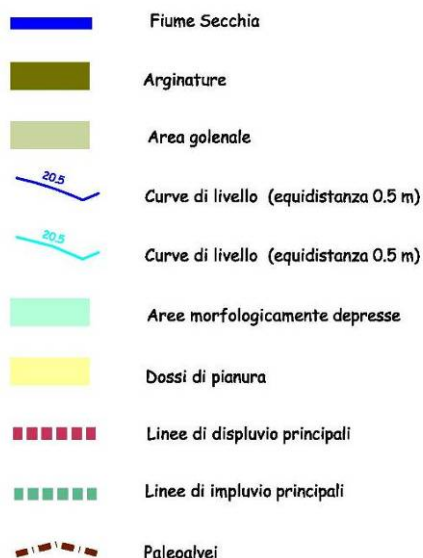
FIG. 31 - Litologia di superficie (Estratto Tav. 1-9 - PSC Comune di Cavezzo).

4.3 Geomorfologia

I due Comparti si sviluppano in un'area sub-pianeggiante, con quote medie di 21 m s.l.m., al margine eterno di una zona cartografata come "area morfologicamente depressa"; si tratta di un'area individuata mediante l'elaborazione modellizzata delle quote del terreno naturale, particolarmente sensibile ai fini idraulici, in cui non solo eventi alluvionali, ma anche eventi meteorici intensi possono generare difficoltà di drenaggio superficiale, con conseguenti ristagni d'acqua.



Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5.000



Comparti AN.1/I e
 AN.2/I parte

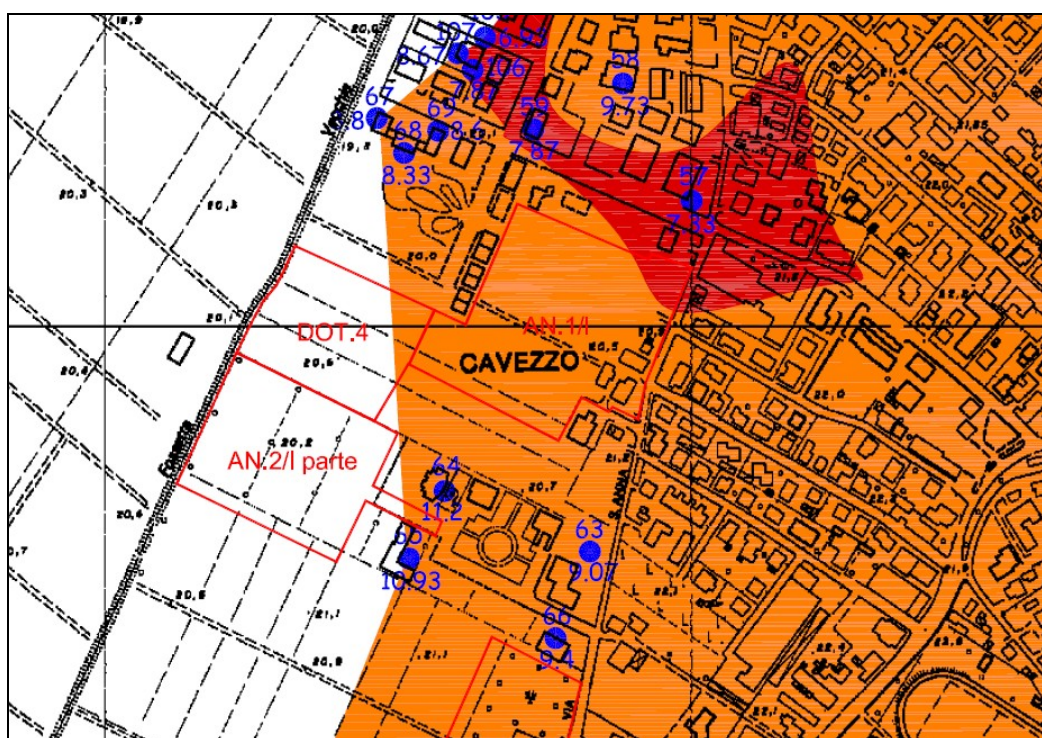
FIG. 32 - Geomorfologia (Estratto Tav. 1-10 - PSC Comune di Cavezzo).

I Comparti in esame si pongono comunque all'esterno di tale area, che si sviluppa a nord degli stessi, non lasciando supporre quindi difficoltà particolari al deflusso delle acque superficiali meteoriche.

Altro elemento morfologicamente significativo, riconoscibile nell'area d'intervento, e in relazione al primo elemento, è rappresentato da una linea di impluvio principale che indica l'asse verso cui si riversa il deflusso idrico superficiale.

4.4 Resistenza meccanica dei terreni

L'elaborazione relativa alle Tav. 1.19A e 1.19B del PSC intercetta l'intera superficie del Comparto AN.1/I e una esigua parte del Comparto AN.2/I parte, nonostante la presenza di dati penetrometrici d'archivio sia solamente prossima ai margini dei due Comparti.



Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5.000



Comparti AN.1/I e AN.2/I
 parte

FIG. 33 - Resistenza meccanica del terreno (Elab. R_p medio 1° strato 1-4 m) - (Estratto Tav. 1-19A - PSC Comune di Cavezzo).

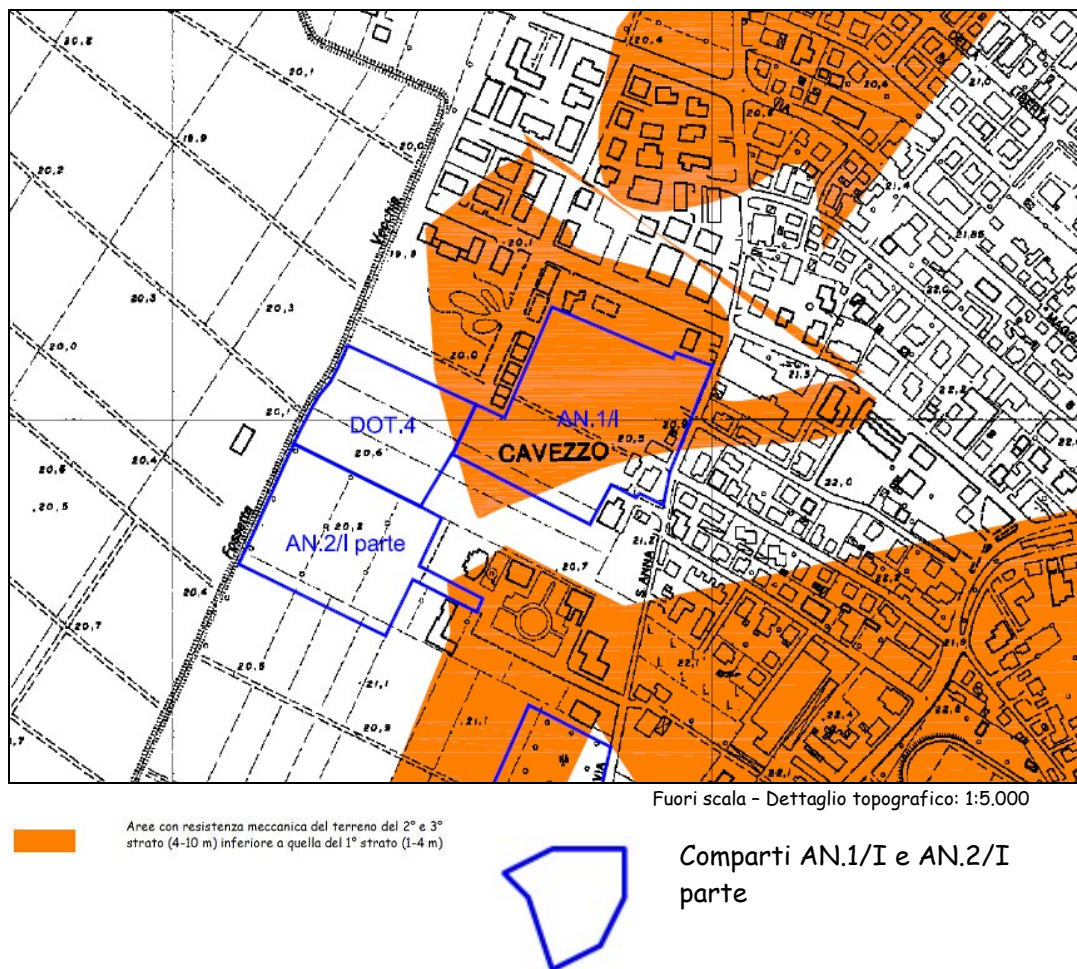


FIG. 34 - Resistenza meccanica del terreno (Elab. Rp medio 2° e 3° strato (4-10 m) < Rp medio 1° strato 1-4 m) - (Estratto Tav. 1-19B - PSC Comune di Cavezzo).

Con riferimento agli elaborati suddetti, la caratterizzazione geotecnica dei terreni del primo sottosuolo in termini di resistenza meccanica, era stata condotta attraverso l'analisi di prove penetrometriche esistenti, tutte spinte sino alla profondità di 10.0 m dal p.d.c.; tale spessore, una volta escluso il primo metro di terreno superficiale, era stato suddiviso in tre intervalli dello spessore di 3.0 m ciascuno, utili al fine della costruzione della carta e descrittivi ai fini geotecnici:

- intervallo 1) da 1.0 m a 4.0 m
- intervallo 2) da 4.0 m a 7.0 m
- intervallo 3) da 7.0 m a 10.0 m

L'elaborazione automatica (carta della "Resistenza meccanica del terreno" - tavola 1.19A) era stata eseguita utilizzando i valori di Rp medio riferiti al primo strato di terreno compreso tra 1.0 e 4.0 metri di profondità, in quanto direttamente interessato, nella maggior parte dei casi, dalle più comuni opere di fondazione, pur non essendo comunque stati trascurati gli strati sottostanti.

In Fig. 33 si riporta un estratto dell'elaborato 1.19A del PSC, nel quale si evidenzia come il Comparto AN.1/I risulti in gran parte caratterizzato, entro i primi 4.0 m di profondità,

dalla presenza di terreni ricadenti in classe 2, ovvero terreni con valori di resistenza meccanica mediocre (R_p medio compreso tra 8.0 e 12.0 Kg/cm²), tranne una piccola porzione nell'angolo nord-orientale, caratterizzata da valori di resistenza meccanica scarsa (R_p medio < 8 Kg/cm²); anche la porzione marginale del Comparto AN.2/I parte, interessata dall'elaborazione, mostra valori mediocri.

Con riferimento all'elaborato 1.19B "Aree con resistenza meccanica del terreno del 2° e 3° strato (4-10 m) inferiore a quella del 1° strato (1-4 m)" del PSC comunale, l'area del Comparto AN.1/I risulta inoltre in gran parte contraddistinta da terreni con caratteristiche meccaniche scadenti anche in profondità, con valori di resistenza meccanica media che, per gli strati compresi tra 4.0 e 10.0 m, risultano inferiori ai valori di R_p medio del primo strato. Lo stesso può dirsi per la porzione marginale del Comparto AN.2/I parte.

Per completare la caratterizzazione geotecnica dei terreni del primo sottosuolo presenti entro i Comparti in esame, i dati esistenti sono stati implementati attraverso l'esecuzione di due prove penetrometriche statiche spinte sino alla profondità di 15.0 dal piano campagna.

L'ubicazione delle prove viene riportata nella figura seguente (Fig. 35), mentre il relativo diagramma delle resistenze viene riportato in Allegato in coda alla relazione.

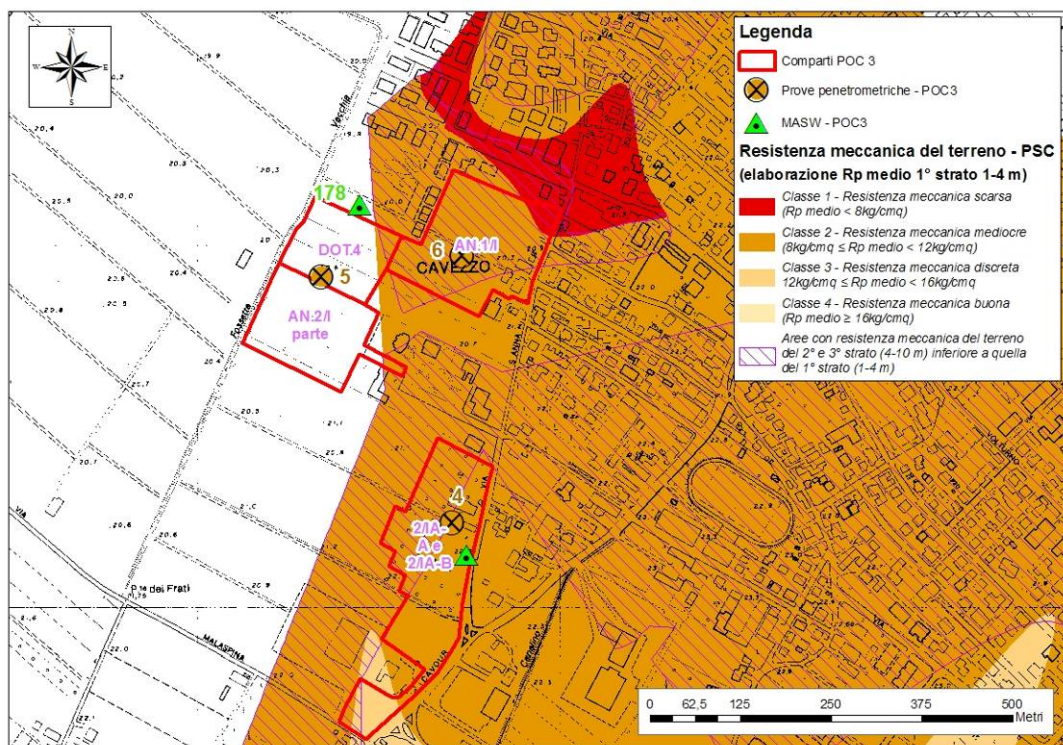


FIG. 35 - Ubicazione sondaggi geognostici eseguiti per il POC3.

La prova eseguita è stata elaborata, in analogia con l'elaborazione svolta nel PSC, considerando i primi 10.0 m di profondità, escludendo il primo metro di terreno superficiale

e suddividendo il restante spessore in tre intervalli, per ognuno dei quali è stato valutato il valore di R_p medio.

	Rp medio CPT nr. 5	Rp medio CPT nr. 6
1°STRATO (1-4 m)	9.1 Kg/cm ²	9.4 Kg/cm ²
2°STRATO (4-7 m)	13 Kg/cm ²	12 Kg/cm ²
3°STRATO (7-10 m)	17.8 Kg/cm ²	13 Kg/cm ²

Rispetto ai dati già elaborati, le due prove di recente esecuzione evidenziano caratteristiche geotecniche dei terreni mediamente mediocri, con valori medi di resistenza meccanica che, entro i primi 4.0 metri di profondità, risultano pari a circa 9.0 kg/cm². Nei livelli sottostanti (da -4 a -10 m), i valori di resistenza aumentano fino a raggiungere 17,8 kg/cm² (nella CPT nr. 5), in parziale disaccordo con le elaborazioni del PSC che davano una progressiva diminuzione dei valori, almeno per quanto riguarda il Comparto AN.1/I.

In corrispondenza dei punti di prova si è discretizzato il terreno indagato in livelli caratterizzati da valori di R_p e R_l relativamente costanti per tutto lo spessore dello strato. Infine, sono stati calcolati i principali parametri geotecnici medi associati agli strati utilizzando le correlazioni empiriche proposte da vari autori.

Legenda:

P_{uv} (t/m ³)	Peso dell'unità di volume del terreno.
C_u (Kg/cm ²)	Coesione non drenata nei terreni coesivi. Per la valutazione approssimata della resistenza al taglio in condizioni non drenate si è utilizzata la relazione di De Beer.
F_i	Angolo di attrito interno efficace per terreni granulari. E' stata considerata la correlazione (Schmertmann, 1978) fra la densità relativa D_r , la resistenza alla punta R_p e la tensione efficace σ'_{vo} .
M_o (kg/cm ²)	Modulo di deformazione edometrico per terreni coesivi/granulari. Si fa riferimento alla relazione $M_o = \alpha R_p$ (Sanglerat, 1972 e AA.VV.). Il modulo di compressibilità volumetrica risulta l'inverso di M_o ($M_v = 1/M_o$).
E_y (Kg/cm ²)	Modulo di Young secante drenato (Robertson & Campanella 1983) $E_y(25) - E_y(50)$

CPT nr. 5

Prof.	Litologia	P_{uv} (t/m ³)	P_{uvS} (t/m ³)	C_u (Kg/cm ²)	M_o (Kg/cm ²)	F_i (°)	E_y (Kg/cm ²)
0,8	Argilla inorganica molto compatta	2,0	2,1	1,3	78,3	--	--
4,0	Argilla inorganica compatta	1,9	2,0	0,9	105,6	--	--
5,0	Sabbie	1,8	2,1	--	82,7	38	110,2
7,6	Argilla inorganica compatta	1,9	2,0	0,7	81,6	--	--
8,8	Argilla inorganica molto compatta	2,0	2,1	1,4	85,5	--	--

15,0	Argille sabbiose e limose	2,2	2,2	3,3	197,1	33	131,4
CPT nr. 6							
Prof.	Litologia	Puv (t/m ³)	PuvS (t/m ³)	Cu (Kg/cm ²)	Mo (Kg/cm ²)	Fi (°)	Ey (Kg/cm ²)
4,8	Argilla inorganica compatta	1,9	2,0	0,9	105,6	--	--
5,6	Sabbie	1,8	2,1	--	73,2	37	97,6
9,0	Argilla inorganica compatta	1,9	2,0	0,9	106,8	--	--
15,0	Argille sabbiose e limose	2,2	2,2	3,1	184,5	33	123,0

Dall'esame delle prove penetrometriche eseguite emerge che la zona oggetto d'indagine è caratterizzata da un sottosuolo costituito da terreni prevalentemente coesivi, argilloso - limosi e argilloso - sabbiosi, con una intercalazione sabbiosa.

Sulla base dei risultati ottenuti al di sotto del suolo, si possono riconoscere, in modo schematico, quattro strati principali:

- il primo strato, compreso tra il piano campagna e -4,5 m di profondità, è costituito da materiale prevalentemente argilloso; lo strato è caratterizzato da parametri di resistenza meccanica mediocri, con Rp medio pari a 10,25 Kg/cm² (Rp min: 7; Rp max: 22)
- il secondo strato, compreso tra -4,5 m e -5,3 m di profondità, è costituito da sabbie; lo strato è caratterizzato da parametri di resistenza meccanica buoni, con Rp medio pari a 18,6 Kg/cm² (Rp min: 8; Rp max: 34);
- il terzo strato, compreso tra -5,3 m e -9 m di profondità, è costituito nuovamente da materiale prevalentemente argilloso con parametri di resistenza meccanica mediocri: Rpm è pari a 9,25 Kg/cm² (Rp min: 5; Rp max: 23)
- il quarto strato, compreso tra -9 m e -15 m di profondità, è costituito da materiale prevalentemente argilloso - sabbioso e argilloso - limoso, con resistenza meccanica molto buona, con Rp medio pari a 31 Kg/cm² (Rp min: 16; Rp max: 56).

In occasione della campagna geognostica è stato possibile misurare la profondità della falda freatica presente nell'area, con valori variabili pari a circa -1,8 m dal piano campagna.

4.5 Caratteristiche sismiche dei terreni - Comparti AN. 1/I e AN. 2/I nord

Il PSC comunale individua in superficie, terreni a prevalente componente limosa; la geomorfologia indica la presenza di un dosso di pianura, verosimilmente composto, in profondità, anche da alternanze di livelli sabbiosi.

Dalla ricostruzione stratigrafica ricavata dall'elaborazione delle recenti prove penetrometriche effettuate all'interno dei due Comparti, risulta la presenza di terreni a

prevalente componente argillosa per tutti i 15 m indagati, con un sottile livello sabbioso da circa 4,5 a 5,3 metri ed argille sabbiose e limose tra 9 e 15 m.

Tale contesto stratigrafico - morfologico induce a non escludere la possibilità di liquefazione, specialmente in corrispondenza del seppur sottile livello sabbioso, vista anche la presenza della falda superficiale molto prossima al piano campagna (-1,8 m).

L'indagine geofisica MASW (Multichannel Analysis of Seismic Waves) ha restituito un valore di V_{s30} pari a **178 m/sec**, che inserisce il terreno di fondazione all'interno della classe D - *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{S30} inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).*

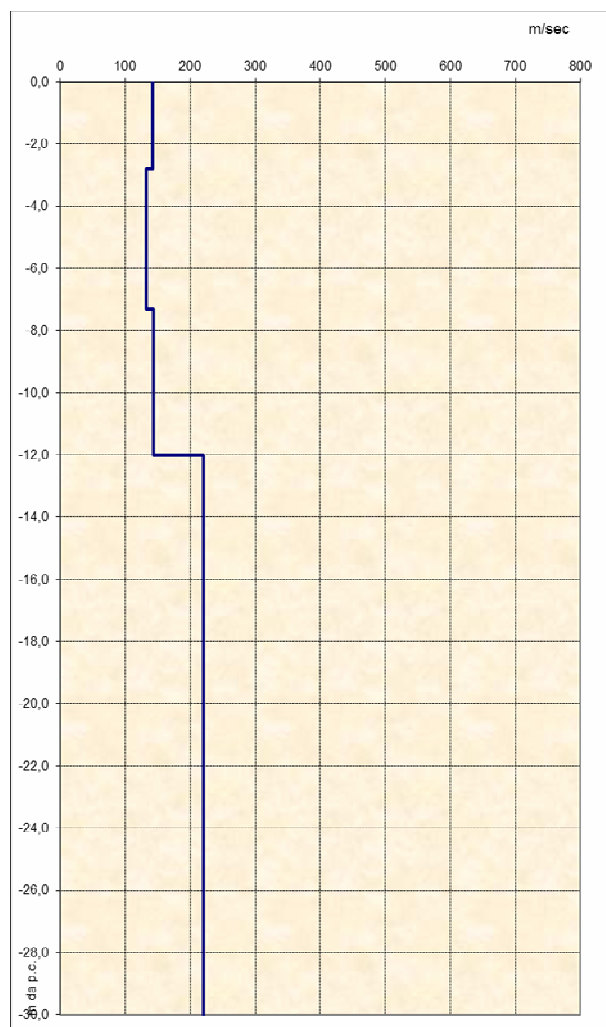
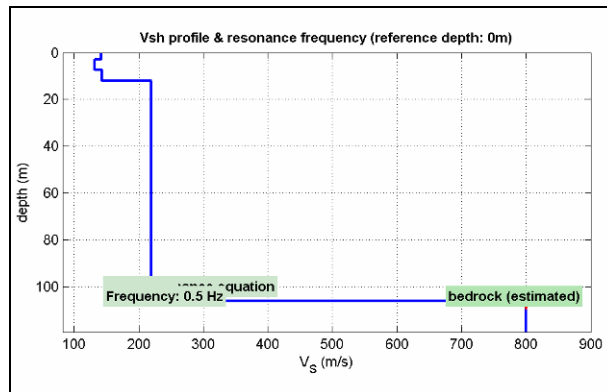


Diagramma velocità V_s /profondità

Dall'interpolazione dei risultati dell'indagine MASW e dell'acquisizione HVSR è stata stimata la profondità del bedrock sismico come riportato nel seguente diagramma:



Stima della Profondità del Bedrock Sismico

I coefficienti di amplificazione relativi al profilo stratigrafico presente all'interno del Comparto, così come da DAL RER 112/2007, relativamente all'ambito PIANURA 2, sono i seguenti:

F.A PGA:	1.5
F.A. Intensità spettrale - $0.1s < T_0 < 0.5s$:	1.8
F.A. Intensità spettrale - $0.5s < T_0 < 1s$:	2.5

E' stata inoltre eseguita la **verifica a liquefazione** dei suoli incoerenti utilizzando il Metodo di Robertson e Wride 1997 - C.N.R. - GNDT - coefficiente di sicurezza relativo alle varie zone sismiche I-I-III-IV cat.

Nel caso in esame è stata eseguita la verifica a liquefazione facendo riferimento all'accelerazione sismica massima (g) = 0,15 prevista per il territorio comunale, ad una magnitudo del sisma pari a 5.5, ad una profondità della falda pari a 1,8 m e ad una correzione per la magnitudo (MSF) pari a 2,21.

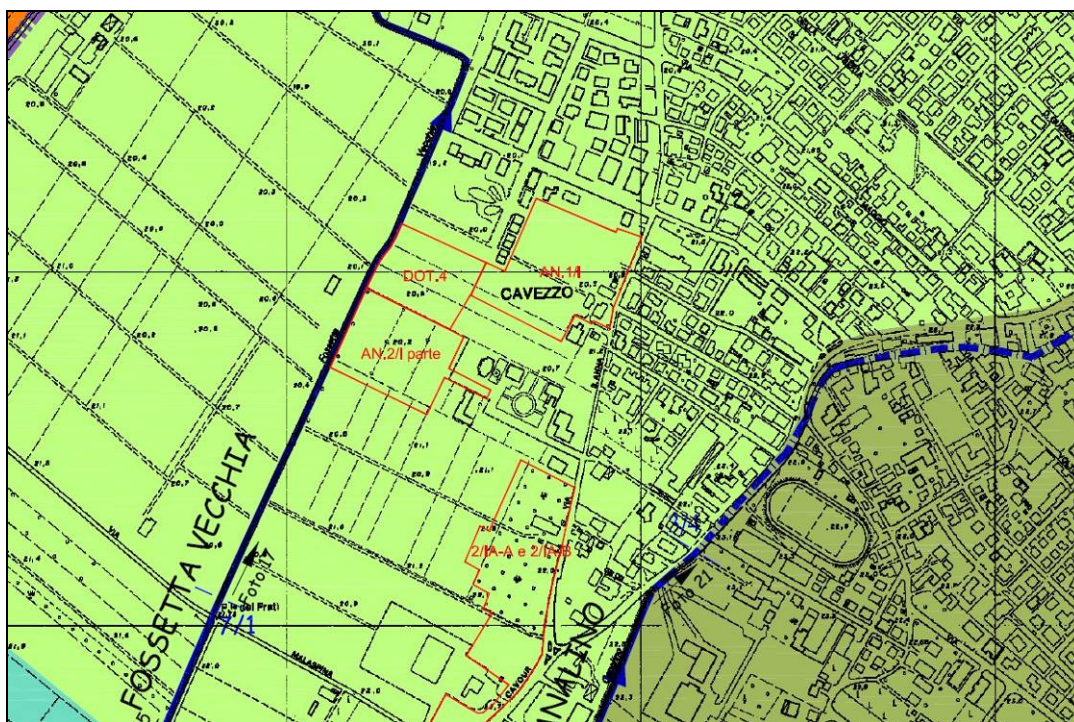
La liquefazione è in relazione al **coefficiente di sicurezza** nel seguente modo:

- $F_s \geq 1,25$	LIQUEFAZIONE ASSENTE
- $1,0 < F_s < 1,25$	LIQUEFAZIONE POSSIBILE
- $F_s < 1$	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE

In tutti gli strati indagati, e in particolar modo nel livello sabbioso, i valori di F_s sono risultati molto maggiori di 1,25 (circa intorno a 3), restituendo, pertanto, un rischio di liquefazione molto basso.

4.6 Idrografia superficiale ed officiosità idraulica del reticolo idrografico minore

Per gli aspetti idrografici principali si rimanda a quanto già detto al capitolo 1.7.
 L'area in cui sono ubicati i due Comparti appartiene al bacino idrografico della Fossetta Vecchia (Fig. 36), un fosso ad uso promiscuo (scolo ed irriguo) che ha origine poco a sud del capoluogo, per proseguire poi verso nord oltre il confine comunale; come segnalato nelle schede tecniche a corredo del PSC, è interessante notare come il corso d'acqua, nel tratto a nord della Via I° Maggio, benché ricevente parte delle acque provenienti dal depuratore comunale, presenta comunque discrete caratteristiche ambientali.



Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5.000

- Fiume Secchia
- Impianto di sollevamento
- Area con impianto pluvirriguo
- Canali ad uso irriguo
- Canali ad uso promiscuo
- Canali di scolo
- Ubicazione sezioni
- Chiuse principali
- Punti di ripresa fotografica
- Bacini idrografici



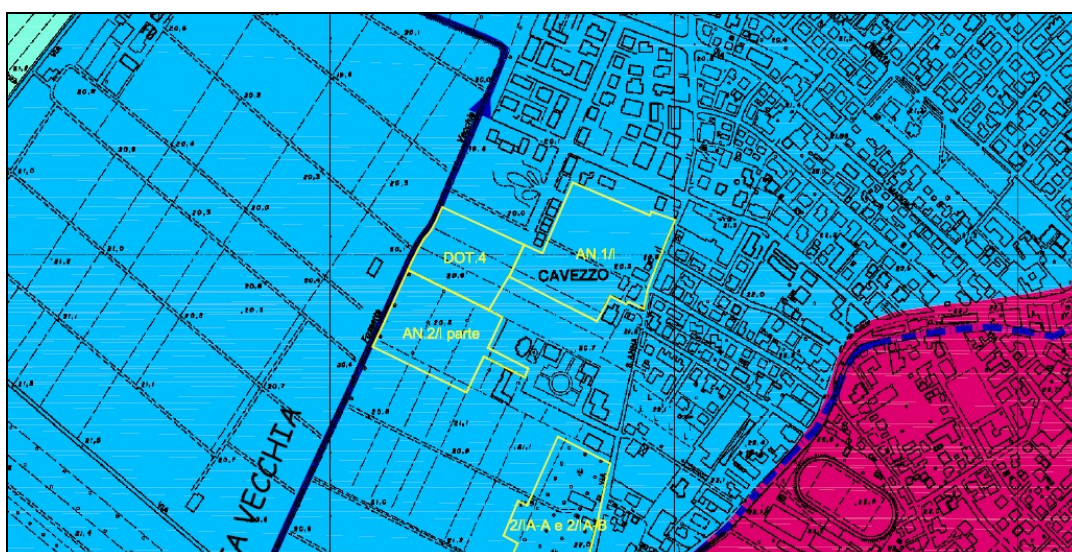
Comparti AN.1/I e AN.2/I parte

FIG. 36 - Idrografia superficiale (Estratto Tav. 1-11 - PSC Comune di Cavezzo).

Se per quanto riguarda il sistema irriguo-scolante, l'area in cui sono ubicati i Comparti fa riferimento al solo sistema idrografico minore, per gli accenni in merito alla valutazione sull'esondabilità del territorio, che riguarda più prettamente il fiume Secchia, si rimanda a quanto già detto al capitolo 1.7.

Con riferimento alla "Carta della criticità e della pericolosità idraulica" del PTCP 2009 (Tav. 2.3.1) della Provincia di Modena, il Comparto in esame si colloca su un paleodosso di accertato interesse.

Per quanto riguarda le verifiche sulla capacità idraulica di smaltimento delle portate di piena che si producono sul territorio di Cavezzo e che influenzano l'officiosità dei corsi d'acqua del reticolo idrografico superficiale, in Fig. 37 si riporta un estratto dell'elaborato 1.21. del PSC "Carico idraulico sui bacini extraurbani".



Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5.000



Comparti AN.1/I e
 AN.2/I parte

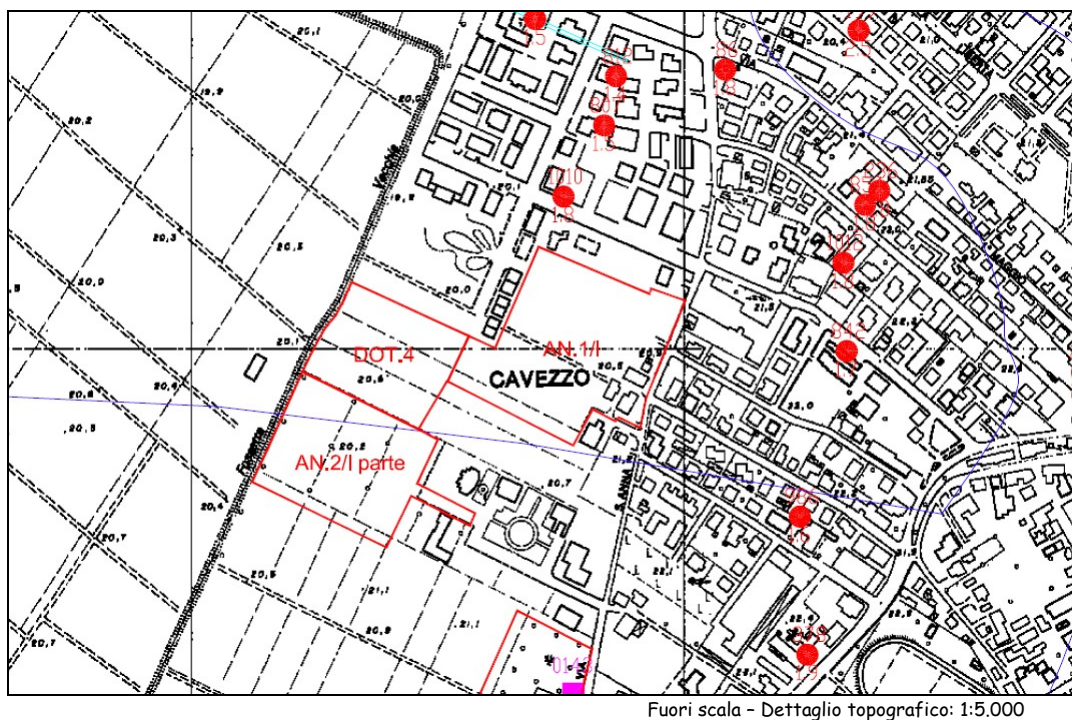
FIG. 37 - Carico idraulico sui bacini extraurbani (Estratto Tav. 1-21 - PSC Comune di Cavezzo).

Per quanto riguarda i Comparti in esame, si è detto che appartengono al bacino idrografico della Fossetta Vecchia sulla quale è stata eseguita la relativa verifica idraulica facendo riferimento alla sezione denominata 7/2.

Sulla base del calcolo della portata di verifica il bacino della Fossetta Vecchia rientra in CLASSE II, ovvero si configura come un bacino idrografico con un buon deflusso delle portate di piena, caratterizzato, cioè, da una buona possibilità di ricevere apporti idrici.

4.7 Idrogeologia e vulnerabilità naturale dell'acquifero superficiale

Nei due Comparti la falda superficiale si attesta a profondità di circa -2.0 m dal p.c. (Fig. 38), con quote piezometriche comprese tra 18.5 e 20 m s.l.m.



Soggiacenza - Isolinee principali (equidistanza ogni 2.0 m)

Soggiacenza - Isolinee secondarie (equidistanza ogni 0.5 m)

Pozzi misurati



Pozzo domestico superficiale



Pozzo extradomestico superficiale



Comparti AN.1/I e
AN.2/I parte

FIG. 38 - Soggiacenza della falda superficiale (Estratto Tav. 1-14A - PSC Comune di Cavezzo).

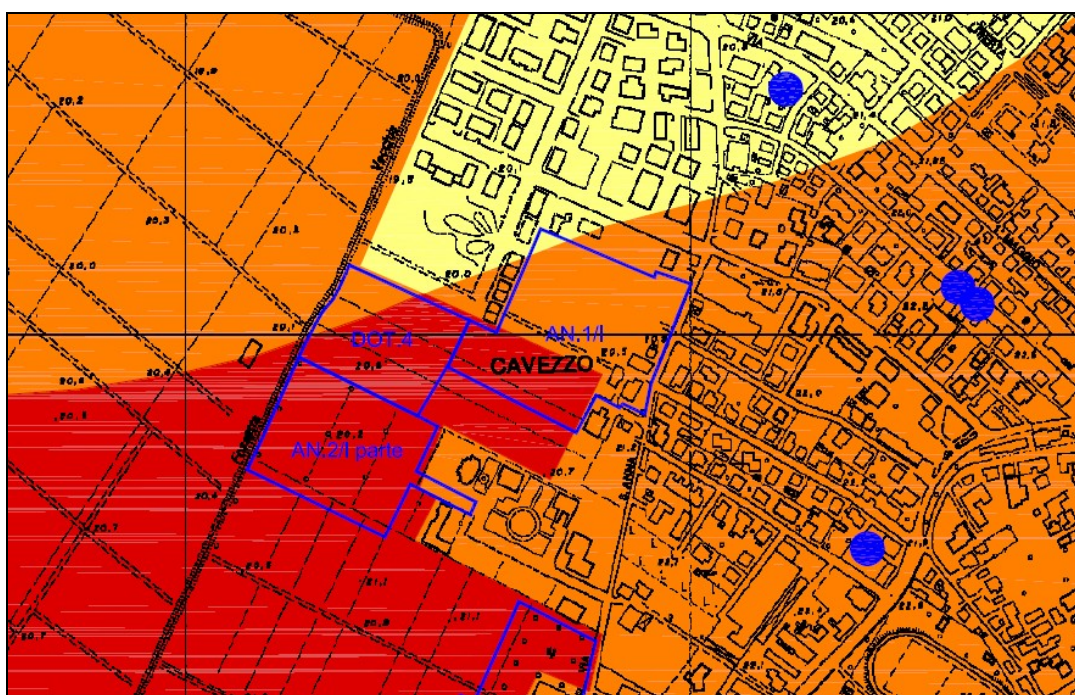
Per quanto riguarda le falde profonde, nell'area gli acquiferi significativi si sviluppano sempre a profondità discretamente elevate:

- intorno ai 30-40 m dal p.d.c., si rilevano intercalazioni significative di sabbie fini e medie, in cui si può individuare un primo acquifero captato da diversi pozzi presenti sul territorio comunale;

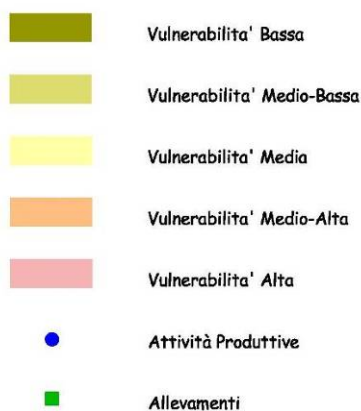
- oltre i 50 m, dove s'individua un secondo acquifero, abbondantemente sfruttato, specialmente per scopi produttivi; non si segnalano tuttavia sul territorio comunale pozzi utilizzati ad uso acquedottistico.

In corrispondenza delle due prove penetrometriche statiche nr. 5 e nr. 6 eseguite per il POC3, la falda è stata intercettata a -1.8 m dal p.d.c.

Con riferimento infine all'elaborazione eseguita dal PSC della "Vulnerabilità naturale dell'acquifero superficiale" di cui in Fig. 39 si riporta un estratto, i Comparti si collocano in un'area a grado di vulnerabilità dell'acquifero superficiale variabile da Medio-Alta ad Alta, in rapporto principalmente alle caratteristiche litologiche ed alla capacità di attenuazione del suolo, presenti nell'area.



Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5.000



Comparti AN.1/I e
 AN.2/I parte

FIG. 39 - Vulnerabilità naturale dell'acquifero superficiale (Estratto Tav. 1-15 - PSC Comune di Cavezzo).

4.8 Sintesi e fattibilità progettuale

Per quanto riguarda la **litologia** di superficie e la **geomorfologia**, i COMPARTI AN.1/I e AN.2/I PARTE sono ubicati in un'area caratterizzata da una litologia superficiale a prevalente percentuale sabbiosa ed al margine eterno di una zona cartografata come "area morfologicamente depressa", particolarmente sensibile ai fini idraulici, in cui non solo eventi alluvionali, ma anche eventi meteorici intensi possono generare difficoltà di drenaggio superficiale, con conseguenti ristagni d'acqua.

Per quanto riguarda la **stratigrafia**, dall'esame della prova penetrometrica eseguita emerge che la zona è caratterizzata da un sottosuolo costituito da terreni prevalentemente coesivi, argilloso - limosi e argilloso - sabbiosi, con una intercalazione sabbiosa.

Le **caratteristiche geotecniche** dei terreni risultano mediamente mediocri, con valori medi di resistenza meccanica che, entro i primi 4.0 metri di profondità, risultano pari a circa 9.0 kg/cm². Nei livelli sottostanti (da -4 a -10 m), i valori di resistenza aumentano fino a raggiungere 17,8 kg/cm² (nella CPT nr. 5), in parziale disaccordo con le elaborazioni del PSC che davano una progressiva diminuzione dei valori, almeno per quanto riguarda il Comparto AN.1/I.

Dal punto di vista **sismico**, il terreno possiede una V_{s30} pari a 178 m/sec, un bedrock sismico a profondità superiori a 100 m e fattori di amplificazione sismica pari a:

F.A. PGA:	1.5
F.A. Intensità spettrale - $0.1s < T_0 < 0.5s$:	1.8
F.A. Intensità spettrale - $0.5s < T_0 < 1s$:	2.5

La verifica a liquefazione dei livelli a prevalente percentuale sabbiosa ha restituito un rischio sempre molto basso.

Per quanto riguarda l'**idrografia** e l'**ufficiosità del reticolo idrografico minore**, i Comparti appartengono al bacino idrografico della Fossetta Vecchia, un fosso ad uso promiscuo (scolo ed irriguo) che ha origine poco a sud del capoluogo e che, nel tratto prossimo ai Comparti, presenta discrete caratteristiche ambientali.

Per quanto riguarda l'**ufficiosità del reticolo idrografico minore**, con riferimento alla "Carta della criticità e della pericolosità idraulica" del PTCP 2009 (Tav. 2.3.1) della Provincia di Modena, i Comparti in esame si collocano su un paleodosso di accertato interesse. Sulla base del calcolo della portata di verifica, il bacino della Fossetta Vecchia si configura come un bacino idrografico con un buon deflusso delle portate di piena, caratterizzato, cioè, da una buona possibilità di ricevere apporti idrici.

In conclusione, considerate le analisi geotecniche e sismiche, si considera idoneo l'inserimento dell'area all'interno del POC3, riservando alla fase attuativa l'approfondimento delle analisi geotecniche, soprattutto in relazione alla presenza, nei primi 4 m, di terreni con caratteristiche di resistenza mediocri. Non si ritengono necessari ulteriori approfondimenti della risposta sismica locale, per la definizione dei coefficienti di amplificazione litologica, e del rischio liquefazione, mentre alla fase attuativa è affidata la verifica dei cedimenti post-sismici.

Considerate le analisi del reticolo idrografico e minore, attenzione dovrà essere riservata alla corretta gestione delle acque bianche e nere, prevedendo, laddove fattibile, l'utilizzo di reti separate e, in particolare per le nere, l'utilizzo di tubature a perfetta tenuta. Al fine di preservare le attualmente buone condizioni idrauliche, si rendono necessari interventi volti alla riduzione dei deflussi superficiali delle acque di prima pioggia, quali vasche di laminazione e/o parziale riutilizzo in loco delle acque di gronda, laddove ritenute non inquinate.

5 COMPARTO AN. 2 IV - STRALCIO OVEST

5.1 Descrizione dell'intervento

Il comparto proposto occupa una superficie territoriale di circa **34.462 mq**; è compreso in ambito per "Aree urbanizzabili per funzioni prevalentemente residenziali di nuova previsione (AN.2).

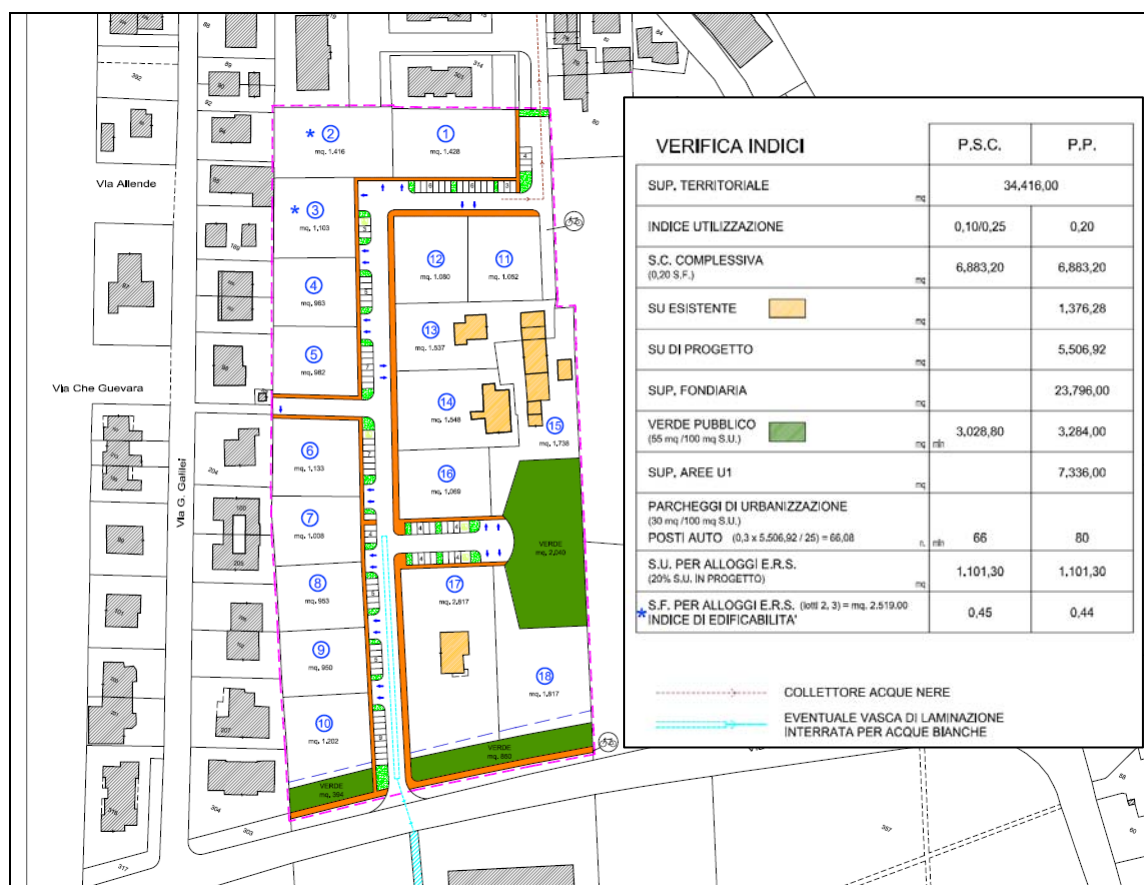
I riferimenti catastali sono i seguenti: Foglio 26 mapp.li: 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 116, 282, 333, 335, 339, 366.

Il Comparto è attuato in applicazione di uno specifico accordo ai sensi dell'art. 18 della LR 20/2000 stipulato in data 26/03/2011.

L'indice Ut è confermato in 2000 mq/ha.

La SU complessiva ammessa è di mq 6.883,20 cui mq 1376,28 di esistente, mq 1101,30 in aree destinate a PEEP, mq 4.405 in progetto privata.

L'attuazione è prevista con un unico PUA.



5.2 Litologia di superficie

La litologia di superficie, che caratterizza il terreno alla profondità di circa un metro dal piano campagna, escludendo il suolo ed il terreno vegetale superficiale, è uniforme su tutto il comparto e caratterizzata dalla presenza di terreni a prevalente percentuale sabbiosa.

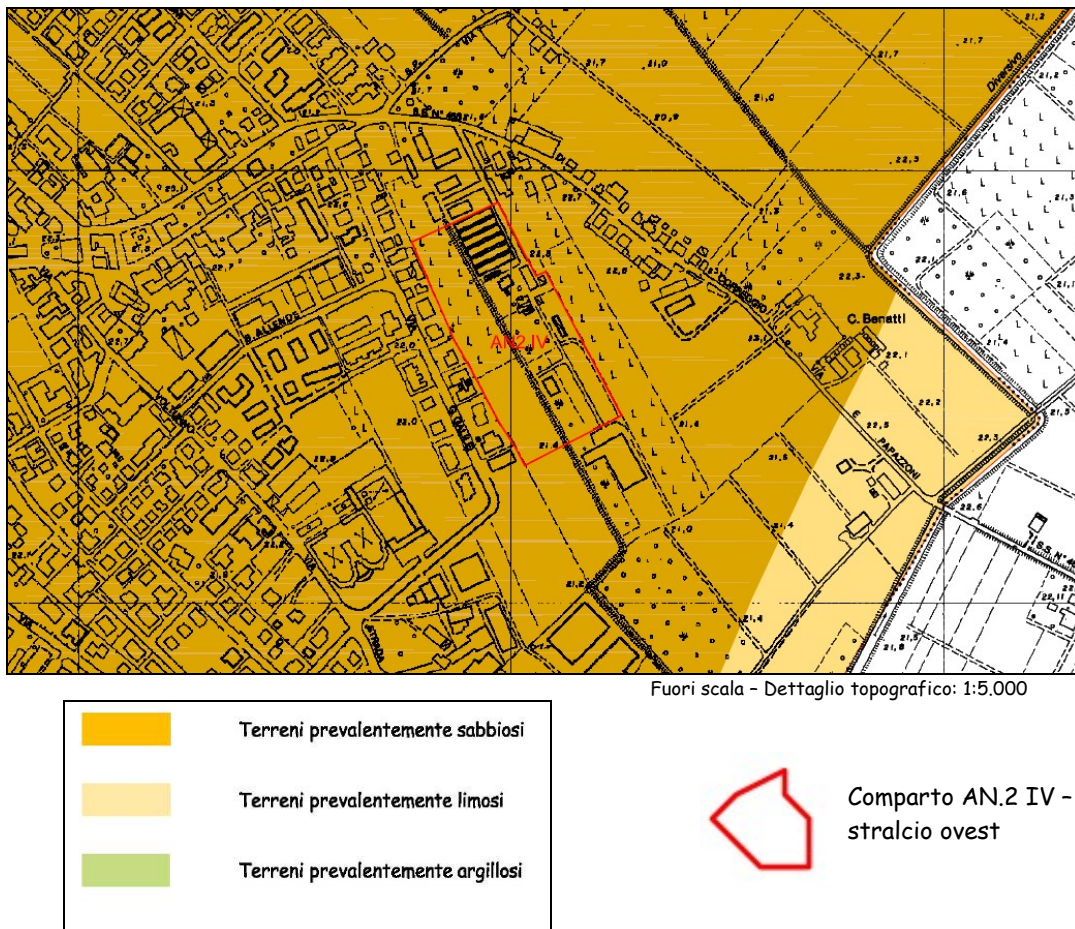


FIG. 40 - Litologia di superficie (Estratto Tav. 1-9 - PSC Comune di Cavezzo).

5.3 Geomorfologia

Il Comparto si sviluppa in un'area sub-pianeggiante, con quote medie di 21,5 m s.l.m., in corrispondenza di un dosso di pianura, al margine meridionale di un paleoalveo e in prossimità di una linea di displuvio principale (a sud). Tale contesto morfologico, individuato mediante l'elaborazione modellizzata delle quote del terreno naturale e l'osservazione di fotografie aeree, risulta particolarmente importante a fini idraulici, favorendo l'infiltrazione delle acque nonché rappresentando, a livello locale, ostacolo ad eventuali esondazioni fluviali.

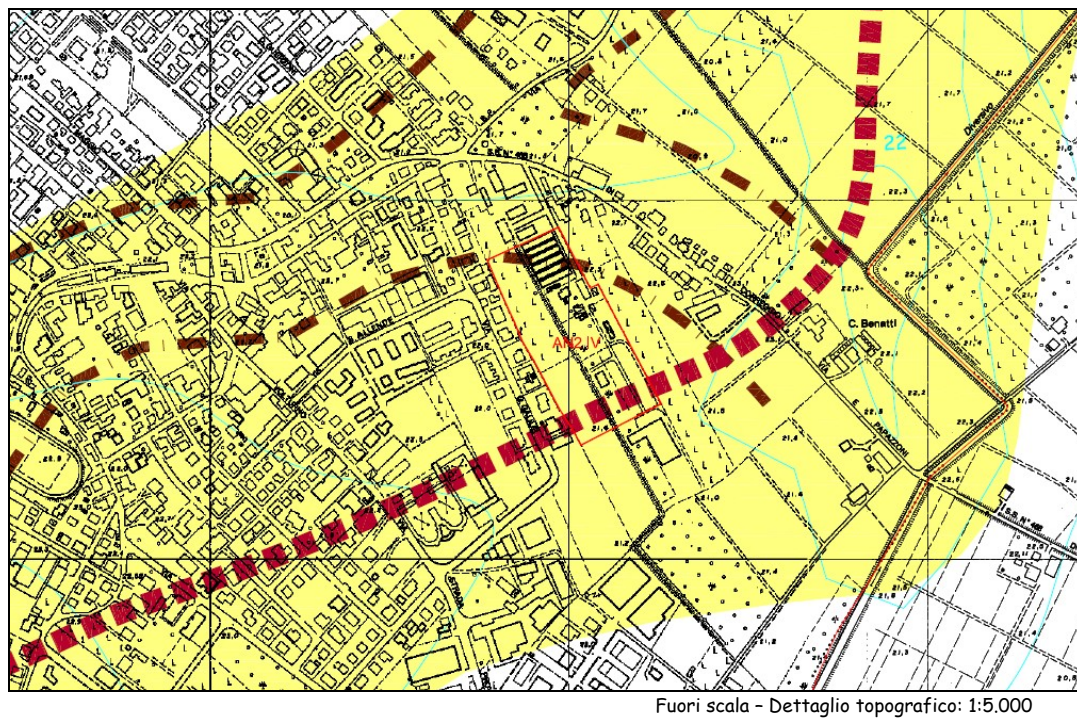
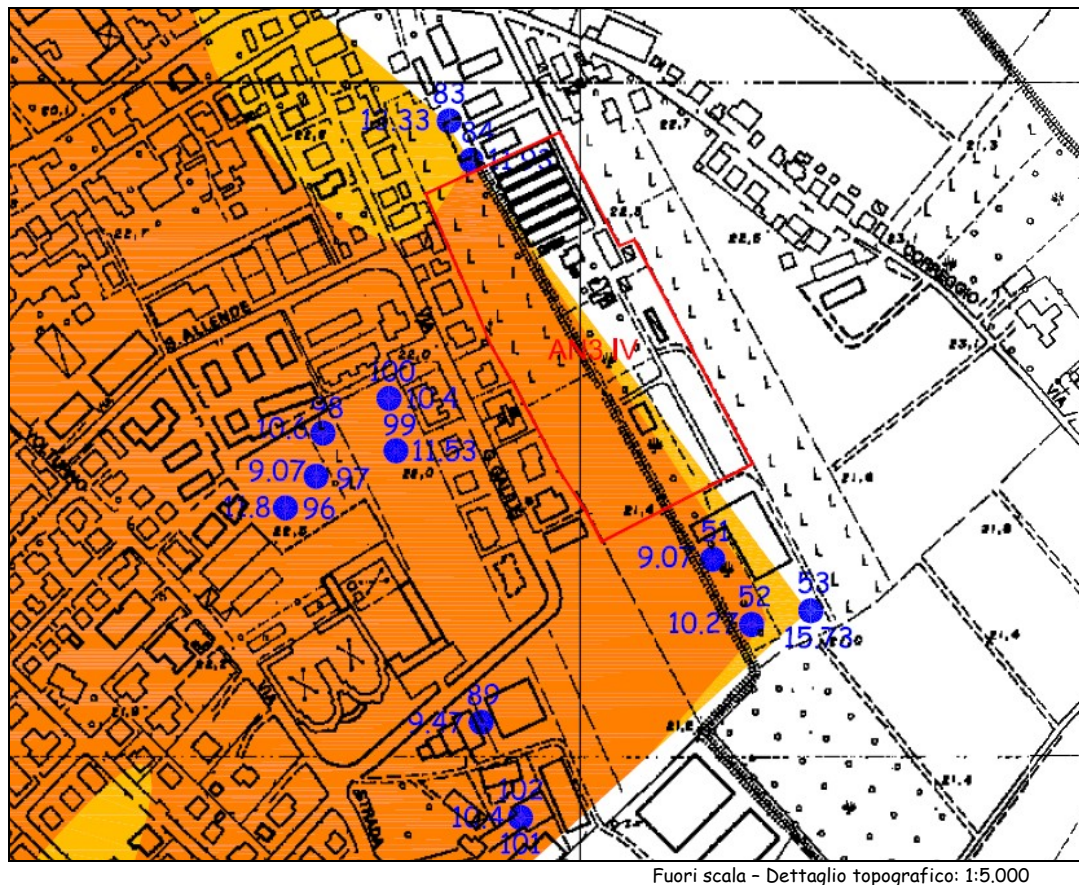


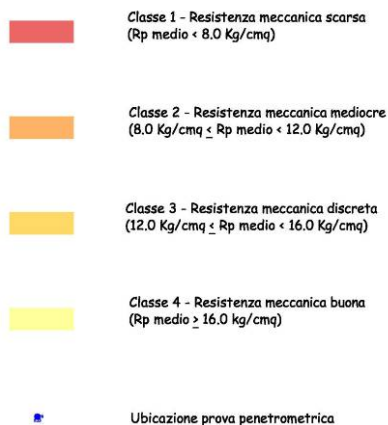
FIG. 41 - Geomorfologia (Estratto Tav. 1-10 - PSC Comune di Cavezzo).

5.4 Resistenza meccanica dei terreni

L'elaborazione relativa alle Tav. 1.19A e 1.19B del PSC intercetta la metà occidentale della superficie del Comparto, nonostante la presenza di dati penetrometrici d'archivio sia solamente prossima ai margini settentrionale e meridionale.



Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5.000



Comparto AN.2 IV - stralcio ovest

FIG. 42 - Resistenza meccanica del terreno (Elab. Rp medio 1° strato 1-4 m) - (Estratto Tav. 1-19A - PSC Comune di Cavezzo).

Con riferimento agli elaborati suddetti, la caratterizzazione geotecnica dei terreni del primo sottosuolo in termini di resistenza meccanica, era stata condotta attraverso l'analisi di prove penetrometriche esistenti, tutte spinte sino alla profondità di 10.0 m dal p.d.c.; tale spessore, una volta escluso il primo metro di terreno superficiale, era stato suddiviso in tre intervalli dello spessore di 3.0 m ciascuno, utili al fine della costruzione della carta e descrittivi ai fini geotecnici:

- intervallo 1) da 1.0 m a 4.0 m
- intervallo 2) da 4.0 m a 7.0 m
- intervallo 3) da 7.0 m a 10.0 m

L'elaborazione automatica (carta della "Resistenza meccanica del terreno" - tavola 1.19A) era stata eseguita utilizzando i valori di R_p medio riferiti al primo strato di terreno compreso tra 1.0 e 4.0 metri di profondità, in quanto direttamente interessato, nella maggior parte dei casi, dalle più comuni opere di fondazione, pur non essendo comunque stati trascurati gli strati sottostanti.

In Fig. 42 si riporta un estratto dell'elaborato 1.19A del PSC, nel quale si evidenzia come il comparto risulti caratterizzato (per la parte elaborata), entro i primi 4.0 m di profondità, dalla presenza di terreni ricadenti in classe 2, ovvero terreni con valori di resistenza meccanica mediocre (R_p medio compreso tra 8.0 e 12.0 Kg/cm²); una sottile fascia marginale risulta invece caratterizzata da valori discreti, sebbene la condizione "periferica" dei dati utilizzati nell'elaborazione non ne garantisca un'alta attendibilità spaziale.

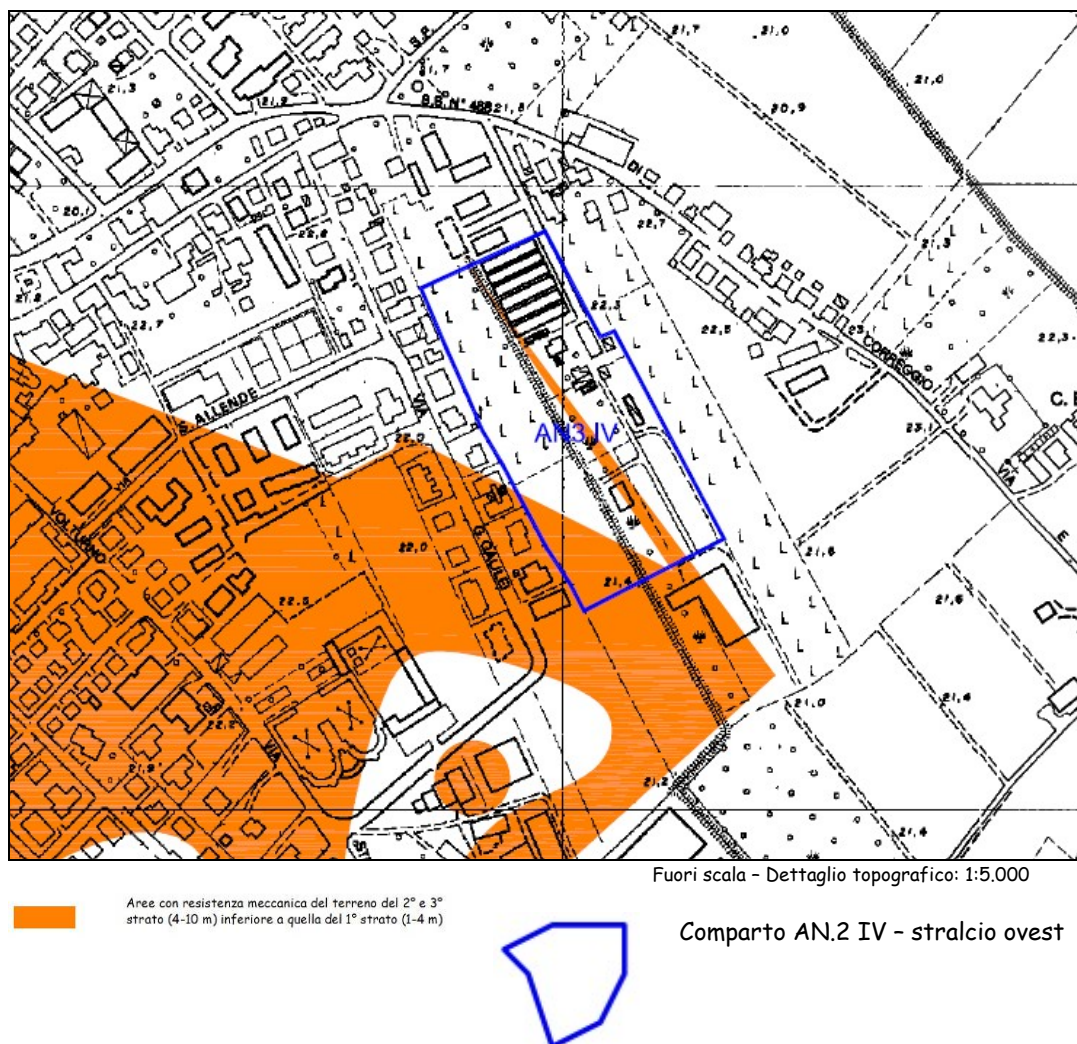


FIG. 43 - Resistenza meccanica del terreno (Elab. R_p medio 2° e 3° strato (4-10 m) < R_p medio 1° strato 1-4 m) - (Estratto Tav. 1-19B - PSC Comune di Cavezzo).

Con riferimento all'elaborato 1.19B "Aree con resistenza meccanica del terreno del 2° e 3° strato (4-10 m) inferiore a quella del 1° strato (1-4 m)" del PSC comunale (Fig. 43), l'area del comparto, risulta inoltre contraddistinta, in minima parte, da terreni con caratteristiche meccaniche scadenti anche in profondità, con valori di resistenza meccanica media che, per gli strati compresi tra 4.0 e 10.0 m, risultano inferiori ai valori di R_p medio del primo strato.

Per completare la caratterizzazione geotecnica dei terreni del primo sottosuolo presenti entro il comparto in esame, i dati esistenti sono stati implementati attraverso l'esecuzione di due prove penetrometriche statiche spinte sino alla profondità di 15.0 m dal piano campagna.

L'ubicazione delle prove viene riportata nella figura seguente (Fig. 44), mentre i relativi diagrammi delle resistenze vengono riportati in Allegato in coda alla presente relazione.

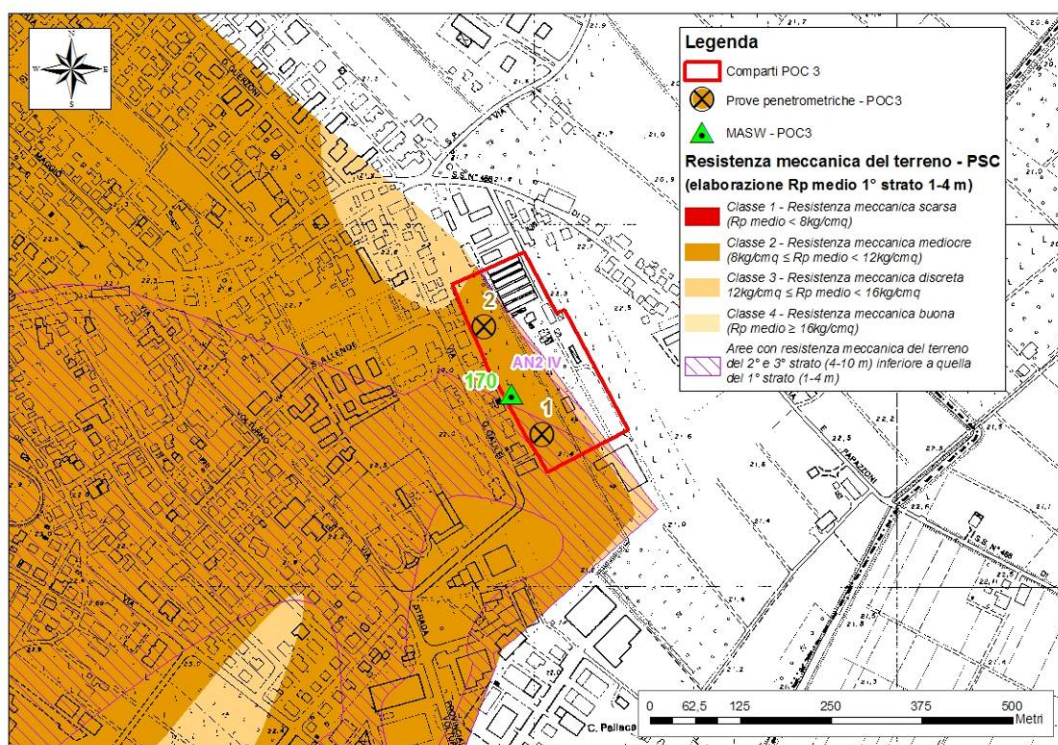


FIG. 44 - Ubicazione sondaggi geognostici eseguiti per il POC3.

Le due prove eseguite sono state elaborate, in analogia con l'elaborazione svolta nel PSC, considerando i primi 10.0 m di profondità, escludendo il primo metro di terreno superficiale e suddividendo il restante spessore in tre intervalli, per ognuno dei tre strati è stato valutato il valore di R_p medio.

	R_p medio CPT nr. 1	R_p medio CPT nr. 2
1°STRATO (1-4 m)	10.7 Kg/cm ²	13.1 Kg/cm ²
2°STRATO (4-7 m)	9.7 Kg/cm ²	8.53 Kg/cm ²
3°STRATO (7-10 m)	8.4 Kg/cm ²	9.73 Kg/cm ²

In analogia con i dati già elaborati, le tre prove di nuova esecuzione evidenziano caratteristiche geotecniche dei terreni mediamente mediocri, con valori medi di resistenza meccanica che, entro i primi 4.0 metri di profondità, risultano pari a circa 12.0 kg/cm². Procedendo con la profondità, per entrambe le verticali si riscontra un leggero decadimento dei valori di resistenza, come in parte prefigurato anche dall'elaborazione del PSC.

In corrispondenza dei punti di prova si è discretizzato il terreno indagato in livelli caratterizzati da valori di R_p e R_l relativamente costanti per tutto lo spessore dello strato. Infine, sono stati calcolati i principali parametri geotecnici medi associati agli strati utilizzando le correlazioni empiriche proposte da vari autori.

Legenda:

P_{uv} (t/m ³)	Peso dell'unità di volume del terreno.
C_u (kg/cm ²)	Coesione non drenata nei terreni coesivi. Per la valutazione approssimata della resistenza al taglio in condizioni non drenate si è utilizzata la relazione di De Beer.
F_i	Angolo di attrito interno efficace per terreni granulari. E' stata considerata la correlazione (Schmertmann, 1978) fra la densità relativa D_r , la resistenza alla punta R_p e la tensione efficace σ'_{vo} .
M_o (kg/cm ²)	Modulo di deformazione edometrico per terreni coesivi/granulari. Si fa riferimento alla relazione $M_o = \alpha R_p$ (Sanglerat, 1972 e AA.VV.). Il modulo di compressibilità volumetrica risulta l'inverso di M_o ($M_v = 1/M_o$).
E_y (Kg/cm ²)	Modulo di Young secante drenato (Robertson & Campanella 1983) $E_y(25) - E_y(50)$

CPT nr. 1

Prof.	Litologia	P_{uv} (t/m ³)	P_{uvS} (t/m ³)	C_u (Kg/cm ²)	M_o (Kg/cm ²)	F_i (°)	E_y (Kg/cm ²)
0,8	Argilla inorganica molto compatta	2,1	2,2	1,9	114,3	--	--
4,4	Argilla inorganica molto compatta	2,0	2,0	1,0	120,0	--	--
4,8	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	2,1	2,2	2,0	122,1	38,3	81,4
10,8	Argille sabbiose e limose	2,0	2,0	0,9	113,4	31,2	37,8
12,8	Argilla inorganica molto compatta	2,1	2,2	2,4	146,7	--	--
15	Sabbie addensate o cementate	1,9	2,2	--	308,0	42,2	410,6

CPT nr. 2

Prof.	Litologia	P _{uv} (t/m ³)	P _{uvS} (t/m ³)	C _u (Kg/cm ²)	M _o (Kg/cm ²)	Fi (°)	E _y (Kg/cm ²)
3,8	Argilla inorganica molto compatta	2,0	2,1	1,3	78,6	--	--
4,8	Sabbie	1,8	2,1	--	143,5	37	57,4
7,0	Argilla inorganica compatta	1,9	2,0	0,7	85,8	--	--
7,4	Sabbie	1,9	2,2	--	67,7	37	90,2
11,0	Argilla inorganica molto compatta	2,0	2,0	1,0	61,2	--	--
15,0	Argille sabbiose e limose	2,2	2,2	3,0	181,5	36	121,0

Dall'esame delle prove penetrometriche eseguite emerge che la zona oggetto d'indagine è costituita da terreni prevalentemente coesivi argilloso - limosi, con intercalazioni di livelli argilloso - sabbiosi e sabbiosi.

Sulla base dei risultati ottenuti al di sotto del suolo, si possono riconoscere, in modo schematico, 6 strati principali:

- il primo strato, compreso tra il piano campagna e -1,0 m di profondità, è costituito da suolo a natura prevalentemente argillosa, caratterizzato da parametri di resistenza meccanica buoni, con R_p medio pari a 16,6 Kg/cm² (R_p min: 12; R_p max: 23);
- il secondo strato, compreso tra -1,0 m e -4,8 m di profondità, è costituito da terreni a prevalente componente sabbiosa; lo strato è caratterizzato da parametri di resistenza meccanica mediocri, con R_p medio pari a 11,6 Kg/cm² (R_p min: 8; R_p max: 22);
- il terzo strato, compreso tra -4,8 m e -7 m di profondità, è costituito nuovamente da argille, con parametri di resistenza meccanica scadenti: R_{pm} è pari a 7,25 Kg/cm² (R_p min: 6; R_p max: 10);
- il quarto strato, compreso tra -7 m e -7,4 m di profondità, è un sottile livello sabbioso, probabilmente discontinuo arealmente poiché presente solo nella verticale nr. 2 ove è caratterizzato da parametri di resistenza meccanica molto buoni, con R_p medio pari a 22 Kg/cm²;
- il quinto strato, compreso tra -7,4 m e -11,8 m di profondità, è costituito ancora da materiale prevalentemente argilloso, con resistenza meccanica mediocre, con R_p medio pari a 11,75 Kg/cm² (R_p min: 6; R_p max: 22);
- il sesto strato, compreso tra -11,8 m e -15 m di profondità, è costituito da materiale prevalentemente argilloso - sabbioso e argilloso - limoso, con resistenza meccanica molto buona, con R_p medio pari a 55 Kg/cm² (R_p min: 18,5; R_p max: 82).

In occasione della campagna geognostica è stato possibile misurare la profondità della falda freatica presente nell'area, con valori variabili pari a circa -1,8 m dal piano campagna.

5.5 Caratteristiche sismiche dei terreni - Comparto AN.2 IV - stralcio ovest

Il PSC comunale individua in superficie, terreni a prevalente componente limosa; la geomorfologia indica la presenza di un dosso di pianura, verosimilmente composto, in profondità, anche da alternanze di livelli sabbiosi.

Dalla ricostruzione stratigrafica ricavata dall'elaborazione delle prove penetrometriche effettuate all'interno del Comparto, risulta la presenza di terreni a prevalente componente argillosa per tutti i 15 m indagati, con sottili livelli sabbiosi.

Tale contesto stratigrafico - morfologico induce a non escludere la possibilità di liquefazione, specialmente in corrispondenza dei livelli sabbiosi, vista anche la presenza della falda superficiale molto prossima al piano campagna (-1,8 m).

L'indagine geofisica MASW (Multichannel Analysis of Seismic Waves) ha restituito un valore di V_{s30} pari a **170 m/sec**, che inserisce il terreno di fondazione all'interno della classe D - *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).*

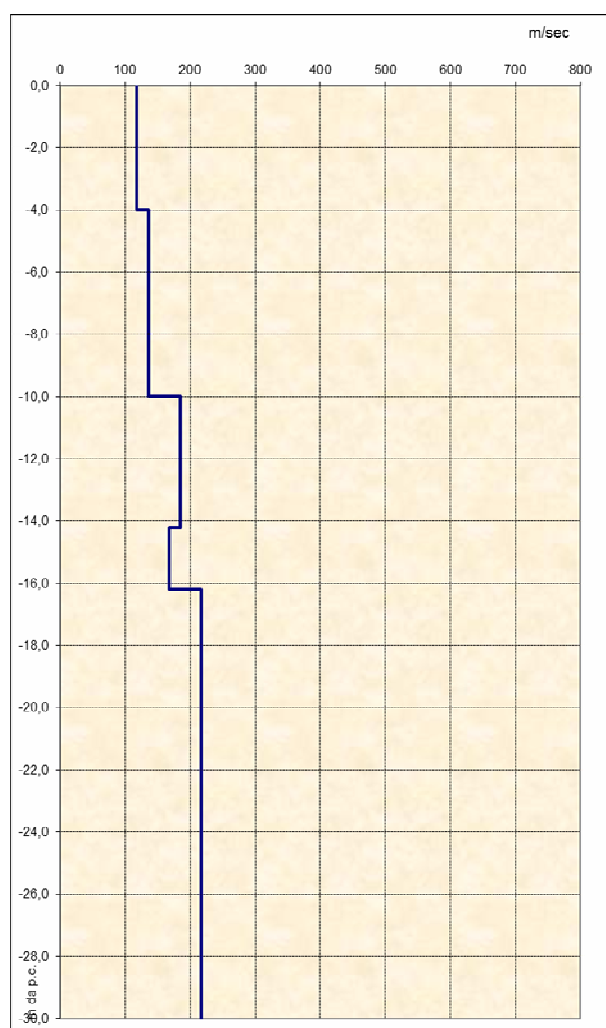
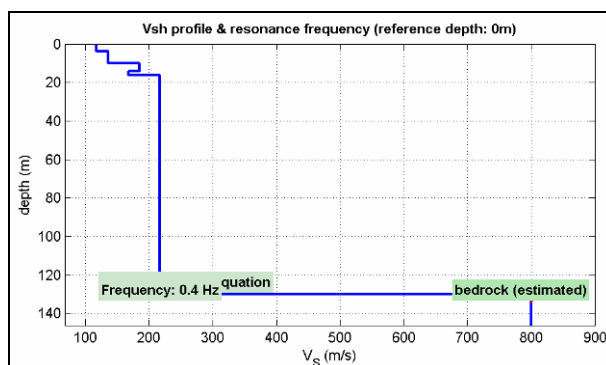


Diagramma velocità Vs/profondità

Dall'interpolazione dei risultati dell'indagine MASW e dell'acquisizione HVSR è stata stimata la profondità del bedrock sismico come riportato nel seguente diagramma:



Stima della Profondità del Bedrock Sismico

I coefficienti di amplificazione relativi al profilo stratigrafico presente all'interno del Comparto, così come da DAL RER 112/2007, relativamente all'ambito PIANURA 2, sono i seguenti:

F.A PGA:	1.5
F.A. Intensità spettrale - $0.1s < T_0 < 0.5s$:	1.8
F.A. Intensità spettrale - $0.5s < T_0 < 1s$:	2.5

E' stata inoltre eseguita la **verifica a liquefazione** dei suoli incoerenti utilizzando il Metodo di Robertson e Wride 1997 - C.N.R. - GNDT - coefficiente di sicurezza relativo alle varie zone sismiche I-I-III-IV cat.

Nel caso in esame è stata eseguita la verifica a liquefazione facendo riferimento all'accelerazione sismica massima (g)=0,15 prevista per il territorio comunale, ad una magnitudo del sisma pari a 5.5, ad una profondità della falda pari a 1,8 m e ad una correzione per la magnitudo (MSF) pari a 2,21.

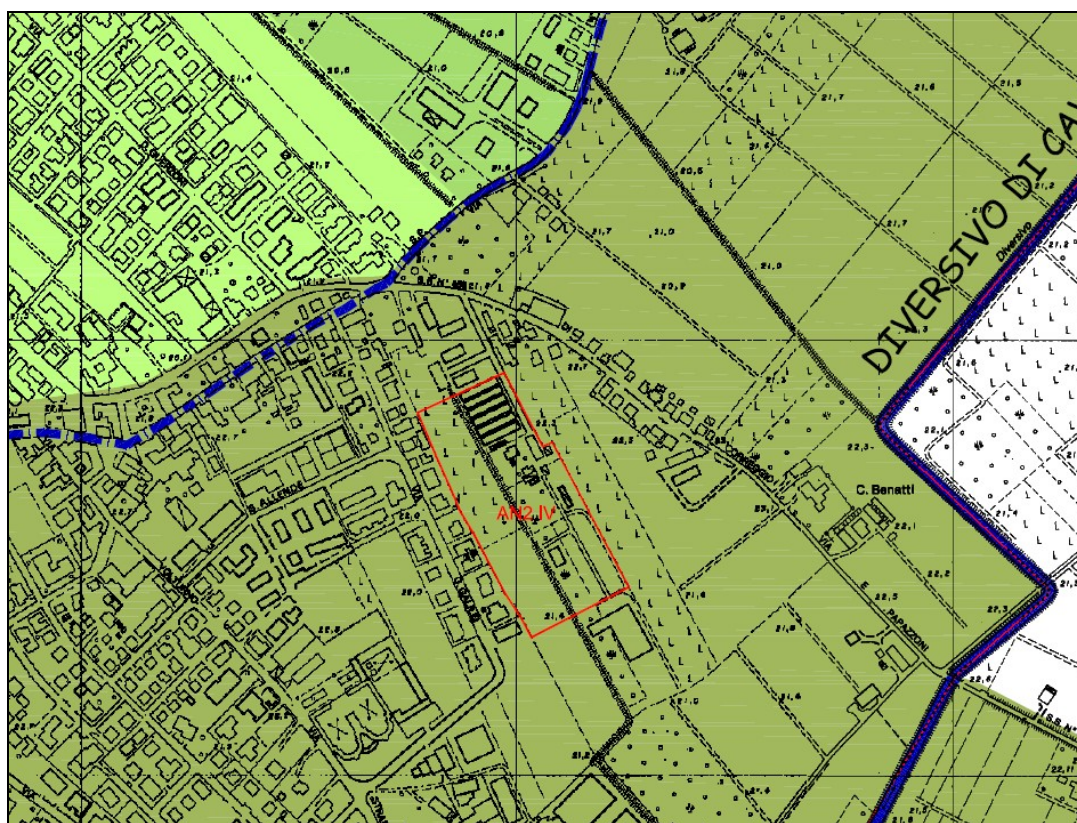
La liquefazione è in relazione al **coefficiente di sicurezza** nel seguente modo:

- $F_s \geq 1,25$	LIQUEFAZIONE ASSENTE
- $1,0 < F_s < 1,25$	LIQUEFAZIONE POSSIBILE
- $F_s < 1$	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE

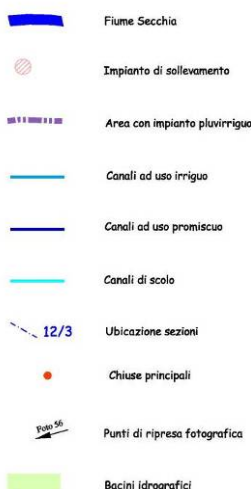
Negli strati con prevalente percentuale sabbiosa, i valori di F_s sono risultati molto maggiori di 1,25 nella verticale nr. 1, e compresi tra 1,8 e 3 nella verticale nr. 2, restituendo, pertanto, un rischio di liquefazione molto basso.

5.6 Idrografia superficiale ed officiosità idraulica del reticolo idrografico minore

Per gli aspetti idrografici principali si rimanda a quanto già detto al capitolo 1.7.
 L'area in cui è ubicato il Comparto appartiene al bacino idrografico del Diversivo di Cavezzo (Fig. 45), un canale ad uso promiscuo (scolo ed irriguo) che ha origine a sud del capoluogo, per proseguire poi verso nord-est oltre il confine comunale; come segnalato nelle schede tecniche a corredo del PSC, il corso d'acqua, nel tratto più prossimo al Comparto (sezione 1/5) presenta buone caratteristiche ambientali.



Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5.000



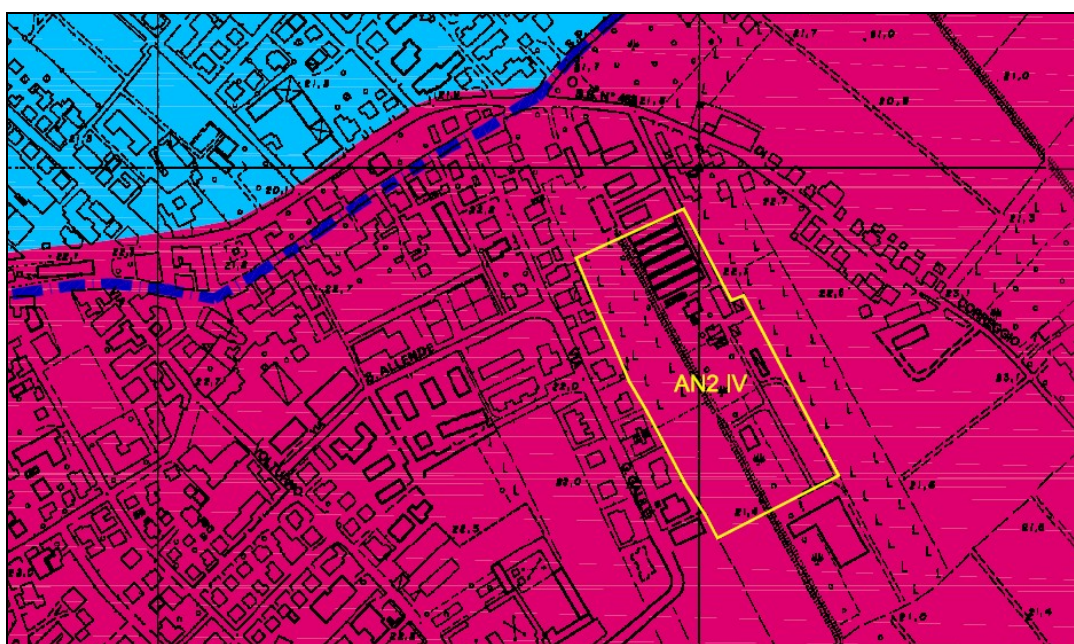
Comparto AN.2 IV - stralcio ovest

FIG. 45 - Idrografia superficiale (Estratto Tav. 1-11 - PSC Comune di Cavezzo).

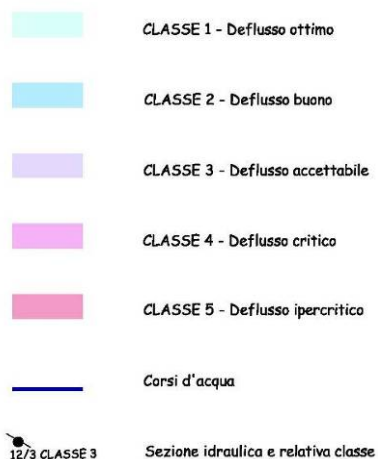
Se per quanto riguarda il sistema irriguo-scolante, l'area in cui è ubicato il Comparto fa riferimento al solo sistema idrografico minore, per gli accenni in merito alla valutazione sull'esondabilità del territorio, che riguarda più prettamente il fiume Secchia, si rimanda a quanto già detto al capitolo 1.7.

Con riferimento alla "Carta della criticità e della pericolosità idraulica" del PTCP 2009 (Tav. 2.3.1) della Provincia di Modena, il Comparto in esame si colloca su un paleodosso di accertato interesse.

Per quanto riguarda le verifiche sulla capacità idraulica di smaltimento delle portate di piena che si producono sul territorio di Cavezzo e che influenzano l'officiosità dei corsi d'acqua del reticolo idrografico superficiale, in Fig. 46 si riporta un estratto dell'elaborato 1.21. del PSC "Carico idraulico sui bacini extraurbani".



Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5.000



Comparto AN.2 IV -
 stralcio ovest

FIG. 46 - Carico idraulico sui bacini extraurbani (Estratto Tav. 1-21 - PSC Comune di Cavezzo).

Sulla base della elaborazione effettuata nel PSC, il bacino Diversivo di Cavezzo rientra in CLASSE V, ovvero si configura come un bacino idrografico con un deflusso ipercritico delle portate di piena, per cui si evidenzia la necessità inderogabile di interventi di riequilibrio idraulico.

5.7 Idrogeologia e vulnerabilità naturale dell'acquifero superficiale

Nel Comparto la falda superficiale si attesta a profondità variabili da -1.5 a -2.5 m dal p.c. (Fig. 47), con quote piezometriche comprese tra 20 e 20.5 m s.l.m.

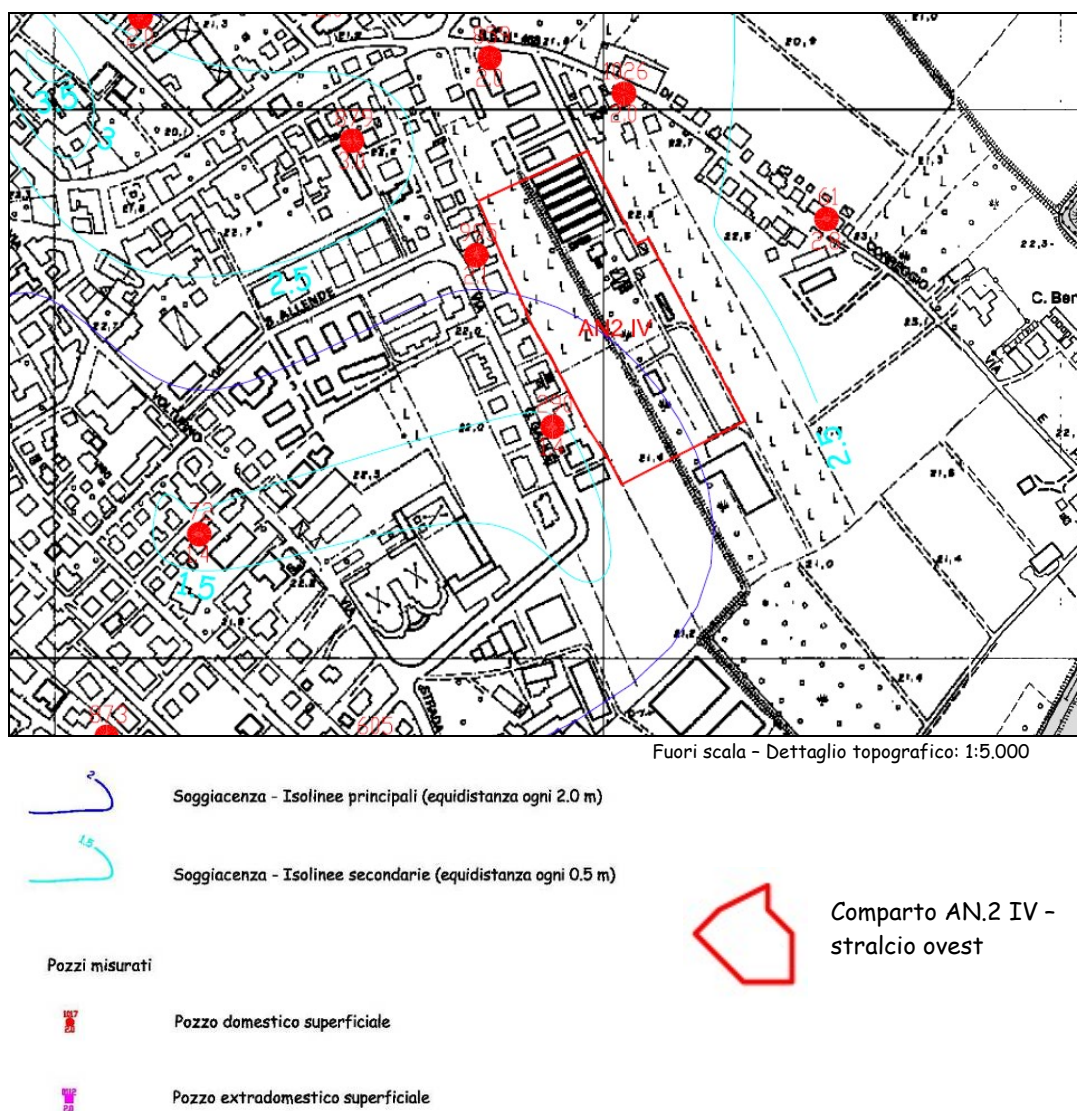


FIG. 47 - Soggiacenza della falda superficiale (Estratto Tav. 1-14A - PSC Comune di Cavezzo).

Per quanto riguarda le falde profonde, nell'area gli acquiferi significativi si sviluppano sempre a profondità discretamente elevate:

- intorno ai 30-40 m dal p.d.c., si rilevano intercalazioni significative di sabbie fini e medie, in cui si può individuare un primo acquifero captato da diversi pozzi presenti sul territorio comunale;

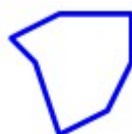
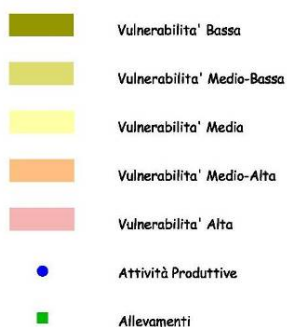
- oltre i 50 m, dove s'individua un secondo acquifero, abbondantemente sfruttato, specialmente per scopi produttivi; non si segnalano tuttavia sul territorio comunale pozzi utilizzati ad uso acquedottistico.

In corrispondenza delle due prove penetrometriche statiche nr. 1 e nr. 2 eseguite per il POC3, la falda è stata intercettata a -1.8 m dal p.d.c.

Con riferimento infine all'elaborazione eseguita dal PSC della "Vulnerabilità naturale dell'acquifero superficiale" di cui in Fig. 48 si riporta un estratto, il Comparto si colloca in un'area a grado di vulnerabilità dell'acquifero superficiale Medio-Alta, in rapporto principalmente alle caratteristiche litologiche ed alla capacità di attenuazione del suolo, presenti nell'area.



Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5.000



Comparto AN.2 IV - stralcio ovest

FIG. 48 - Vulnerabilità naturale dell'acquifero superficiale (Estratto Tav. 1-15 - PSC Comune di Cavezzo).

5.8 Sintesi e fattibilità progettuale

Per quanto riguarda la **litologia** di superficie e la **geomorfologia**, il COMPARTO AN.2 IV - STRALCIO OVEST è ubicato in un'area caratterizzata da una litologia superficiale a prevalente percentuale sabbiosa ed in corrispondenza di un dosso di pianura che favorisce l'infiltrazione delle acque e che rappresenta, a livello locale, ostacolo ad eventuali esondazioni fluviali.

Per quanto riguarda la **stratigrafia**, dall'esame della prova penetrometrica eseguita emerge che la zona è caratterizzata da un sottosuolo costituito da terreni prevalentemente coesivi argilloso - limosi, con intercalazioni di livelli argilloso - sabbiosi e, meno frequentemente, sabbiosi.

Le **caratteristiche geotecniche** dei terreni sono mediamente mediocri, con valori medi di resistenza meccanica che, entro i primi 4.0 metri di profondità, risultano pari a circa 12.0 kg/cm². Procedendo con la profondità, per entrambe le verticali si riscontra un leggero decadimento dei valori di resistenza, come in parte prefigurato anche dall'elaborazione del PSC.

Dal punto di vista **sismico**, il terreno possiede una V_{s30} pari a 170 m/sec, un bedrock sismico a profondità superiori a 100 m e fattori di amplificazione sismica pari a:

F.A PGA:	1.5
F.A. Intensità spettrale - $0.1s < T_0 < 0.5s$:	1.8
F.A. Intensità spettrale - $0.5s < T_0 < 1s$:	2.5

La verifica a liquefazione dei livelli a prevalente percentuale sabbiosa ha restituito un rischio sempre molto basso.

Per quanto riguarda l'**idrografia** e l'**officiosità del reticolo idrografico minore**, il Comparto appartiene al bacino idrografico del Diversivo di Cavezzo, un canale ad uso promiscuo (scolo ed irriguo) che ha origine a sud del capoluogo e che, nel tratto prossimo al Comparto, presenta buone caratteristiche ambientali.

Per quanto riguarda l'**officiosità del reticolo idrografico minore**, con riferimento alla "Carta della criticità e della pericolosità idraulica" del PTCP 2009 (Tav. 2.3.1) della Provincia di Modena, il Comparto in esame si colloca su di un paleodosso di accertato interesse. Sulla base della elaborazione effettuata nel PSC, il bacino Diversivo di Cavezzo si configura come un bacino idrografico con un deflusso ipercritico delle portate di piena, per cui si evidenzia la necessità inderogabile di interventi di riequilibrio idraulico.

In conclusione, considerate le analisi geotecniche e sismiche, si considera idoneo l'inserimento dell'area all'interno del POC3, riservando alla fase attuativa l'approfondimento delle analisi geotecniche, soprattutto in relazione alla presenza, nei primi 4 m, di terreni con resistenze meccaniche mediocri e, da 4 a 10 m, di terreni con caratteristiche di resistenza meccanica progressivamente più scadenti rispetto allo strato superficiale. Non si ritengono necessari ulteriori approfondimenti della risposta sismica locale, per la

definizione dei coefficienti di amplificazione litologica, e del rischio liquefazione, mentre alla fase attuativa è affidata la verifica dei cedimenti post-sismici.

Considerate le analisi del reticolo idrografico e minore, attenzione dovrà essere riservata alla corretta gestione delle acque bianche e nere, prevedendo, laddove fattibile, l'utilizzo di reti separate e, in particolare per le nere, l'utilizzo di tubature a perfetta tenuta. Al fine di limitare le già precarie condizioni idrauliche, si rendono necessari interventi volti alla riduzione dei deflussi superficiali delle acque di prima pioggia, quali vasche di laminazione e/o parziale riutilizzo in loco delle acque di gronda, laddove ritenute non inquinate.

ALLEGATI

Diagrammi prove CPT



Via AUSTRIA, 24 - 41100 MODENA

Telefono 059/313999

Telefax 059/454827



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro Gouda

Certificato n. : **782/11**

Data emissione: 29/07/11

Committente : C/O DOTT. FRANCHI

Località : AREA AN3 IV PAPAZZONI-CAVEZZO

Prova numero : 1

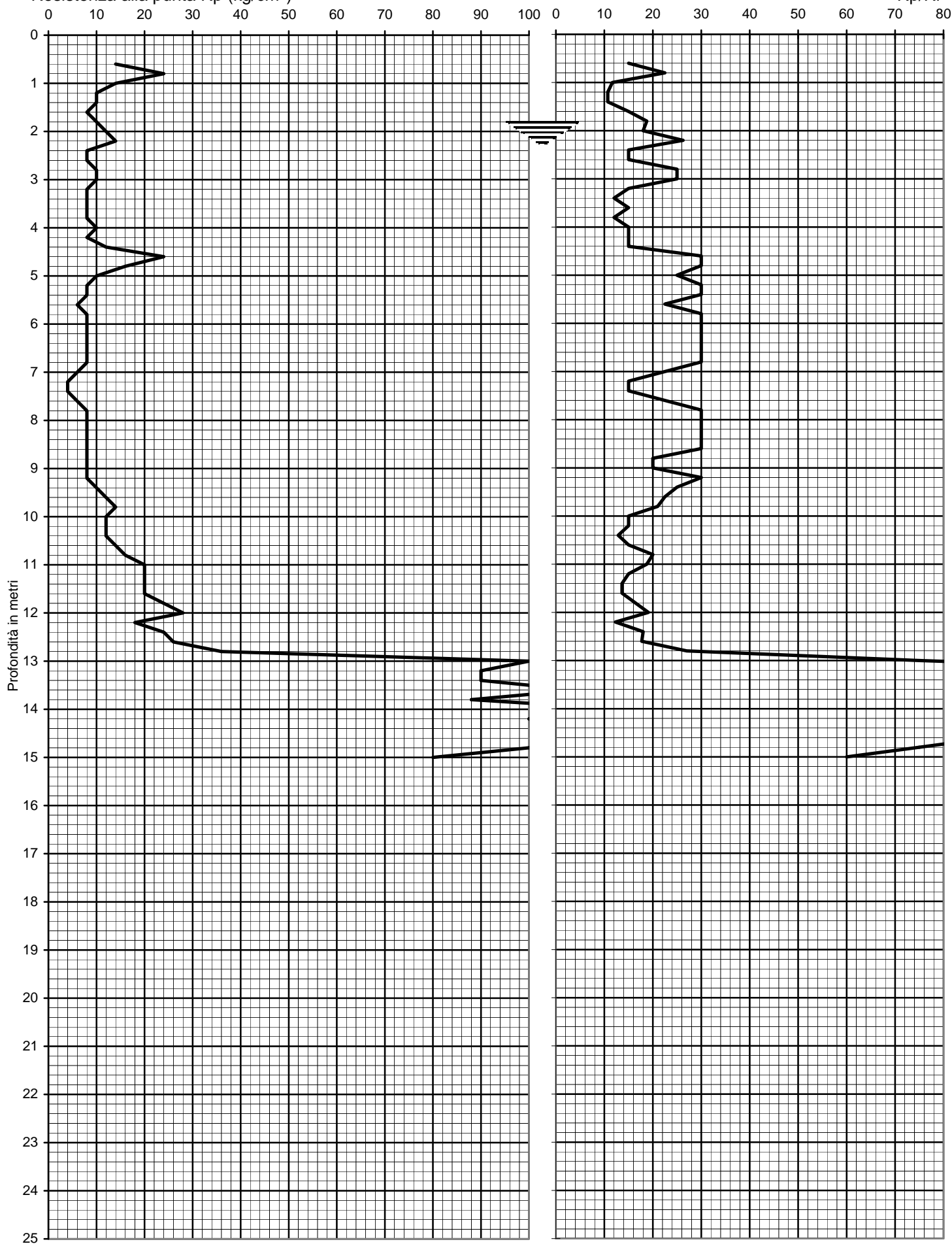
Data : 29/07/2011

Operatore : DR. REBECCHI

Quota : P.C.

Resistenza alla punta R_p (kg/cm²)

Rp/Rl



Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
0,20					
0,40					
0,60	14	28	14	0,93	15,00
0,80	24	40	24	1,07	22,50
1,00	14	32	14	1,20	11,67
1,20	10	24	10	0,93	10,71
1,40	10	24	10	0,93	10,71
1,60	8	16	8	0,53	15,00
1,80	10	18	10	0,53	18,75
2,00	12	22	12	0,67	18,00
2,20	14	22	14	0,53	26,25
2,40	8	16	8	0,53	15,00
2,60	8	16	8	0,53	15,00
2,80	10	16	10	0,40	25,00
3,00	10	16	10	0,40	25,00
3,20	8	16	8	0,53	15,00
3,40	8	18	8	0,67	12,00
3,60	8	16	8	0,53	15,00
3,80	8	18	8	0,67	12,00
4,00	10	20	10	0,67	15,00
4,20	8	16	8	0,53	15,00
4,40	12	24	12	0,80	15,00
4,60	24	36	24	0,80	30,00
4,80	16	24	16	0,53	30,00
5,00	10	16	10	0,40	25,00
5,20	8	12	8	0,27	30,00
5,40	8	12	8	0,27	30,00
5,60	6	10	6	0,27	22,50
5,80	8	12	8	0,27	30,00
6,00	8	12	8	0,27	30,00
6,20	8	12	8	0,27	30,00
6,40	8	12	8	0,27	30,00
6,60	8	12	8	0,27	30,00
6,80	8	12	8	0,27	30,00
7,00	6	10	6	0,27	22,50
7,20	4	8	4	0,27	15,00
7,40	4	8	4	0,27	15,00
7,60	6	10	6	0,27	22,50
7,80	8	12	8	0,27	30,00
8,00	8	12	8	0,27	30,00
8,20	8	12	8	0,27	30,00
8,40	8	12	8	0,27	30,00
8,60	8	12	8	0,27	30,00
8,80	8	14	8	0,40	20,00
9,00	8	14	8	0,40	20,00
9,20	8	12	8	0,27	30,00
9,40	10	16	10	0,40	25,00
9,60	12	20	12	0,53	22,50
9,80	14	24	14	0,67	21,00
10,00	12	24	12	0,80	15,00
10,20	12	24	12	0,80	15,00
10,40	12	26	12	0,93	12,86
10,60	14	28	14	0,93	15,00
10,80	16	28	16	0,80	20,00
11,00	20	36	20	1,07	18,75
11,20	20	40	20	1,33	15,00
11,40	20	42	20	1,47	13,64
11,60	20	42	20	1,47	13,64
11,80	24	46	24	1,47	16,36
12,00	28	50	28	1,47	19,09
12,20	18	40	18	1,47	12,27
12,40	24	44	24	1,33	18,00
12,60	26	48	26	1,47	17,73
12,80	36	56	36	1,33	27,00
13,00	100	120	100	1,33	75,00
13,20	90	100	90	0,67	135,00
13,40	90	100	90	0,67	135,00
13,60	110	120	110	0,67	165,00
13,80	88	100	88	0,80	110,00
14,00	120	130	120	0,67	180,00
14,20	100	110	100	0,67	150,00
14,40	120	140	120	1,33	90,00
14,60	120	140	120	1,33	90,00
14,80	100	120	100	1,33	75,00
15,00	80	100	80	1,33	60,00

Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
15,20					
15,40					
15,60					
15,80					
16,00					
16,20					
16,40					
16,60					
16,80					
17,00					
17,20					
17,40					
17,60					
17,80					
18,00					
18,20					
18,40					
18,60					
18,80					
19,00					
19,20					
19,40					
19,60					
19,80					
20,00					
20,20					
20,40					
20,60					
20,80					
21,00					
21,20					
21,40					
21,60					
21,80					
22,00					
22,20					
22,40					
22,60					
22,80					
23,00					
23,20					
23,40					
23,60					
23,80					
24,00					
24,20					
24,40					
24,60					
24,80					
25,00					
25,20					
25,40					
25,60					
25,80					
26,00					
26,20					
26,40					
26,60					
26,80					
27,00					
27,20					
27,40					
27,60					
27,80					
28,00					
28,20					
28,40					
28,60					
28,80					
29,00					
29,20					
29,40					
29,60					
29,80					
30,00					



Via AUSTRIA, 24 - 41100 MODENA

Telefono 059/313999

Telefax 059/454827



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro Gouda

Certificato n. : **783/11**

Data emissione: 29/07/11

Committente : C/O DOTT. FRANCHI

Località : AREA AN3 IV PAPAZZONI-CAVEZZO

Prova numero : 2

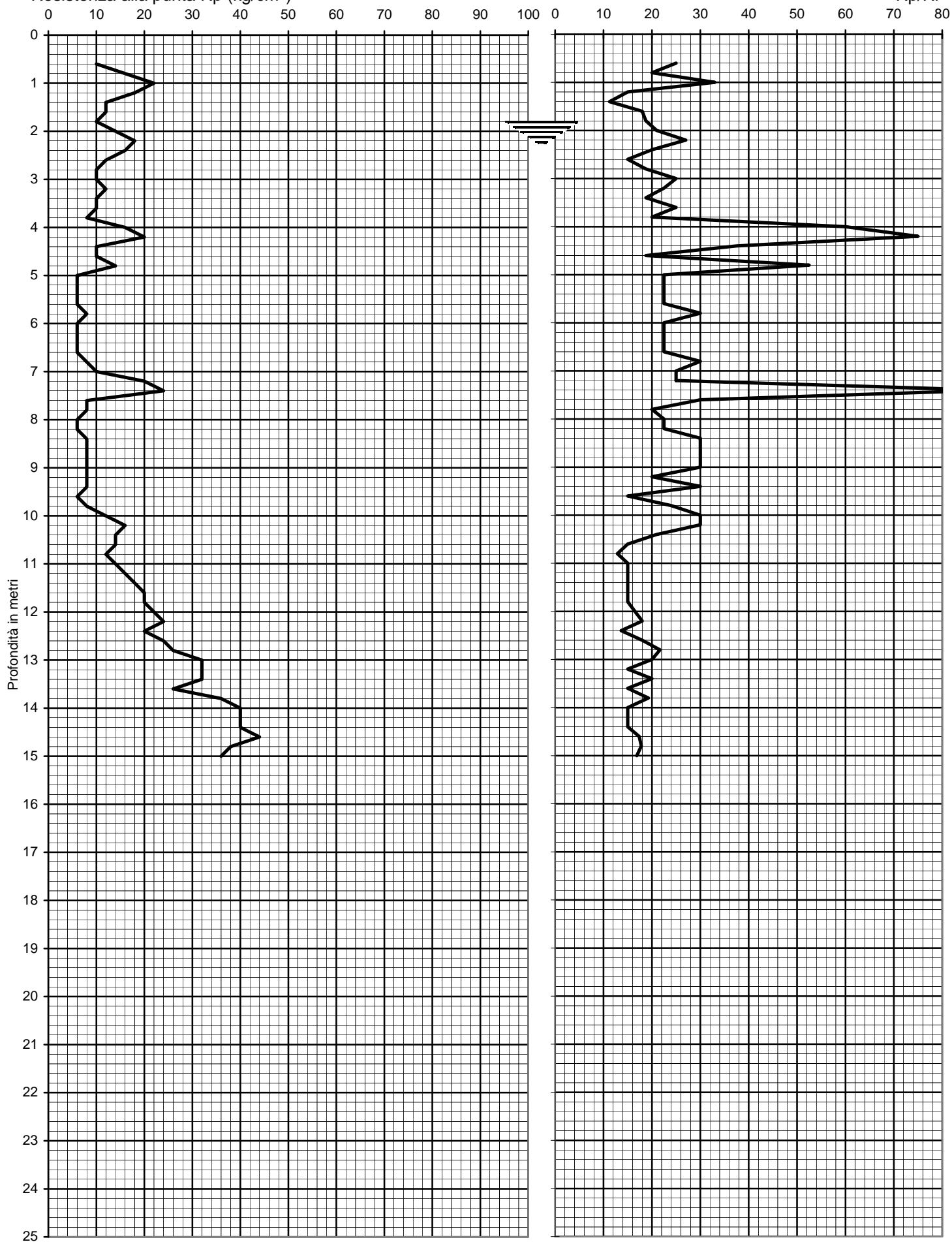
Data : 29/07/2011

Operatore : DR. REBECCHI

Quota : P.C.

Resistenza alla punta R_p (kg/cm²)

Rp/RI



Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
0,20					
0,40					
0,60	10	16	10	0,40	25,00
0,80	16	28	16	0,80	20,00
1,00	22	32	22	0,67	33,00
1,20	18	36	18	1,20	15,00
1,40	12	28	12	1,07	11,25
1,60	12	22	12	0,67	18,00
1,80	10	18	10	0,53	18,75
2,00	14	24	14	0,67	21,00
2,20	18	28	18	0,67	27,00
2,40	16	28	16	0,80	20,00
2,60	12	24	12	0,80	15,00
2,80	10	18	10	0,53	18,75
3,00	10	16	10	0,40	25,00
3,20	12	20	12	0,53	22,50
3,40	10	18	10	0,53	18,75
3,60	10	16	10	0,40	25,00
3,80	8	14	8	0,40	20,00
4,00	16	20	16	0,27	60,00
4,20	20	24	20	0,27	75,00
4,40	10	14	10	0,27	37,50
4,60	10	18	10	0,53	18,75
4,80	14	18	14	0,27	52,50
5,00	6	10	6	0,27	22,50
5,20	6	10	6	0,27	22,50
5,40	6	10	6	0,27	22,50
5,60	6	10	6	0,27	22,50
5,80	8	12	8	0,27	30,00
6,00	6	10	6	0,27	22,50
6,20	6	10	6	0,27	22,50
6,40	6	10	6	0,27	22,50
6,60	6	10	6	0,27	22,50
6,80	8	12	8	0,27	30,00
7,00	10	16	10	0,40	25,00
7,20	20	32	20	0,80	25,00
7,40	24	28	24	0,27	90,00
7,60	8	12	8	0,27	30,00
7,80	8	14	8	0,40	20,00
8,00	6	10	6	0,27	22,50
8,20	6	10	6	0,27	22,50
8,40	8	12	8	0,27	30,00
8,60	8	12	8	0,27	30,00
8,80	8	12	8	0,27	30,00
9,00	8	12	8	0,27	30,00
9,20	8	14	8	0,40	20,00
9,40	8	12	8	0,27	30,00
9,60	6	12	6	0,40	15,00
9,80	8	13	8	0,33	24,00
10,00	12	18	12	0,40	30,00
10,20	16	24	16	0,53	30,00
10,40	14	24	14	0,67	21,00
10,60	14	28	14	0,93	15,00
10,80	12	26	12	0,93	12,86
11,00	14	28	14	0,93	15,00
11,20	16	32	16	1,07	15,00
11,40	18	36	18	1,20	15,00
11,60	20	40	20	1,33	15,00
11,80	20	40	20	1,33	15,00
12,00	22	42	22	1,33	16,50
12,20	24	44	24	1,33	18,00
12,40	20	42	20	1,47	13,64
12,60	24	44	24	1,33	18,00
12,80	26	44	26	1,20	21,67
13,00	32	56	32	1,60	20,00
13,20	32	64	32	2,13	15,00
13,40	32	56	32	1,60	20,00
13,60	26	52	26	1,73	15,00
13,80	36	64	36	1,87	19,29
14,00	40	80	40	2,67	15,00
14,20	40	80	40	2,67	15,00
14,40	40	80	40	2,67	15,00
14,60	44	82	44	2,53	17,37
14,80	38	70	38	2,13	17,81
15,00	36	68	36	2,13	16,88

Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
15,20					
15,40					
15,60					
15,80					
16,00					
16,20					
16,40					
16,60					
16,80					
17,00					
17,20					
17,40					
17,60					
17,80					
18,00					
18,20					
18,40					
18,60					
18,80					
19,00					
19,20					
19,40					
19,60					
19,80					
20,00					
20,20					
20,40					
20,60					
20,80					
21,00					
21,20					
21,40					
21,60					
21,80					
22,00					
22,20					
22,40					
22,60					
22,80					
23,00					
23,20					
23,40					
23,60					
23,80					
24,00					
24,20					
24,40					
24,60					
24,80					
25,00					
25,20					
25,40					
25,60					
25,80					
26,00					
26,20					
26,40					
26,60					
26,80					
27,00					
27,20					
27,40					
27,60					
27,80					
28,00					
28,20					
28,40					
28,60					
28,80					
29,00					
29,20					
29,40					
29,60					
29,80					
30,00					



Via AUSTRIA, 24 - 41100 MODENA

Telefono 059/313999

Telefax 059/454827



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro Gouda

Certificato n. : **784/11**

Data emissione: 29/07/11

Committente : C/O DOTT. FRANCHI

Località : AREA AN3 IV PAPAZZONI-CAVEZZO

Prova numero : 3

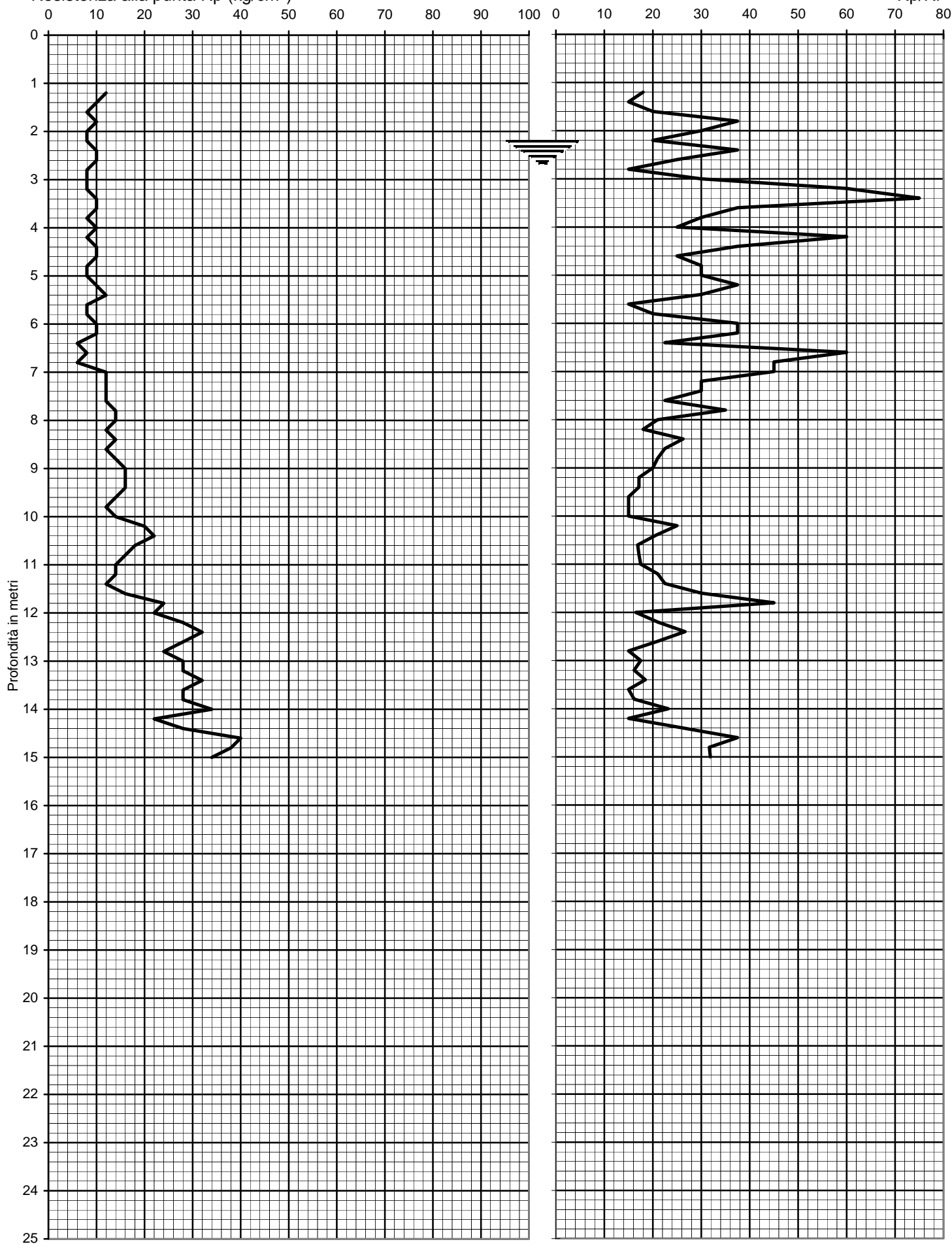
Data : 29/07/2011

Operatore : DR. REBECCHI

Quota : P.C.

Resistenza alla punta R_p (kg/cm²)

Rp/RI



Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
0,20					
0,40					
0,60					
0,80					
1,00					
1,20	12	22	12	0,67	18,00
1,40	10	20	10	0,67	15,00
1,60	8	14	8	0,40	20,00
1,80	10	14	10	0,27	37,50
2,00	8	12	8	0,27	30,00
2,20	8	14	8	0,40	20,00
2,40	10	14	10	0,27	37,50
2,60	10	16	10	0,40	25,00
2,80	8	16	8	0,53	15,00
3,00	8	12	8	0,27	30,00
3,20	8	10	8	0,13	60,00
3,40	10	12	10	0,13	75,00
3,60	10	14	10	0,27	37,50
3,80	8	12	8	0,27	30,00
4,00	10	16	10	0,40	25,00
4,20	8	10	8	0,13	60,00
4,40	10	14	10	0,27	37,50
4,60	10	16	10	0,40	25,00
4,80	8	12	8	0,27	30,00
5,00	8	12	8	0,27	30,00
5,20	10	14	10	0,27	37,50
5,40	12	18	12	0,40	30,00
5,60	8	16	8	0,53	15,00
5,80	8	14	8	0,40	20,00
6,00	10	14	10	0,27	37,50
6,20	10	14	10	0,27	37,50
6,40	6	10	6	0,27	22,50
6,60	8	10	8	0,13	60,00
6,80	6	8	6	0,13	45,00
7,00	12	16	12	0,27	45,00
7,20	12	18	12	0,40	30,00
7,40	12	18	12	0,40	30,00
7,60	12	20	12	0,53	22,50
7,80	14	20	14	0,40	35,00
8,00	14	24	14	0,67	21,00
8,20	12	22	12	0,67	18,00
8,40	14	22	14	0,53	26,25
8,60	12	20	12	0,53	22,50
8,80	14	24	14	0,67	21,00
9,00	16	28	16	0,80	20,00
9,20	16	30	16	0,93	17,14
9,40	16	30	16	0,93	17,14
9,60	14	28	14	0,93	15,00
9,80	12	24	12	0,80	15,00
10,00	14	28	14	0,93	15,00
10,20	20	32	20	0,80	25,00
10,40	22	38	22	1,07	20,63
10,60	18	34	18	1,07	16,88
10,80	16	30	16	0,93	17,14
11,00	14	26	14	0,80	17,50
11,20	14	24	14	0,67	21,00
11,40	12	20	12	0,53	22,50
11,60	16	24	16	0,53	30,00
11,80	24	32	24	0,53	45,00
12,00	22	42	22	1,33	16,50
12,20	28	48	28	1,33	21,00
12,40	32	50	32	1,20	26,67
12,60	28	48	28	1,33	21,00
12,80	24	48	24	1,60	15,00
13,00	28	52	28	1,60	17,50
13,20	28	54	28	1,73	16,15
13,40	32	58	32	1,73	18,46
13,60	28	56	28	1,87	15,00
13,80	28	54	28	1,73	16,15
14,00	34	56	34	1,47	23,18
14,20	22	44	22	1,47	15,00
14,40	28	44	28	1,07	26,25
14,60	40	56	40	1,07	37,50
14,80	38	56	38	1,20	31,67
15,00	34	50	34	1,07	31,88

Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
15,20					
15,40					
15,60					
15,80					
16,00					
16,20					
16,40					
16,60					
16,80					
17,00					
17,20					
17,40					
17,60					
17,80					
18,00					
18,20					
18,40					
18,60					
18,80					
19,00					
19,20					
19,40					
19,60					
19,80					
20,00					
20,20					
20,40					
20,60					
20,80					
21,00					
21,20					
21,40					
21,60					
21,80					
22,00					
22,20					
22,40					
22,60					
22,80					
23,00					
23,20					
23,40					
23,60					
23,80					
24,00					
24,20					
24,40					
24,60					
24,80					
25,00					
25,20					
25,40					
25,60					
25,80					
26,00					
26,20					
26,40					
26,60					
26,80					
27,00					
27,20					
27,40					
27,60					
27,80					
28,00					
28,20					
28,40					
28,60					
28,80					
29,00					
29,20					
29,40					
29,60					
29,80					
30,00					



Via AUSTRIA, 24 - 41100 MODENA

Telefono 059/313999

Telefax 059/454827



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro Gouda

Certificato n. : **785/11**

Data emissione: 29/07/11

Committente : C/O DOTT. FRANCHI

Località : AREA AN3 IV PAPAZZONI-CAVEZZO

Prova numero : 4

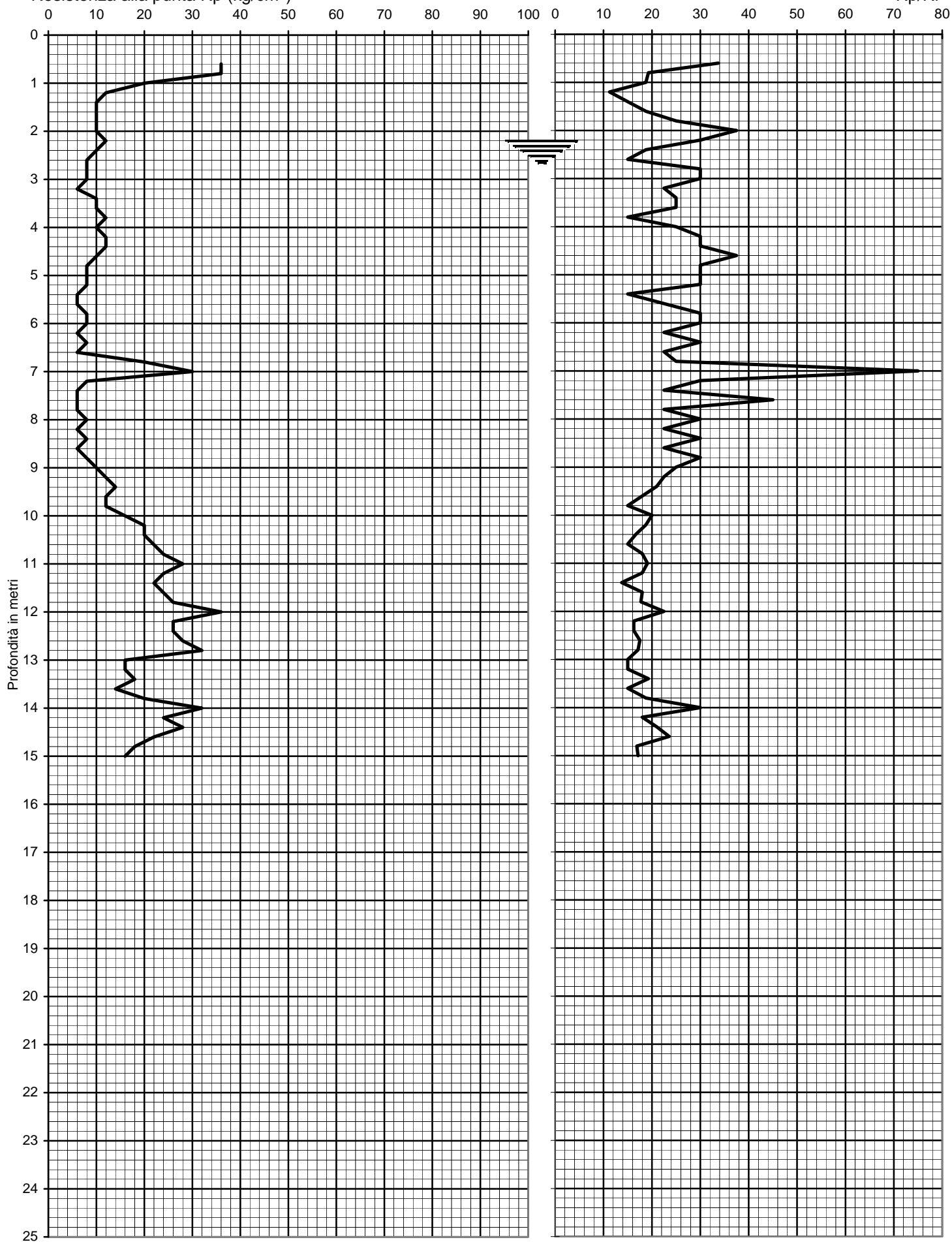
Data : 29/07/2011

Operatore : DR. REBECCHI

Quota : P.C.

Resistenza alla punta R_p (kg/cm²)

Rp/RI



Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
0,20					
0,40					
0,60	36	52	36	1,07	33,75
0,80	36	64	36	1,87	19,29
1,00	20	36	20	1,07	18,75
1,20	12	28	12	1,07	11,25
1,40	10	20	10	0,67	15,00
1,60	10	18	10	0,53	18,75
1,80	10	16	10	0,40	25,00
2,00	10	14	10	0,27	37,50
2,20	12	18	12	0,40	30,00
2,40	10	18	10	0,53	18,75
2,60	8	16	8	0,53	15,00
2,80	8	12	8	0,27	30,00
3,00	8	12	8	0,27	30,00
3,20	6	10	6	0,27	22,50
3,40	10	16	10	0,40	25,00
3,60	10	16	10	0,40	25,00
3,80	12	24	12	0,80	15,00
4,00	10	16	10	0,40	25,00
4,20	12	18	12	0,40	30,00
4,40	12	18	12	0,40	30,00
4,60	10	14	10	0,27	37,50
4,80	8	12	8	0,27	30,00
5,00	8	12	8	0,27	30,00
5,20	8	12	8	0,27	30,00
5,40	6	12	6	0,40	15,00
5,60	6	10	6	0,27	22,50
5,80	8	12	8	0,27	30,00
6,00	8	12	8	0,27	30,00
6,20	6	10	6	0,27	22,50
6,40	8	12	8	0,27	30,00
6,60	6	10	6	0,27	22,50
6,80	20	32	20	0,80	25,00
7,00	30	36	30	0,40	75,00
7,20	8	12	8	0,27	30,00
7,40	6	10	6	0,27	22,50
7,60	6	8	6	0,13	45,00
7,80	6	10	6	0,27	22,50
8,00	8	12	8	0,27	30,00
8,20	6	10	6	0,27	22,50
8,40	8	12	8	0,27	30,00
8,60	6	10	6	0,27	22,50
8,80	8	12	8	0,27	30,00
9,00	10	16	10	0,40	25,00
9,20	12	20	12	0,53	22,50
9,40	14	24	14	0,67	21,00
9,60	12	22	12	0,67	18,00
9,80	12	24	12	0,80	15,00
10,00	16	28	16	0,80	20,00
10,20	20	36	20	1,07	18,75
10,40	20	38	20	1,20	16,67
10,60	22	44	22	1,47	15,00
10,80	24	44	24	1,33	18,00
11,00	28	50	28	1,47	19,09
11,20	24	44	24	1,33	18,00
11,40	22	46	22	1,60	13,75
11,60	24	44	24	1,33	18,00
11,80	26	48	26	1,47	17,73
12,00	36	60	36	1,60	22,50
12,20	26	50	26	1,60	16,25
12,40	26	50	26	1,60	16,25
12,60	28	52	28	1,60	17,50
12,80	32	60	32	1,87	17,14
13,00	16	32	16	1,07	15,00
13,20	16	32	16	1,07	15,00
13,40	18	32	18	0,93	19,29
13,60	14	28	14	0,93	15,00
13,80	20	36	20	1,07	18,75
14,00	32	48	32	1,07	30,00
14,20	24	44	24	1,33	18,00
14,40	28	48	28	1,33	21,00
14,60	22	36	22	0,93	23,57
14,80	18	34	18	1,07	16,88
15,00	16	30	16	0,93	17,14

Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
15,20					
15,40					
15,60					
15,80					
16,00					
16,20					
16,40					
16,60					
16,80					
17,00					
17,20					
17,40					
17,60					
17,80					
18,00					
18,20					
18,40					
18,60					
18,80					
19,00					
19,20					
19,40					
19,60					
19,80					
20,00					
20,20					
20,40					
20,60					
20,80					
21,00					
21,20					
21,40					
21,60					
21,80					
22,00					
22,20					
22,40					
22,60					
22,80					
23,00					
23,20					
23,40					
23,60					
23,80					
24,00					
24,20					
24,40					
24,60					
24,80					
25,00					
25,20					
25,40					
25,60					
25,80					
26,00					
26,20					
26,40					
26,60					
26,80					
27,00					
27,20					
27,40					
27,60					
27,80					
28,00					
28,20					
28,40					
28,60					
28,80					
29,00					
29,20					
29,40					
29,60					
29,80					
30,00					



Via AUSTRIA, 24 - 41100 MODENA

Telefono 059/313999

Telefax 059/454827



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro Gouda

Certificato n. : **786/11**

Data emissione: 29/07/11

Committente : C/O DOTT. FRANCHI

Località : AREA AN3 IV PAPAZZONI-CAVEZZO

Prova numero : 5

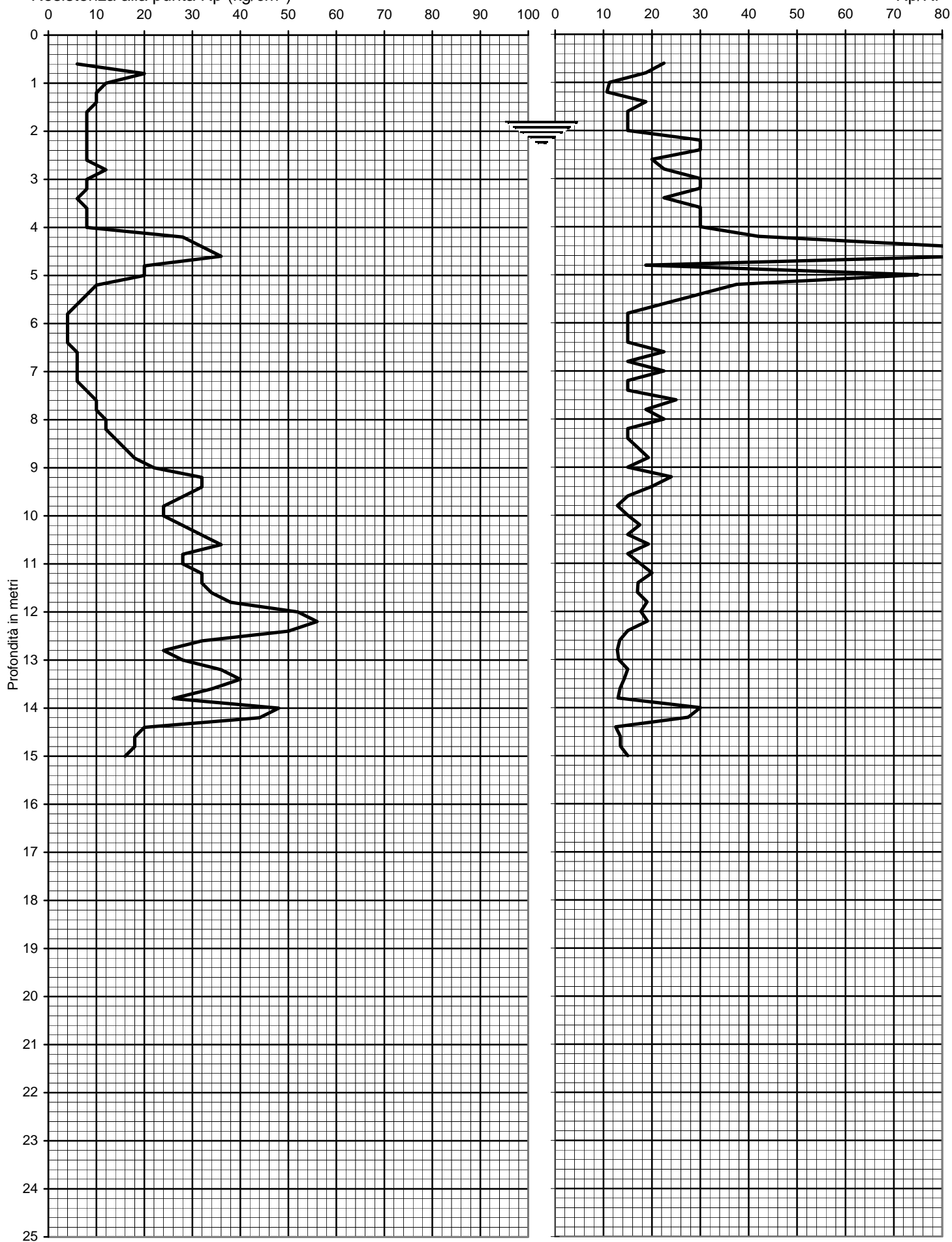
Data : 29/07/2011

Operatore : DR. REBECCHI

Quota : P.C.

Resistenza alla punta R_p (kg/cm²)

Rp/Rl



Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
0,20					
0,40					
0,60	6	10	6	0,27	22,50
0,80	20	36	20	1,07	18,75
1,00	12	28	12	1,07	11,25
1,20	10	24	10	0,93	10,71
1,40	10	18	10	0,53	18,75
1,60	8	16	8	0,53	15,00
1,80	8	16	8	0,53	15,00
2,00	8	16	8	0,53	15,00
2,20	8	12	8	0,27	30,00
2,40	8	12	8	0,27	30,00
2,60	8	14	8	0,40	20,00
2,80	12	20	12	0,53	22,50
3,00	8	12	8	0,27	30,00
3,20	8	12	8	0,27	30,00
3,40	6	10	6	0,27	22,50
3,60	8	12	8	0,27	30,00
3,80	8	12	8	0,27	30,00
4,00	8	12	8	0,27	30,00
4,20	28	38	28	0,67	42,00
4,40	32	38	32	0,40	80,00
4,60	36	42	36	0,40	90,00
4,80	20	36	20	1,07	18,75
5,00	20	24	20	0,27	75,00
5,20	10	14	10	0,27	37,50
5,40	8	12	8	0,27	30,00
5,60	6	10	6	0,27	22,50
5,80	4	8	4	0,27	15,00
6,00	4	8	4	0,27	15,00
6,20	4	8	4	0,27	15,00
6,40	4	8	4	0,27	15,00
6,60	6	10	6	0,27	22,50
6,80	6	12	6	0,40	15,00
7,00	6	10	6	0,27	22,50
7,20	6	12	6	0,40	15,00
7,40	8	16	8	0,53	15,00
7,60	10	16	10	0,40	25,00
7,80	10	18	10	0,53	18,75
8,00	12	20	12	0,53	22,50
8,20	12	24	12	0,80	15,00
8,40	14	28	14	0,93	15,00
8,60	16	30	16	0,93	17,14
8,80	18	32	18	0,93	19,29
9,00	22	44	22	1,47	15,00
9,20	32	52	32	1,33	24,00
9,40	32	56	32	1,60	20,00
9,60	28	56	28	1,87	15,00
9,80	24	52	24	1,87	12,86
10,00	24	48	24	1,60	15,00
10,20	28	52	28	1,60	17,50
10,40	32	64	32	2,13	15,00
10,60	36	64	36	1,87	19,29
10,80	28	56	28	1,87	15,00
11,00	28	52	28	1,60	17,50
11,20	32	56	32	1,60	20,00
11,40	32	60	32	1,87	17,14
11,60	34	64	34	2,00	17,00
11,80	38	68	38	2,00	19,00
12,00	52	96	52	2,93	17,73
12,20	56	100	56	2,93	19,09
12,40	50	100	50	3,33	15,00
12,60	32	68	32	2,40	13,33
12,80	24	52	24	1,87	12,86
13,00	28	60	28	2,13	13,13
13,20	36	72	36	2,40	15,00
13,40	40	82	40	2,80	14,29
13,60	34	72	34	2,53	13,42
13,80	26	56	26	2,00	13,00
14,00	48	72	48	1,60	30,00
14,20	44	68	44	1,60	27,50
14,40	20	44	20	1,60	12,50
14,60	18	38	18	1,33	13,50
14,80	18	38	18	1,33	13,50
15,00	16	32	16	1,07	15,00

Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
15,20					
15,40					
15,60					
15,80					
16,00					
16,20					
16,40					
16,60					
16,80					
17,00					
17,20					
17,40					
17,60					
17,80					
18,00					
18,20					
18,40					
18,60					
18,80					
19,00					
19,20					
19,40					
19,60					
19,80					
20,00					
20,20					
20,40					
20,60					
20,80					
21,00					
21,20					
21,40					
21,60					
21,80					
22,00					
22,20					
22,40					
22,60					
22,80					
23,00					
23,20					
23,40					
23,60					
23,80					
24,00					
24,20					
24,40					
24,60					
24,80					
25,00					
25,20					
25,40					
25,60					
25,80					
26,00					
26,20					
26,40					
26,60					
26,80					
27,00					
27,20					
27,40					
27,60					
27,80					
28,00					
28,20					
28,40					
28,60					
28,80					
29,00					
29,20					
29,40					
29,60					
29,80					
30,00					



Via AUSTRIA, 24 - 41100 MODENA

Telefono 059/313999

Telefax 059/454827



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro Gouda

Certificato n. : **787/11**

Data emissione: 29/07/11

Committente : C/O DOTT. FRANCHI

Località : AREA AN3 IV PAPAZZONI-CAVEZZO

Prova numero : 6

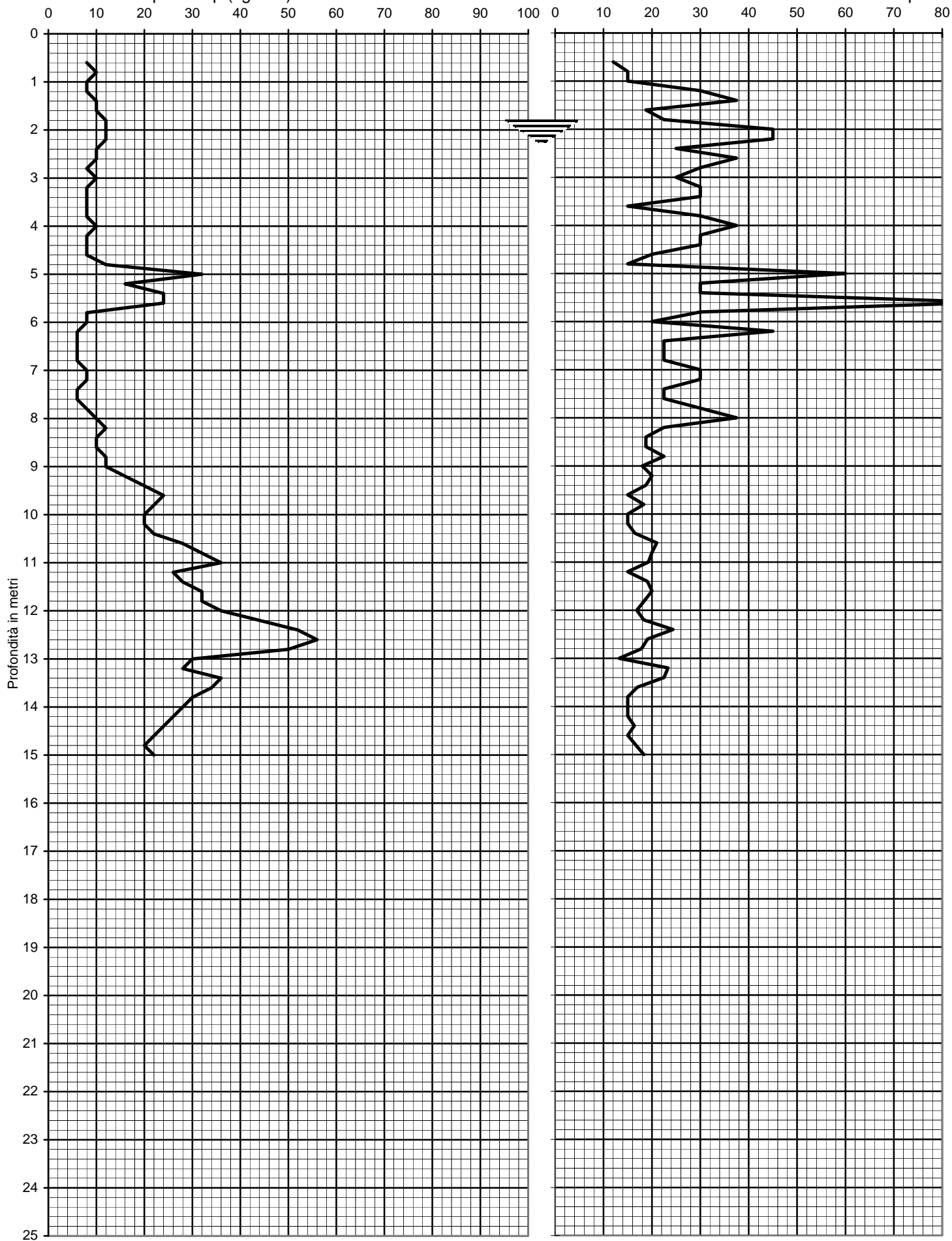
Data : 29/07/2011

Operatore : DR. REBECCHI

Quota : P.C.

Resistenza alla punta R_p (kg/cm²)

R_p/R_l



Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
0,20					
0,40					
0,60	8	18	8	0,67	12,00
0,80	10	20	10	0,67	15,00
1,00	8	16	8	0,53	15,00
1,20	8	12	8	0,27	30,00
1,40	10	14	10	0,27	37,50
1,60	10	18	10	0,53	18,75
1,80	12	20	12	0,53	22,50
2,00	12	16	12	0,27	45,00
2,20	12	16	12	0,27	45,00
2,40	10	16	10	0,40	25,00
2,60	10	14	10	0,27	37,50
2,80	8	12	8	0,27	30,00
3,00	10	16	10	0,40	25,00
3,20	8	12	8	0,27	30,00
3,40	8	12	8	0,27	30,00
3,60	8	16	8	0,53	15,00
3,80	8	12	8	0,27	30,00
4,00	10	14	10	0,27	37,50
4,20	8	12	8	0,27	30,00
4,40	8	12	8	0,27	30,00
4,60	8	14	8	0,40	20,00
4,80	12	24	12	0,80	15,00
5,00	32	40	32	0,53	60,00
5,20	16	24	16	0,53	30,00
5,40	24	36	24	0,80	30,00
5,60	24	28	24	0,27	90,00
5,80	8	12	8	0,27	30,00
6,00	8	14	8	0,40	20,00
6,20	6	8	6	0,13	45,00
6,40	6	10	6	0,27	22,50
6,60	6	10	6	0,27	22,50
6,80	6	10	6	0,27	22,50
7,00	8	12	8	0,27	30,00
7,20	8	12	8	0,27	30,00
7,40	6	10	6	0,27	22,50
7,60	6	10	6	0,27	22,50
7,80	8	12	8	0,27	30,00
8,00	10	14	10	0,27	37,50
8,20	12	20	12	0,53	22,50
8,40	10	18	10	0,53	18,75
8,60	10	18	10	0,53	18,75
8,80	12	20	12	0,53	22,50
9,00	12	22	12	0,67	18,00
9,20	16	28	16	0,80	20,00
9,40	20	36	20	1,07	18,75
9,60	24	48	24	1,60	15,00
9,80	22	40	22	1,20	18,33
10,00	20	40	20	1,33	15,00
10,20	20	40	20	1,33	15,00
10,40	22	42	22	1,33	16,50
10,60	28	48	28	1,33	21,00
10,80	32	56	32	1,60	20,00
11,00	36	64	36	1,87	19,29
11,20	26	52	26	1,73	15,00
11,40	28	50	28	1,47	19,09
11,60	32	56	32	1,60	20,00
11,80	32	58	32	1,73	18,46
12,00	36	68	36	2,13	16,88
12,20	44	80	44	2,40	18,33
12,40	52	84	52	2,13	24,38
12,60	56	100	56	2,93	19,09
12,80	50	92	50	2,80	17,86
13,00	30	64	30	2,27	13,24
13,20	28	46	28	1,20	23,33
13,40	36	60	36	1,60	22,50
13,60	34	64	34	2,00	17,00
13,80	30	60	30	2,00	15,00
14,00	28	56	28	1,87	15,00
14,20	26	52	26	1,73	15,00
14,40	24	46	24	1,47	16,36
14,60	22	44	22	1,47	15,00
14,80	20	38	20	1,20	16,67
15,00	22	40	22	1,20	18,33

Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
15,20					
15,40					
15,60					
15,80					
16,00					
16,20					
16,40					
16,60					
16,80					
17,00					
17,20					
17,40					
17,60					
17,80					
18,00					
18,20					
18,40					
18,60					
18,80					
19,00					
19,20					
19,40					
19,60					
19,80					
20,00					
20,20					
20,40					
20,60					
20,80					
21,00					
21,20					
21,40					
21,60					
21,80					
22,00					
22,20					
22,40					
22,60					
22,80					
23,00					
23,20					
23,40					
23,60					
23,80					
24,00					
24,20					
24,40					
24,60					
24,80					
25,00					
25,20					
25,40					
25,60					
25,80					
26,00					
26,20					
26,40					
26,60					
26,80					
27,00					
27,20					
27,40					
27,60					
27,80					
28,00					
28,20					
28,40					
28,60					
28,80					
29,00					
29,20					
29,40					
29,60					
29,80					
30,00					