



REGIONE DEL VENETO

AREA TUTELA E SVILUPPO DEL TERRITORIO - DIREZIONE INFRASTRUTTURE TRASPORTI E LOGISTICA

UO INFRASTRUTTURE STRADE E CONCESSIONI

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Ing. Marco d'Elia





SISTEMA FERROVIARIO METROPOLITANO REGIONALE

S. F. M. R.

(Atto del 06/12/2016)

LINEA CASTELFRANCO -BASSANO ELIMINAZIONE DEL P.L. AL km 38+657 CASTELLO DI GODEGO - S.R. 245

PROGETTO DEFINITIVO

INTERVENTO 2.05				N° ELABORATO		
GEOLOGICA E GEOTECNICA				03.01.00.00		
Relazione geologica, idrogeologica e sismica				SCALA		
				-		
				NOME FILE		
				0426D03-03010000-GRT001_E00		
E00	Emissione		Dicembre 2018	S. Greggio	A. Casale	S. Cibir
Revisione	Descrizione		Data	Redatto	Verificato	Approvato
COMMESSA		DOCUMENTO		REV.		TAVOLA
0426D03		G RT 001		E00		1 di 1
Il Direttore Tecnico Ing. Stefano Susani		Il Responsabile dell'integrazione fra le prestazioni specialistiche Ing. Silvano Flora		Il Progettista Ing. Roberto Zanon		Il Geologo Dr. Geol. Adelchi Casale
 Via Squero, 12 - 35043 Monselice (PD)						

INDICE

1	PREMESSA	2
2	QUADRO NORMATIVO.....	4
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
3.1	ELABORATI DI PROGETTO.....	5
4	LINEAMENTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DELLA PIANURA VENETA.....	6
5	LINEAMENTI IDROGEOLOGICI GENERALI DELLA PIANURA VENETA.....	9
6	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, LITOSTRATIGRAFICO E GEOMORFOLOGICO DELL' AREA DI INTERVENTO.....	12
7	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA D'INTERVENTO.....	14
8	CAMPAGNA DI INDAGINE GEOGNOSTICA	16
8.1	INDAGINI DI PROGETTO.....	16
8.2	DESCRIZIONE PROVE DI LABORATORIO.....	17
8.3	DESCRIZIONE DELLE PROVE AMBIENTALI	18
8.4	LITOSTRATIGRAFIA	19
9	INQUADRAMENTO SISMICO	20
9.1	TETTONICA GENERALE E MACROZONAZIONE SISMICA.....	20
9.2	MICROZONAZIONE SISMICA.....	26
9.2.1	Effetti di sito – amplificazione stratigrafica- categoria dei suoli di fondazione.....	26
9.2.2	Effetti di campo vicino	28
9.2.3	Effetti di sito – amplificazione topografica	28
10	CONCLUSIONI	29
11	BIBLIOGRAFIA.....	30
12	ALLEGATI.....	33

1 PREMESSA

La presente relazione geologica, idrogeologica e sismica si riferisce alla progettazione definitiva relativa all'intervento 2.05 della 3^a fase di attuazione SFMR; esso prevede l'eliminazione del P.L. posto alla progressiva km 38+657 della linea ferroviaria Castelfranco-Bassano ricadente nel territorio del comune di Castello di Godego, in corrispondenza di Via Chioggia (S.R. n° 245 "Castellana" denominata via Chioggia) e, ad intervento completato, la chiusura del PL al km 39+570, su Via Cà Leoncino.

In dettaglio l'ambito d'intervento è localizzato nel territorio comunale di Castello di Godego in Provincia di Treviso, in una zona caratterizzata da edilizia residenziale e da attività produttive di limitata dimensione.

La strada regionale presenta una discreta importanza viabilistica sia a livello locale che extraurbano in quanto collega Castello di Godego con Castelfranco e Bassano. Inoltre tale viabilità si connette a sud-est di Casello di Godego alla S.R. 53 "Postumia", e a nord-ovest alla S.R. 47 Valsugana; entrambe sono direttrici viarie principali della porzione di territorio compresa tra i poli di Castelfranco – Cittadella e Cittadella - Bassano. La viabilità soddisfa inoltre la domanda di spostamenti locali interni al comune di Castello di Godego, oltre che di relazione con le altre località confinanti.



Inquadramento dell'area d'intervento



Ambito di intervento

L'ubicazione dell'intervento nel suo complesso è rappresentata nella Figura 1 degli allegati alla relazione.

2 QUADRO NORMATIVO

La relazione è stata svolta secondo le correnti normative:

- Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, Supplemento Ordinario alla G.U. n.42 del 20.2.2018;
- UNI EN 1997-1:2013 12/13 Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.
- UNI EN 1997-2:2007 05/07 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
- UNI ENV 1997-3:2002 01/09/02 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Progettazione assistita con prove in sito
- UNI EN 1998-5:2005 /01/05 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- A.G.I. - Raccomandazioni sull'esecuzione e programmazione delle indagini geotecniche 1977;
- D. Lgs. 50/2016;
- D.G.R. 1572/2013.



3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

3.1 ELABORATI DI PROGETTO

- [1] Planimetria con ubicazione delle indagini e profilo stratigrafico - (0426D03- 03020001-GPP001_E00).
- [2] Schede indagini geognostiche (0426D03-03030000-GIG001_E00).
- [3] Relazione di caratterizzazione ambientale (0426D03-04010000-MRT001_E00)
- [4] Relazione tecnica – Gestione delle materie (0426D03-05010000-PRT001_E00)

4 LINEAMENTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DELLA PIANURA VENETA

L'attuale assetto geomorfologico della Pianura Veneta è la risultante della primigena azione morfogenica dovuta alle divagazione dei principali fiumi (Adige, Bacchiglione, Brenta, Piave, Sile e Tagliamento) e dei loro affluenti. A questo modellamento si è sovrapposto l'effetto di un plurisecolare modellamento antropico.

I corsi d'acqua succitati hanno contribuito, con i loro depositi alluvionali, unitamente all'azione del mare in prossimità della costa, a modellare il territorio dopo l'ultima massima trasgressione marina verificatasi tra i 6.000 ed i 5.000 anni fa.

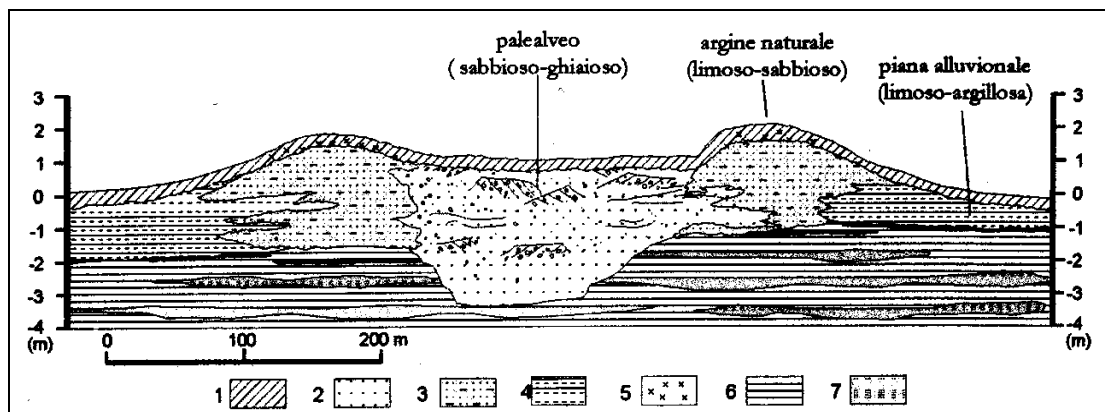
L'area padana, tra la fine dell'era terziaria e l'inizio di quella quaternaria, si presentava come una vasta depressione invasa dal mare, confinata tra i rilievi alpini e quelli appenninici. In questo bacino, caratterizzato da una forte subsidenza, si sono depositati progressivamente i materiali detritici provenienti dai limitrofi versanti montuosi. La quantità e le dimensioni del materiale sedimentato erano variabili in funzione all'energia di trasporto, a sua volta condizionato dalle fluttuazioni climatiche (alternanza di fasi glaciali con periodi più caldi). Il massimo apporto di sedimenti si verificava nella fasi interglaciali quando, a seguito dell'innalzamento della quota delle nevi perenni con lo scioglimento dei ghiacciai, i corsi d'acqua aumentavano in termini di portata ed energia con il conseguente incremento dell'azione erosiva e di trasporto. La deposizione della portata solida contribuiva a livellare il substrato roccioso di questa depressione; vi erano, infatti, aree di maggior subsidenza (bassa Pianura Padana, Ravennate, Ferrarese, Laguna Veneta) e alti strutturali corrispondenti a dorsali (basso Tagliamento). I sedimenti hanno raggiunto quindi spessori sensibilmente superiori nei bassi strutturali rispetto a quelli registrati in corrispondenza delle dorsali. Per quanto riguarda la topografia superficiale, l'area



padana è sempre stata irregolare, seppure con deboli variazioni altimetriche. Tali irregolarità sono da attribuirsi, indipendentemente dai più recenti fattori antropici, in parte anche alle deformazioni subite dal substrato roccioso che si riflettono in superficie con morfologie notevolmente attenuate. Questa variabilità morfologica dipende anche dalla diversa distribuzione e natura dei sedimenti e dalla loro differente attitudine al costipamento.

Si sono così create delle configurazioni morfologiche caratterizzate da lievi depressioni, interessate dal flusso delle acque fluvio - alluvionali e da aree topograficamente più rilevate.

Precedentemente al periodo medioevale, prima che l'uomo (tramite sistematici e continui interventi sugli argini) costringesse i fiumi entro percorsi obbligati, in corrispondenza di prolungati cicli di piovosità, si verificavano delle rotte che provocavano dissesti e variazioni dei corsi stessi. Questi antichi percorsi fluviali, denominati paleoalvei, sono tra le forme geomorfologiche più caratteristiche presenti nella Pianura Veneta. Essi, oltre ad essere importanti ai fini della ricostruzione storico-ambientale e paleogeografica del territorio, rivestono anche notevole importanza dal punto di vista idrogeologico. I paleoalvei costituiscono, infatti, direttrici preferenziali di deflusso idrico sotterraneo, essendo costituiti da materiali a permeabilità medio elevata.



Sezione schematica di un paleoalveo

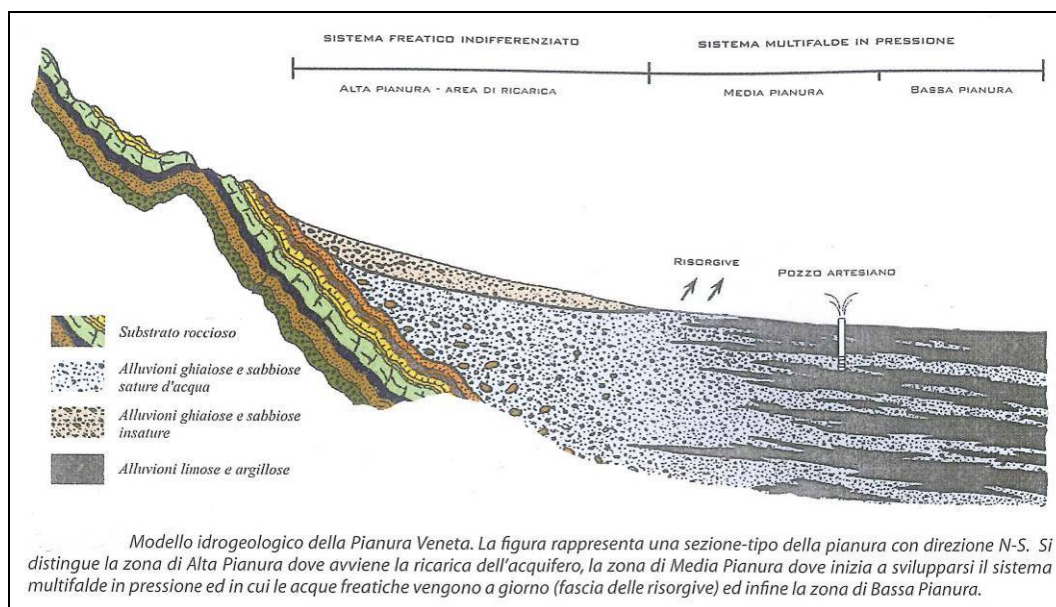
LEGENDA: 1. paleosuolo, 2. deposito di alveo attiva (sabbia e/o ghiaia), 3. deposito di argine naturale (limo sabbioso), 4. deposito di piana alluvionale (limo argilloso), 5. concrezioni carbonatiche (paleosuolo), 6/7 depositi distali (argilla limosa).

La Pianura Veneta, in base alla struttura del sottosuolo, può essere suddivisa in:

- alta pianura: settore corrispondente alla fascia del materasso alluvionale indifferenziato interamente ghiaioso;
- media pianura: area dove è presente l'alternanza di livelli ghiaiosi e limoso argillosi interdigitati tra di loro;
- bassa pianura: equivale all'area caratterizzata da alternanza irregolare di orizzonti limoso argillosi e sabbiosi con rari livelli ghiaiosi di spessore limitato e profondi.

5 LINEAMENTI IDROGEOLOGICI GENERALI DELLA PIANURA VENETA

Alla differenziazione progressiva della struttura geologica del materasso alluvionale da monte a valle fanno riscontro distinte condizioni idrogeologiche nel sottosuolo, dipendenti soprattutto dalla diversa distribuzione dei materiali ghiaiosi, i quali determinano un sistema idrogeologico piuttosto complesso nel dettaglio, ma facilmente schematizzabile nel suo insieme, come rappresentato nella figura seguente dove si riporta una sezione con orientamento NO-SE.



Schema idrogeologico dell' alta e media pianura veneta

Lungo la fascia settentrionale, a ridosso dei rilievi collinari, il materasso ghiaioso indifferenziato dell'alta pianura contiene un'unica potente falda, a carattere libero, che satura le alluvioni grossolane fino al basamento roccioso o comunque fino a notevoli profondità.

Più a valle, questo acquifero unitario si evolve progressivamente in un sistema multifalde ad acquiferi sovrapposti, caratterizzato dalla presenza di una falda freatica e di più falde in pressione, alloggiate entro i diversi livelli ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi separati da spessi letti limo-argillosi ed argillosi. Per quanto



detto risulta evidente che gli acquiferi di questo sistema multifalde non sono altro che le digitazioni dell'acquifero indifferenziato situato a ridosso dei rilievi, dal quale essi derivano tutti i loro caratteri idrologici principali.

La falda freatica del sistema multifalde, in relazione alla minore inclinazione della superficie topografica rispetto a quella dell'acquifero libero ed alla progressiva rastremazione del livello ghiaioso superficiale che la contiene, viene a giorno nei punti più depressi del piano campagna lungo una fascia praticamente continua a sviluppo indicativo E-W di larghezza tra 2÷8 km. È questa la “fascia delle risorgive”, tipiche sorgenti di pianura che originano tutta una serie di corsi d'acqua, il più importante dei quali è il Sile, mentre tra quelli secondari possiamo ricordare lo Zero ed il Dese ed il Tergola. E' stato calcolato che la portata media della rete delle risorgive tra i monti Lessini ed il Tagliamento risulta di 92 m³/s circa, dei quali 49 m³/s tra Lessini e Piave e 43 m³/s circa tra Piave e Tagliamento. Il sistema multifalde coincide con la media pianura.

A valle della fascia mediana, la pianura è normalmente povera di risorse idriche sotterranee superficiali, mancando nel sottosuolo prossimo alla superficie acquiferi ghiaiosi ad elevata permeabilità; anche l'interscambio di acque tra falda e corsi d'acqua è piuttosto limitato. Tuttavia in certe zone della fascia di bassa pianura (ad es. Scorzè in Provincia di Venezia) si rilevano alcune falde in pressione, prevalentemente entro acquiferi sabbiosi, con importanti portate ai pozzi.



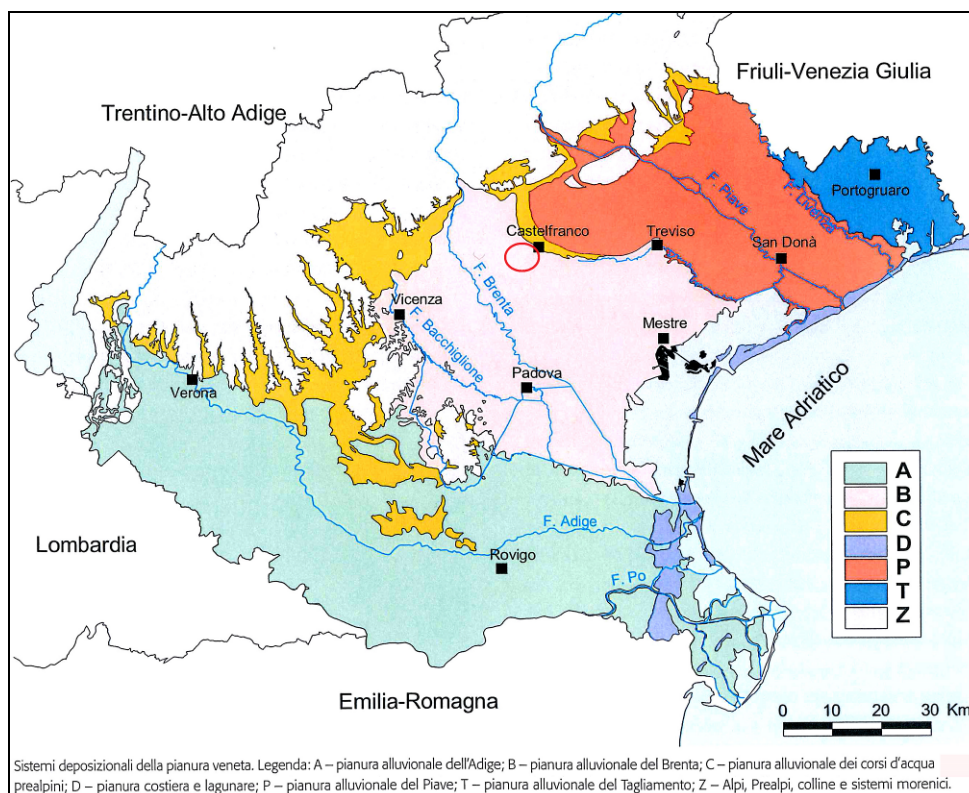
Schematizzazione della pianura padana

6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, LITOSTRATIGRAFICO E GEOMORFOLOGICO DELL' AREA DI INTERVENTO

L'area dell'intervento, oggetto della presente relazione, ricade geograficamente nella Alta Pianura Veneta. Nell'area sono presenti terreni di origine alluvionale depositati dal sistema dei Fiumi Brenta e Piave: il sottosuolo è costituito da una successione di sedimenti ghiaioso sabbiosi, alternati a livelli sabbioso-limosi. Nel dettaglio i litotipi prevalenti sono rappresentati da depositi ghiaiosi in matrice sabbiosa cui sono affiancati e alternati depositi sabbiosi e sabbioso-limosi.

Nel comune di Castello di Godego il territorio può essere suddiviso in due aree: la prima è relativa all'alta pianura che è costituita dai conoidi ghiaiosi fluvioglaciali, originatisi allo sbocco delle valli alpine del Piave e del Brenta ("megafan" di Bassano e di Montebelluna); la seconda è relativa alle divagazioni dei fiumi Piave e Brenta hanno pertanto generato dei propri con di sedimentazione compenetrati tra loro in eventi successivi.

La zona è pianeggiante ed il materasso ghiaioso è prevalente, visibile nella Figura 6 degli allegati che rappresenta uno stralcio della carta geologica (da Regione Veneto-sistema Informativo Territoriale, 2014).



Nella Figura 4 degli allegati è rappresentato uno stralcio della carta delle unità geomorfologiche della pianura veneta con evidenziata in rosso l'area in cui incide l'intervento, mentre nella Figura 3 è rappresentato uno stralcio della carta litologica del Veneto con pure evidenziato in rosso l'area in cui incide l'intervento.

7 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA D'INTERVENTO

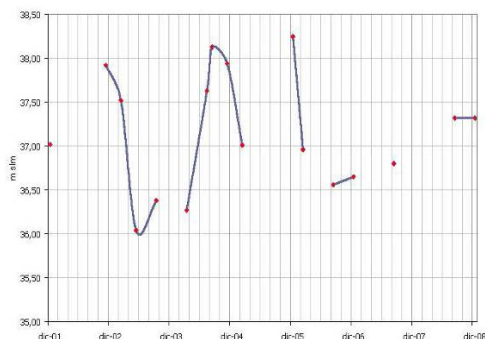
Il territorio su cui ricade l'opera in oggetto si pone nella zona di alta pianura con litotipi prevalentemente ghiaiosi ad alta o altissima permeabilità e talvolta litotipi sabbiosi a permeabilità media. L'eterogeneità della struttura stratigrafica e idrogeologica si riflette su un'estensione orizzontale dei livelli acquiferi sabbiosi, caratterizzati da una scarsissima continuità, verticale e orizzontale, con un'estensione laterale a scala locale, creando livelli a permeabilità variabile.

Nel sottosuolo della pianura è presente una falda di tipo freatico che non sempre è possibile raggiungere con i sondaggi geognostici. Il motivo è da attribuire all'elevata permeabilità delle ghiaie ed ai gradienti di pendenza che tendono ad assorbire e smaltire rapidamente le variazioni della superficie freatica. In generale, si ritiene che l'alimentazione della falda sia da attribuire essenzialmente alle dispersioni dell'alveo del Brenta e secondariamente alla rete idrografica secondaria ed alle infiltrazioni nel sottosuolo derivanti da precipitazioni meteoriche.

In generale l'idrogeologia dell'area è caratterizzata dalla presenza di una falda freatica, della quale si prevedono oscillazioni del livello piezometrico tra stagione secca e piovosa dell'ordine di circa 4 m, come rilevato tra gli anni 2000 e 2008 da un piezometro censito dall'ARPA Veneto sito nel comune di Castello di Godego (Stazione 545).

stazione 545 - CASTELLO DI GODEGO - prof. 27,9 m

anno	I	II	III	IV
2001				37,02
2002	--	asc.	--	37,92
2003	37,52	36,04	36,38	asc.
2004	36,27	37,63	38,13	37,94
2005	37,01	asc.	asc.	38,25
2006	36,96	asc.	36,56	36,65
2007	asc.	asc.	36,8	--
2008	asc.	asc.	37,32	37,32



I dati confermano in linea di massima le previsioni riportate nello stralcio della carta idrogeologica rappresentata in Figura 6 degli allegati alla relazione.

Per quanto riguarda la vulnerabilità della falda freatica nell'area d'intervento risulta essere da elevata a molto elevata (si veda Figura 7 degli Allegati).

8 CAMPAGNA DI INDAGINE GEOGNOSTICA

Per poter procedere ad una corretta progettazione dell'infrastruttura in oggetto è necessaria la conoscenza della litostratigrafia e delle caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dalle opere di progetto.

Per costruire un profilo litostratigrafico lungo il tracciato è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche mirata in sito e in laboratorio.

In dettaglio le indagini di progetto in sito e di laboratorio sono state raccolte in un apposito elaborato a cui si rimanda per maggiori chiarimenti.

8.1 INDAGINI DI PROGETTO

In assenza di indagini di repertorio nelle vicinanze dell'area in studio, in questa fase progettuale è stato ritenuto necessario predisporre una serie di indagini di progetto in corrispondenza del sottopasso ferroviario e lungo il tracciato stradale. Le indagini di progetto sono composte e riassunte nella tabella sottostante:

Sigla	Descrizione	N° prove	Profondità (m) effettuata
AMB	Prelievo di campioni di terreno per analisi ambientale (1 medio per ogni 2 pozzetti + 3 per ogni sondaggio)		8
DH	Down Hole	1	30
PCS	Prova di carico su piastra	2	
PE	Pozzetto esplorativo	4	
S	Sondaggio	2	1x15+1x30
CIC	Prova per la determinazione del contenuto iniziale di calce	1	

Nel sondaggi a carotaggio continuo di profondità 30 m si è eseguita una prova Down Hole, per la determinazione delle Vs30 come da normativa; mentre nel sondaggio meno profondo si è installato un piezometro per intercettare eventuali falde sospese. Inoltre, in due pozzetti sono state eseguite anche prove di carico su piastra e una prove di trattabilità a calce.

Per la presenza di terreni granulari durante l'esecuzione dei sondaggi si sono portate a termine prove SPT e prelievo di campioni rimaneggiati per le analisi di laboratorio. Si riassume nella tabella seguente le profondità delle prove in sito SPT.

	lunghezza sondaggio m	SPT 0-20 m	profondità m	SPT 20-40 m	profondità m
quantità complessive	45	6		2	
S1	30	3	-5/-9/-15	2	-25/-30
S2	15	3	-5/-10/-15	0	

Nel foro di sondaggio S1/2017 la falda è stata rilevata a -24,00 m dal piano campagna che, nell'area di intervento si trova circa alla quota +57,3 m s.l.m.m.

Pertanto, la quota assoluta di falda è pari a +33,3 m s.l.m.m.; considerando una oscillazione di 3 m la falda di progetto è stata assunta alla +36,3 m s.l.m.m.

Le prove suddette sono state portate a termine nel mese di Maggio 2017. Per quanto riguarda l'ubicazione delle indagini si rimanda alla Figura 8 degli allegati e nel dettaglio all'elaborato [1].

8.2 DESCRIZIONE PROVE DI LABORATORIO

In questa fase progettuale si sono definite una serie di indagini di rapida esecuzione ed interpretazione per poter dare una caratterizzazione dei terreni interessati, in modo da fornire un dimensionamento alle opere previste.

Nelle zone in cui sono previste fondazioni profonde, nel caso specifico nel sottopasso ferroviario, si sono effettuati i due sondaggi a carotaggio continuo e prelievo di campioni rimaneggiati nei quali sono state realizzate prove di

laboratorio, allo scopo di individuare un modello geotecnico per un'ideale e congrua scelta progettuale.

La tabella seguente riassume le prove di laboratorio eseguite sui campioni rimaneggiati prelevati nei due sondaggi effettuati:

	Apertura campione rimaneggiato	acqua naturale	densità	peso specifico	limiti Atterberg	gran setacci	gran densimetro	taglio diretto	Vane Test laboratorio	CIC + ricostruzione
quantità complessive	12	12	8	8	1	12	5	6	3	1
sondaggio S1 (30m)										
Campione -1,5m Rimaneggiato	X	X	X	X		X				
Campione - 2,50m Rimaneggiato	X	X	X	X		X				
Campione - 4,50m Rimaneggiato	X	X	X	X		X		X	X	
Campione - 7,50m Rimaneggiato	X	X	X	X		X		X	X	
Campione - 9,80m Rimaneggiato	X	X				X				
Campione - 12,40m Rimaneggiato	X	X				X				
Campione - 14,60m Rimaneggiato	X	X	X	X		X		X	X	
Campione - 17,40m Rimaneggiato	X	X	X	X		X		X	X	
sondaggio S2 (15m)										
Campione - 2,00m	X	X	X	X		X		X	X	
Campione - 5,00m	X	X	X	X		X				
Campione - 7,50m	X	X	X	X		X		X	X	
PE1 Rimaneggiati	X	X			X	X				X

8.3 DESCRIZIONE DELLE PROVE AMBIENTALI

Come descritto nella tabella riassuntiva, il prelievo dei campioni ambientali è stato così eseguito: n° 1 campione medio per ogni due pozzetti (areale) e n° 3 campioni per ogni sondaggio S1 e S2.

Dai risultati delle analisi chimiche risulta che i campioni di terreno presentano valori dei parametri analizzati inferiori ai limiti stabiliti dal D.Lgs. 152/2006 (Tab.1 dell'all. 5, titolo V della parte IV), sia per quelli indicati nella colonna B (siti ad uso commerciale e industriale) che per quelli più restrittivi della colonna A (siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale).

Si può quindi affermare che l'area su cui è prevista la realizzazione dell'intervento in oggetto risulta non contaminata.

In dettaglio le prove ambientali sono state raccolte nella relazione ambientale sito specifica a cui si rimanda per maggiori dettagli.

8.4 LITOSTRATIGRAFIA

Grazie alla campagna di indagini sito specifica è stato possibile definire la litostratigrafia della zona di intervento.

La zona in oggetto mostra i tipici caratteri litologici delle zone di Alta pianura, con sottosuoli prevalentemente ghiaiosi in matrice più o meno sabbiosa.

Lungo il tracciato di progetto, il territorio del comune di Castello di Godego, dall'analisi dei sondaggi S1 ed S2 e dalle indagini svolte nel pozzetto esplorativo PE1, risulta caratterizzato da uno strato superficiale costituito da terreno di riporto e/o terreno vegetale della potenza di approssimativamente 1,00 m, sotto al quale inizia il materasso ghiaioso in matrice più o meno sabbioso - limosa.

Per quanto riguarda il profilo stratigrafico dell'area interessata si rimanda all'elaborato "Planimetria con ubicazione delle indagini e profilo litostratigrafico".

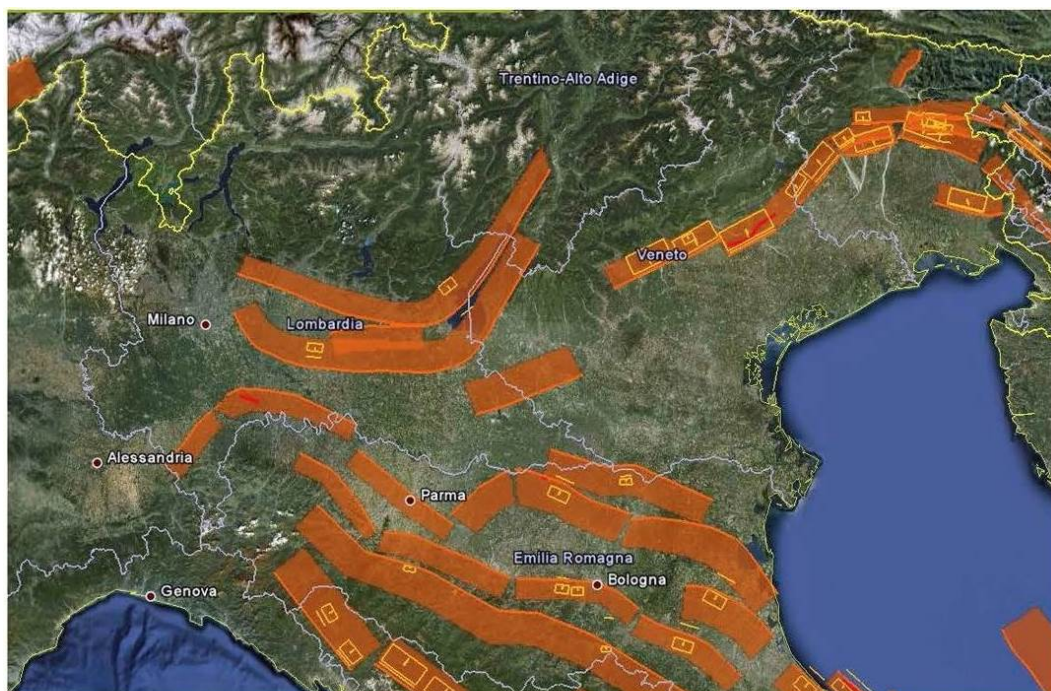
9 INQUADRAMENTO SISMICO

9.1 TETTONICA GENERALE E MACROZONAZIONE SISMICA

Le strutture lineari che interessano il comune di Castello di Godego sono le seguenti:

- alcuni chilometri a Nord del Comune la grande flessura Bassano-Valdobbiadene - M. Cesen, elemento neotettonico principale di tutta l'area allargata;
- poco oltre il limite settentrionale del Montello, verso Nord-Est, la faglia del Quartier del Piave; è costituita in realtà da uno stretto fascio di faglie dirette, attive, con direzione WSW-ENE, obliterate dai sedimenti di copertura;
- in corrispondenza alla parte centrale del Comune le linee di Aviano e Sacile (faglie inverse ad alto angolo che procedono in direzione SW-NE), evidenziano un importante rigetto locale;
- al centro la linea di Montebelluna, insieme di faglie con direzione NW-SE sia trascorrenti che con importante movimento verticale;
- limitate strutture plicative interessano poi il basamento a Sud del territorio in esame con andamento WSW-ENE.

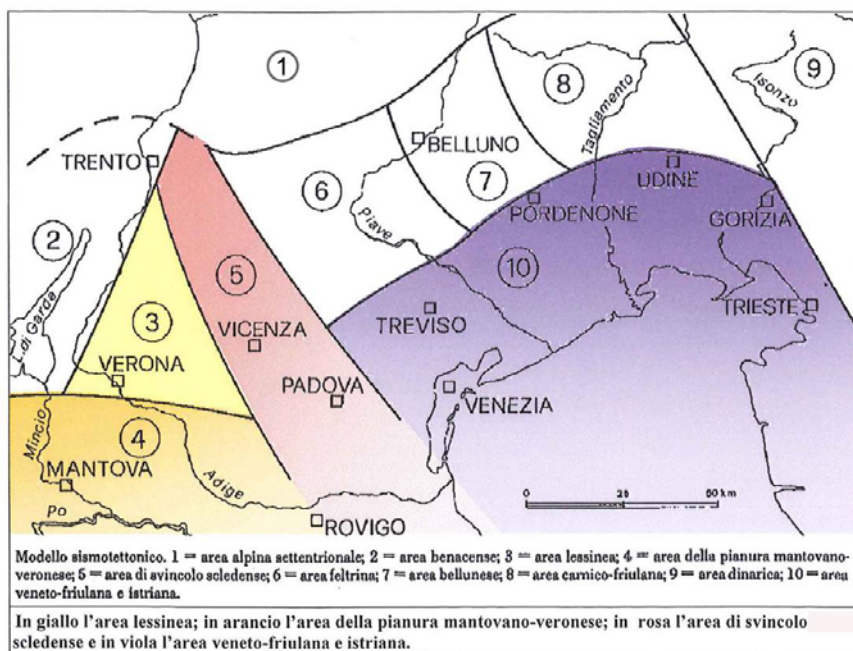
Di seguito viene rappresentata un'immagine che riassume a grandi linee lo scenario sismogenico dell'Italia Settentrionale.



Scenario sismogenico del nord Italia: le fasce di colore arancione individuano le principali zone per l'insorgenza di possibili manifestazioni sismiche. Fonte: Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.1.1 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

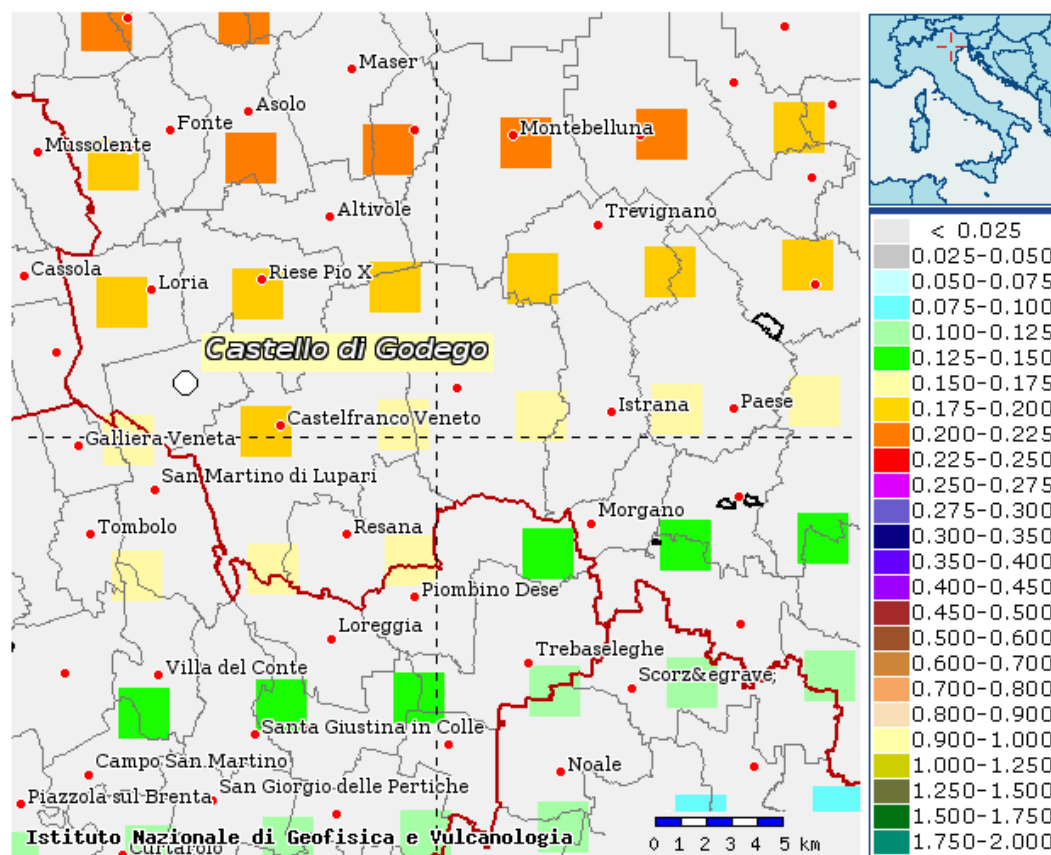
Secondo la normativa vigente (D.G.R.1572/2013), l'area interessata dal progetto è compresa per la sua totalità nella zona 3^a della classificazione sismica del territorio.

L'area, come zonazione sismo tettonica, è compresa nell'area Veneto Friulana, e, nel suo complesso, si può definire a basso rischio sismico. Nel dettaglio, i rilievi geofisici eseguiti sul territorio nazionale hanno evidenziato che le faglie visibili nelle formazioni rocciose, affioranti nelle zone collinari e montane, continuano sotto le alluvioni, interessando anche il basamento roccioso della pianura.



Zonazione sismotettonica

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) mette a disposizione una mappa interattiva della pericolosità sismica italiana definendo i valori di accelerazione al suolo (a_g) su tutto il territorio nazionale. Il comune di Castello di Godego, come evidenzia l'immagine sottostante, possiede una accelerazione massima al suolo compresa tra 0,150 e 0,200g.



**MAPPA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA ESPRESSA IN TERMINI DI
ACCELERAZIONE MASSIMA DEL SUOLO (Istituto Nazionale di Geofisica e
Vulcanologia – 2004/2006)**

Secondo le disposizioni in merito alle verifiche di resistenza delle costruzioni sottoposte all'azione sismica riviste con il Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 “Norme tecniche per le costruzioni”, si deve far riferimento alle locazioni delle opere come schematizzato nelle figure seguenti.

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 (e successive modifiche ed integrazioni) – “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di Normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” disciplinava la classificazione sismica dei comuni d'Italia.

In seguito a tale classificazione, effettuata per ognuno dei comuni d'Italia, è stato emanato un nuovo provvedimento che prevede uno studio condotto dall'Istituto

Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) che ha prodotto un database relativo all'accelerazione massima al suolo, per l'intera comunità nazionale, utilizzabile nell'immediato in provvedimenti normativi.

L'area interessata dal progetto, evidenziata dal quadrato che congiunge vertici sismici contigui, comprende il comune di Castello di Godego, e per un inquadramento di massima, che dovrà essere in seguito affinato considerando le distanze effettive di ogni opera dai vertici interessati, sono state create le seguenti tabelle, comune per comune, che rappresentano i vari parametri con differenti tempi di ritorno:

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate

☐ Ricerca per comune

LONGITUDINE

LATITUDINE

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

☐ Sito esterno al reticolo

☐ Interpolazione su 3 nodi

☒ Interpolazione corretta

Interpolazione

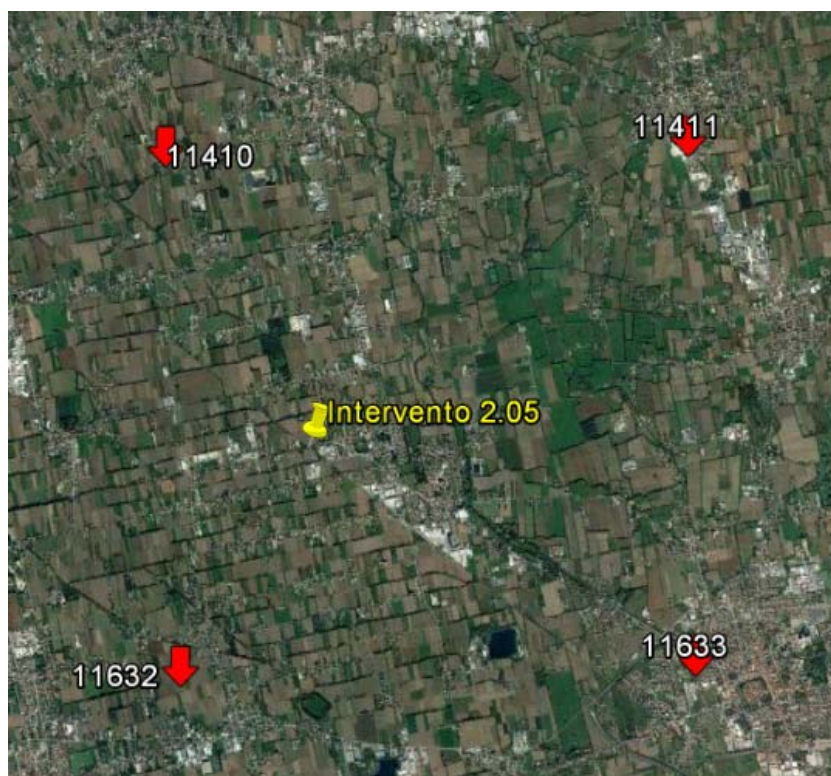
superficie rigata

Nodi del reticolo intorno al sito



La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3



Localizzazione dell'intervento in oggetto (Comune di Castello di Godego)

Vengono di seguito rappresentati i valori precalcolati relativi ai vertici sismici considerati:

ID	LON	LAT	Tr=30			Tr=50			Tr=72		
			a_g	F_0	T_c	a_g	F_0	T_c	a_g	F_0	T_c
11410	11,8450	45,7240	0,490	2,46	0,24	0,651	2,45	0,25	0,782	2,44	0,26
11411	11,9170	45,7250	0,497	2,47	0,24	0,664	2,44	0,25	0,798	2,44	0,26
11632	11,8470	45,6740	0,453	2,49	0,24	0,603	2,48	0,25	0,731	2,44	0,26
11633	11,9180	45,6750	0,454	2,49	0,24	0,603	2,48	0,25	0,734	2,44	0,27
			Tr=101			Tr=140			Tr=201		
			a_g	F_0	T_c	a_g	F_0	T_c	a_g	F_0	T_c
			0,935	2,40	0,27	1,098	2,38	0,28	1,299	2,38	0,29
			0,956	2,40	0,27	1,125	2,39	0,28	1,332	2,38	0,29
			0,868	2,40	0,27	1,018	2,39	0,28	1,200	2,39	0,29
			0,873	2,41	0,27	1,024	2,39	0,28	1,206	2,40	0,29
			Tr=475			Tr=975			Tr=2475		
			a_g	F_0	T_c	a_g	F_0	T_c	a_g	F_0	T_c
			1,869	2,38	0,31	2,483	2,39	0,32	3,562	2,39	0,34
			1,933	2,37	0,31	2,588	2,39	0,33	3,709	2,43	0,35
			1,729	2,39	0,31	2,295	2,40	0,32	3,301	2,38	0,34
			1,750	2,39	0,31	2,342	2,40	0,33	3,368	2,43	0,35

Come si può vedere, nella figura sottostante che mostra i valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento, il rischio sismico, considerando un tempo di ritorno di 475 anni, possiede una accelerazione orizzontale dei suoli pari ai 0,180g.

T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
30	0,047	2,478	0,237
50	0,062	2,465	0,253
72	0,075	2,440	0,264
101	0,090	2,404	0,272
140	0,106	2,386	0,280
201	0,125	2,386	0,288
475	0,180	2,385	0,309
975	0,239	2,396	0,324
2475	0,344	2,395	0,342

Considerando i valori delle accelerazioni orizzontali per un tempo di ritorno di 475 anni tutta l'area del comune va considerata in zona sismica 2^a, come si può dedurre dalla tabella seguente ricavata dalla vecchia normativa ed inserendo l'accelerazione orizzontale con un tempo di ritorno di 475 anni:

CLASSIFICAZIONE SISMICA		
zona 1^a	ricadono in questa zona i comuni o porzioni di essi per i quali	$a_{g,475} \geq 0,25g$
zona 2^a	ricadono in questa zona i comuni o porzioni di essi per i quali	$0,25g > a_{g,475} \geq 0,15g$
zona 3^a	ricadono in questa zona i comuni o porzioni di essi per i quali	$0,15g > a_{g,475} \geq 0,05g$
zona 4^a	ricadono in questa zona i comuni o porzioni di essi per i quali	$a_{g,475} < 0,05g$

9.2 MICROZONAZIONE SISMICA

9.2.1 Effetti di sito – amplificazione stratigrafica- categoria dei suoli di fondazione

La caratterizzazione sismica del terreno è condotta in accordo con il DM 17-01-2018, in base alla quale i terreni possono essere suddivisi nelle categorie riportate nella tabella seguente.

Secondo il nuovo decreto si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella successiva espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

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

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

con:

h_i = spessore dell' i -esimo strato;

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

N = numero di strati;

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

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella seguente tabella:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Categorie di sottosuolo (NTC 2018)

Per inquadrare la zona dal punto di vista della microzonazione sismica, a riguardo dell'amplificazione stratigrafica, si è preso in esame, la prova Down Hole eseguita nelle vicinanze, la quale ha permesso di interpretare le $V_{s,30}$ e ottenere un valore medio di 302 m/s.

Considerando la classificazione dei terreni secondo la $V_{s,30}$, rappresentata nella tabella soprastante si può concludere che i terreni interessati dalle opere in progetto, appartengono alla categoria "C"

9.2.2 Effetti di campo vicino

Essendo le faglie e le lineazioni tettoniche più importanti nella zona coperte da un potente materasso alluvionale della potenza stimata attorno ai 750 – 600 m, si ritiene di non prendere in considerazione questo tipo di effetto.

9.2.3 Effetti di sito – amplificazione topografica

Essendo la zona pianeggiante nel suo insieme, si ritiene di non prendere in considerazione questo tipo di effetto di amplificazione dell'effetto sismico.

10 CONCLUSIONI

Dallo studio geologico, geomorfologico, idrogeologico, litostratigrafico e dall'analisi dei dati raccolti e dalle indagini effettuate è possibile fare le seguenti considerazioni:

- il sottosuolo investigato dalle verticali è caratterizzato da uno strato superficiale costituito da terreno di riporto e/o terreno vegetale, seguito da ghiaie in matrice più o meno sabbio limosa. Lo strato di copertura ha uno spessore dell'ordine di circa 1,00 m;
- nel foro di sondaggio S1/2017 la falda è stata rilevata a -24 m dal piano campagna che, nell'area di intervento si trova circa alla quota +33,3 m s.l.m.m.; inoltre non si sono riscontrate falde sospese;
- si possono prevedere delle oscillazioni del livello piezometrico tra stagione secca e piovosa dell'ordine di circa 2,00 m/3,00 m;
- dal punto di vista del rischio sismico si può affermare che per un tempo di ritorno di 475 anni l'accelerazione orizzontale massima dei suoli prevedibile è di 0,180 g. Dall'analisi delle $V_{s,30}$ attraverso l'esecuzione delle prove geofisiche i terreni interessati dalle opere in progetto appartengono alla categoria "C", secondo le NTC 2018.

11 BIBLIOGRAFIA

- Antonelli R., Barbieri G., Dal Prà A., DE Zanche V., Grandesso P., Mietto P., Sedea R., Zanferrari A., 1988 – *Carta geologica del Veneto (sc. 1:250.000)*. S.EL.CA., Firenze.
- Dal Prà A., Bellati R. (con la collaborazione di Antonelli R., Costacurta R., Sbettega G.), 1977 - *Distribuzione dei materiali limoso-argillosi nel sottosuolo della Pianura Veneta*. Quad. Ist. Ric. sulle Acque, v.34 (4), Roma.
- Briseghella L. et alii, 1994 - *Rischio sismico del Veneto*. Regione Veneto.
- Cavallin A., Giorgetti F., 1983 – Elementi geologici e geofisici per un modello geodinamico dell'Italia nord-orientale e suoi rapporti con l'Appennino – Memorie Società Geologica Italiana.
- Cerbini G., Gorla M., 2004 – IDROGEOLOGIA APPLICATA – Principi, metodi e misure. – Edizioni Geo-Graph_Segrate.
- Fabbri P., Mari G.M., 1998 – Valutazioni geostatistiche su una rete freaticometrica nella pianura veneta (Province di Padova, Vicenza, Treviso e Venezia). *Acque Sotterranee*, Anno XV, n. 58, Milano.
- GEOTECHNICAL and GEOFISICAL SITE CHARACTERIZATION – 2nd Internatinal Conference on Site Characterisation – ISC'2 Porto, Portugal, 19-22 September 2004.
- G.N.D.T. - C.N.R., 1987 - Modello sismotettonico dell'Italia Nord – Orientale.
- Gruppo di studio sulle falde acquifere profonde della Pianura Padana, 1979 - *Lineamenti idrogeologici della Pianura Padana*. Quad. ist. Ric. Sulle Acque, v. 28(2), Roma.



- Mari G.M., Bagnaia R., Ventura R., 1999 – Rete di monitoraggio dei corpi idrici sotterranei. Risultati preliminari delle indagini e delle sperimentazioni effettuate nella pianura veneta - Atti del 3° Convegno Nazionale sulla protezione e Gestione delle acque sotterranee per il III millennio, Parma 13, 14, 15 ottobre 1999 - Quaderni di Geologia Applicata, Pitagora Editrice, Bologna.
- Mozzi P. – Geomorfologia e depositi superficiali nella Pianura Veneta Centrale - Atti del Convegno “Conoscenza e salvaguardia – il contributo delle Scienze della Terra”, Ferrara 8 - 11 novembre 1999 – Università degli Studi di Ferrara.
- Osservatorio Acque A.R.P.A.V., 2002 - *Acqua sotterranea nel Veneto*. – Regione Veneto.
- Quaderni I.R.S.A, 1970-1990 - Studi idrogeologici sulla Pianura Padana. C.N.R.
- P.A.T. - Comune di Castello di Godego, 2016 - Carta geomorfologica.
- P.A.T. - Comune di Castello di Godego, 2016- Carta litologica.
- P.A.T. - Comune di Castello di Godego, 2016 - Carta idrogeologica.
- P.A.T. – Comune di Castello di Godego, 2016- Relazione Geologica.
- Regione del Veneto, 2004 – Piano Regionale delle Attività di Cava.
- Regione del Veneto, 2005 – Piano Territoriale Regionale di Coordinamento.
- Trevisan L., Giglia G. - Geologia Generale, Edizioni Vallerini, Pisa.
- UFFICIO IDROGRAFICO DEL MAGISTRATO DELLE ACQUE – Sezione Geologica – Note Illustrative della Carta Geologica delle tre



Venezie – Fogli Venezia ed Adria – B. Zanettin – Società Cooperativa
Tipografica – Padova, 1955.

12 ALLEGATI

Figura 1 – PLANIMETRIA CON L'UBICAZIONE DEGLI INTERVENTI

Figura 2 – SCHEMA STRUTTURALE DELLA PIANURA PADANA E VENETO-FRIULANA (*da Cavallin e Giorgetti 1983*)

Figura 3 – SCHEMA GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO DELLA PIANURA VENETA (*da Agip-Direzione Mineraria; 1990*)

Figura 4 – STRALCIO CARTA GEOLITOLOGICA DEL COMUNE DI CASTELLO DI GODEGO (*da Comune di Castello di Godego P.A.T., 2016*)

Figura 5 – STRALCIO CARTA GEOMORFOLOGICA DEL COMUNE DI CASTELLO DI GODEGO (*da Comune di Castello di Godego P.A.T., 2016*)

Figura 6 – STRALCIO CARTA IDROGEOLOGIA DEL COMUNE DI CASTELLO DI GODEGO (*da Comune di Castello di Godego P.A.T., 2016*)

Figura 7 – STRALCIO DELLA CARTA GEOLOGICA (*da Regione veneto-sistema Informativo Territoriale, 2014*)

Figura 8 – PLANIMETRIA CON L'UBICAZIONE DELLE INDAGINI DI PROGETTO



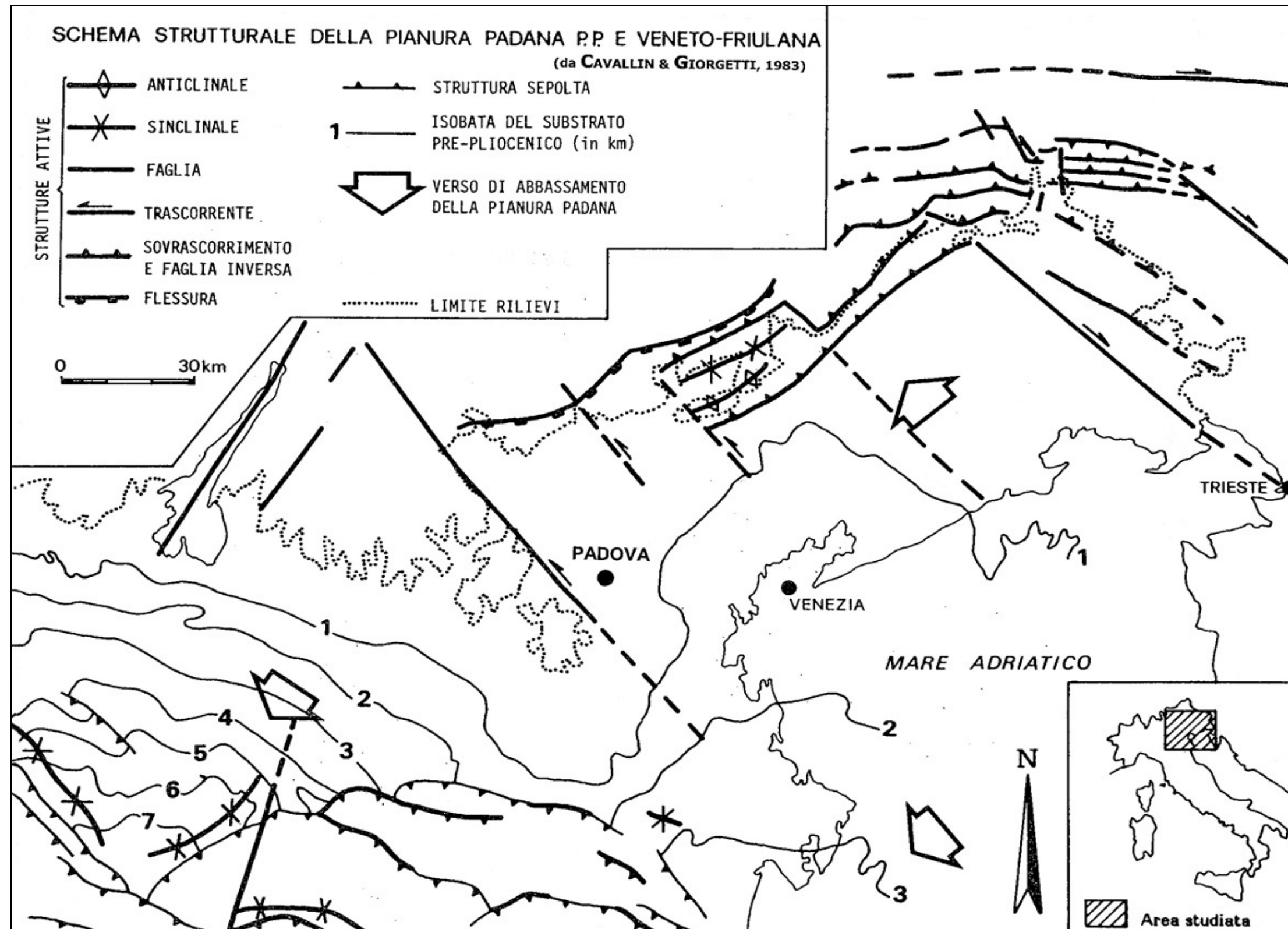


Figura 2 - SCHEMA STRUTTURALE DELLA PIANURA PADANA E VENETO-FRIULANA (da Cavallin e Giorgetti 1983)

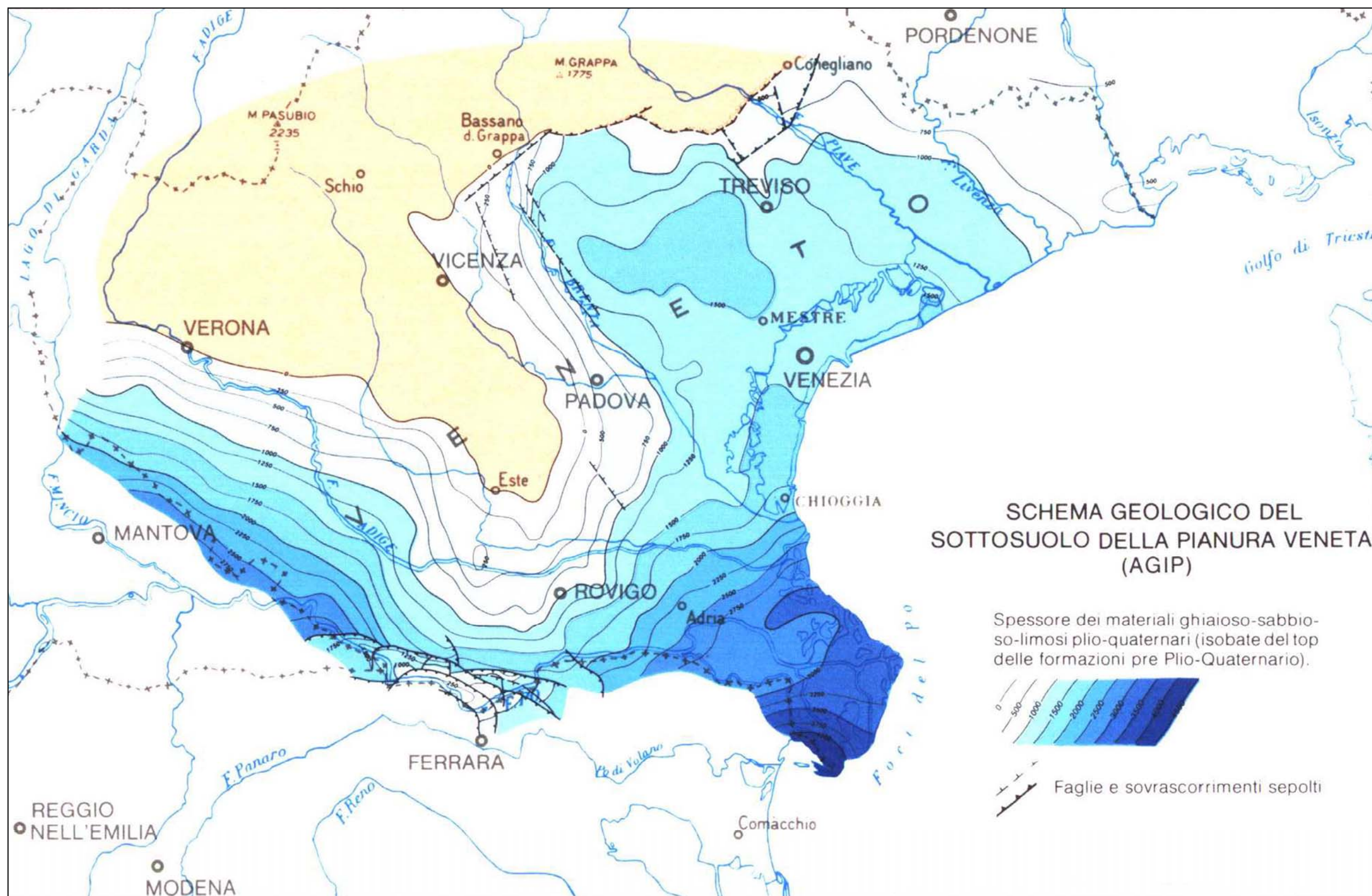


Figura 3 - SCHEMA GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO DELLA PIANURA VENETA (da Agip-Direzione Mineraria; 1990)

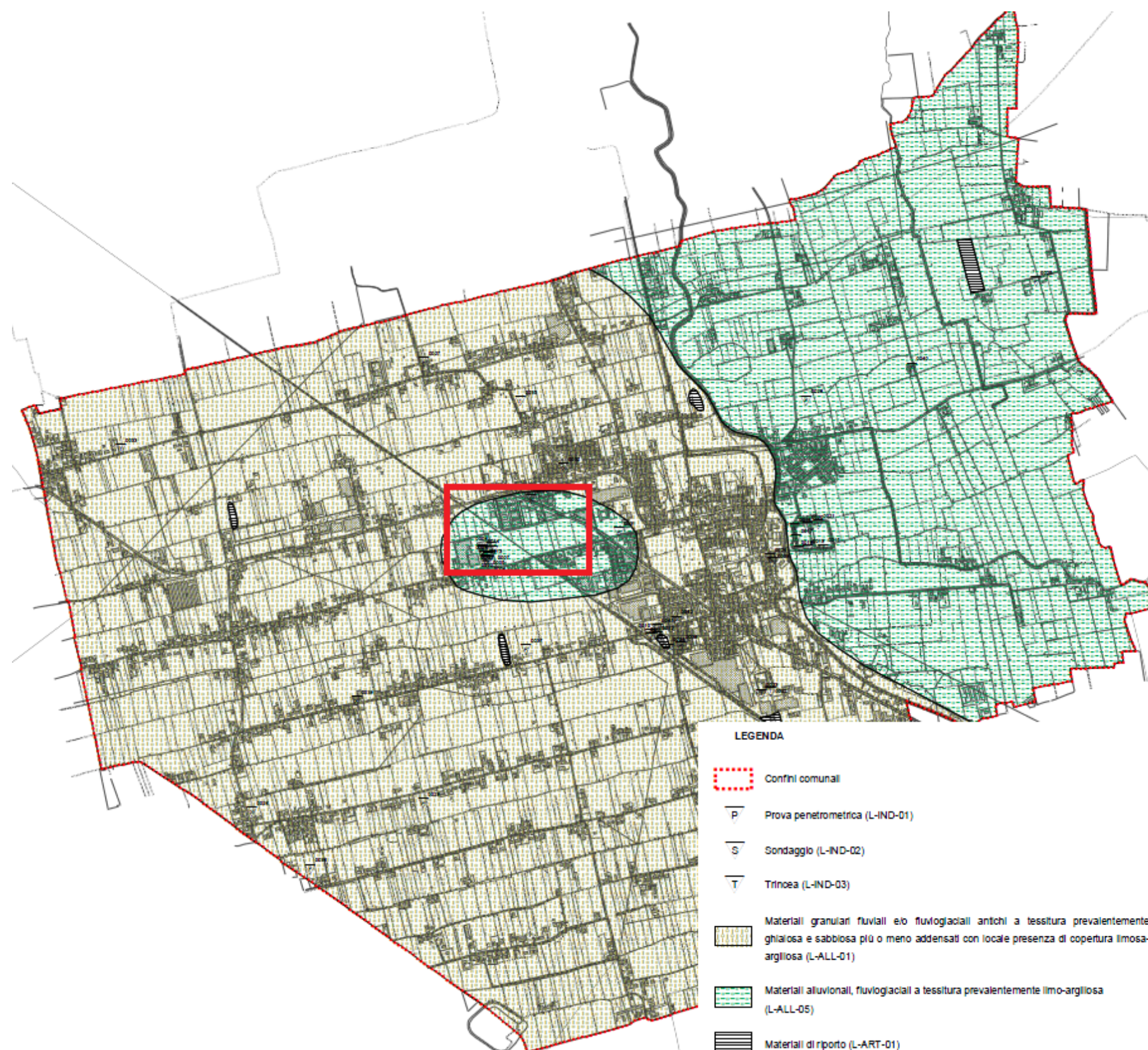


Figura 4 - STRALCIO CARTA GEOLITOLOGICA DEL COMUNE DI CASTELLO DI GODEGO (da Comune di Castello di Godego P.A.T., 2016)

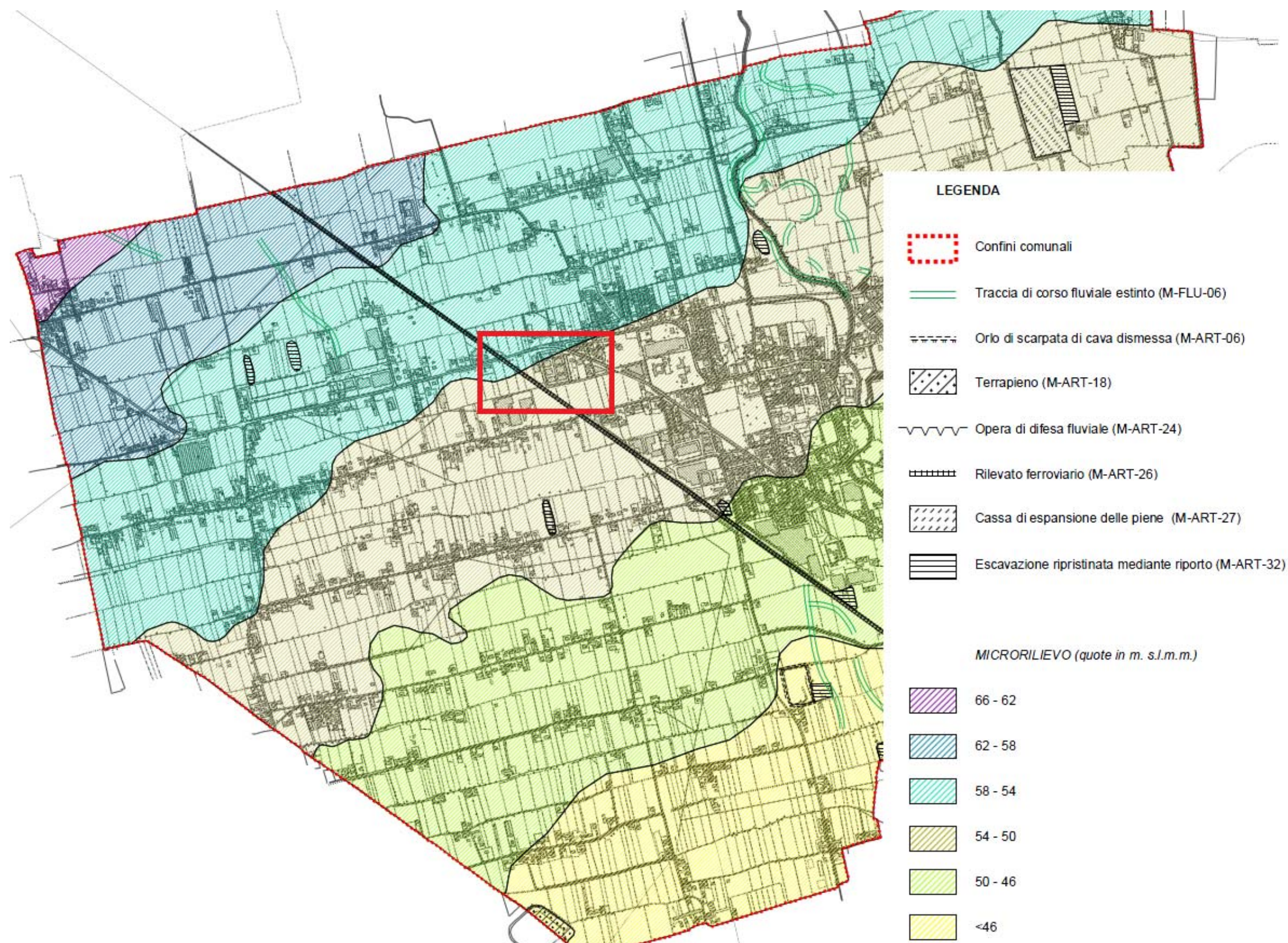


Figura 5 - STRALCIO CARTA GEOMORFOLOGICA DEL COMUNE DI CASTELLO DI GODEGO (da Comune di Castello di Godego P.A.T., 2016)

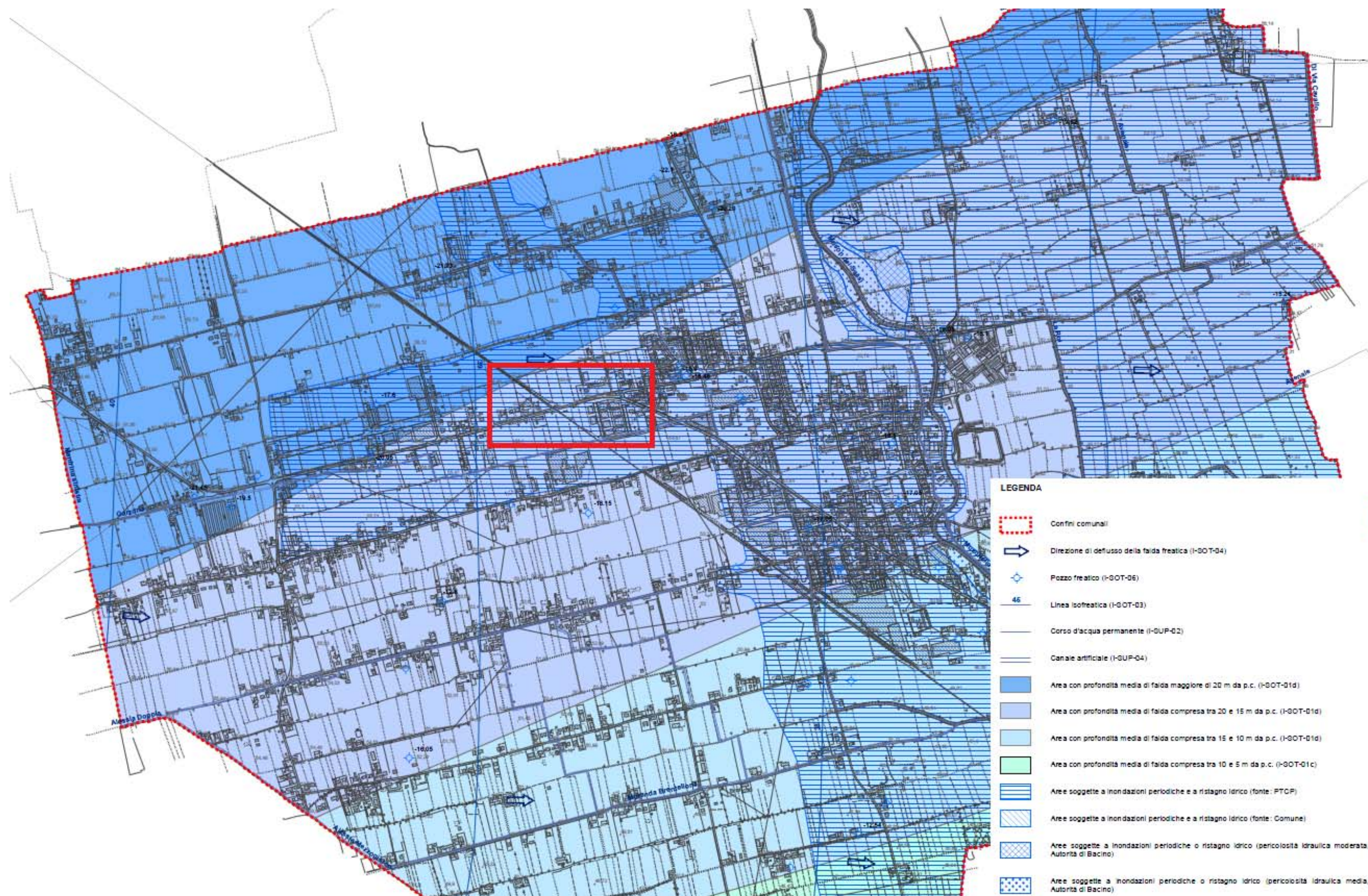


Figura 6 - STRALCIO CARTA IDROGEOLOGICA DEL COMUNE DI CASTELLO DI GODEGO (da Comune di Castello di Godego P.A.T., 2016)

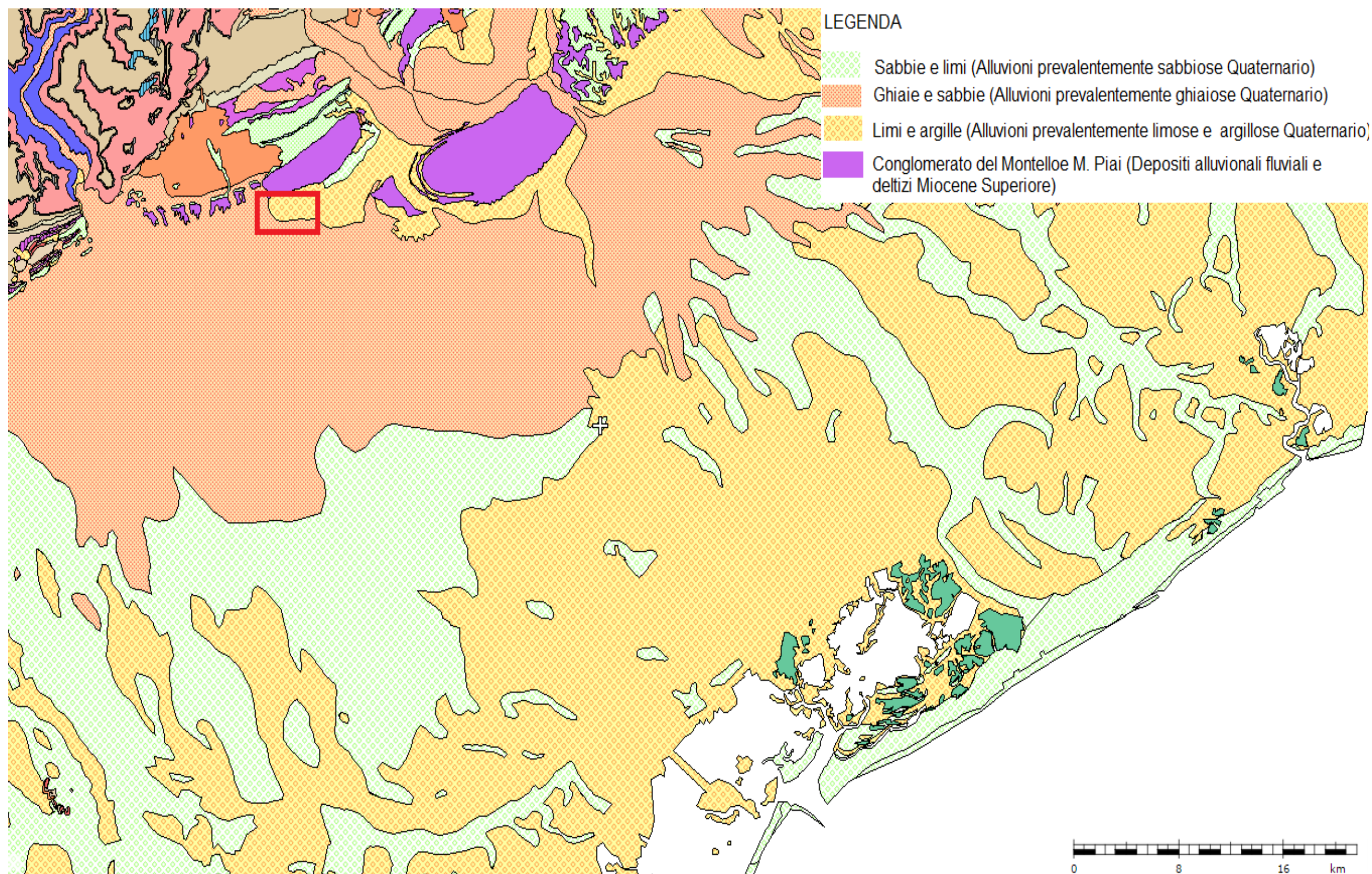


Figura 7 - STRALCIO DELLA CARTA GEOLOGICA (da Regione veneto-sistema Informativo Territoriale, 2014)

LEGENDA

- S1 - sondaggio a carotaggio continuo a 20 m. (SPT + C.RIM + C.AMB)
S2 - sondaggio a carotaggio continuo a 15m. (SPT + C.RIM + C.AMB)
PE - pozzetto esplorativo a-1m con prova di carico su piastra a -0.5m (C.RIM + C.AMB)

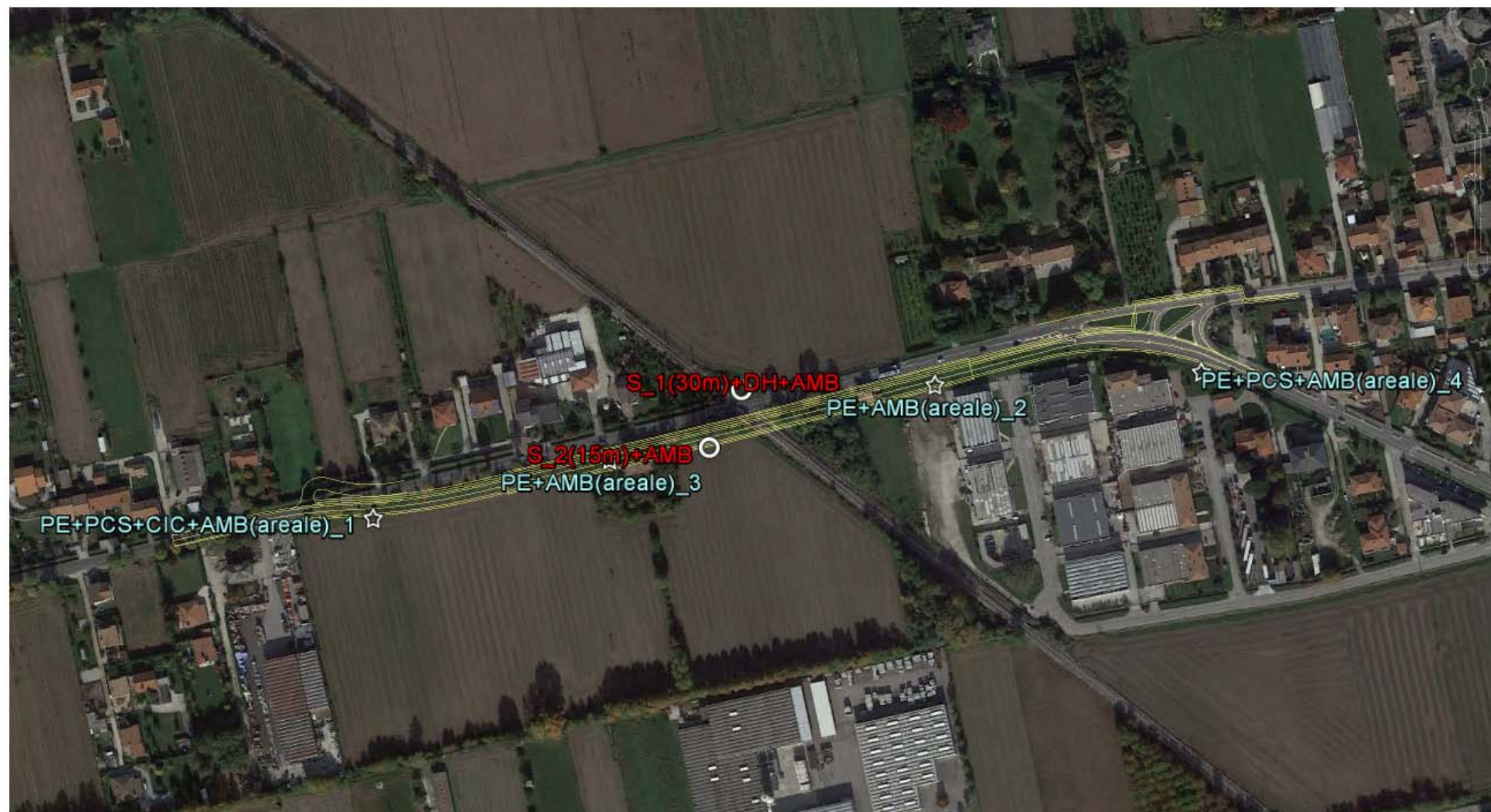


Figura 8- PLANIMETRIA CON L'UBICAZIONE DELLE INDAGINI DI PROGETTO