



**COMUNE DI  
VENEZIA**



## PROGETTO

**PIANO INTEGRATO METROPOLITANO  
EX ART 21 DL 152/21 - PNRR M5C2  
INTERVENTO 2.2.**

**BOSCO DELLO SPORT**

**Intervento I02 - Opere di urbanizzazione interna**

## PROGETTISTA



30035 Milano (VE)  
Viale Belvedere, 8/10  
www.fm-ingegneria.com  
Tel. +39 041 5785 711  
Fax +39 041 4355 933  
cittadellasportve@fm-ingegneria.com

## EMISSIONE

**PROGETTO DI FATTIBILITÀ  
TECNICO-ECONOMICA**

(di cui agli artt. 44 e 48 del decreto-legge 31 maggio 2021, n. 77, convertito nella legge 29 luglio 2021, n. 108, delle prime indicazioni e prescrizioni per la stesura dei Piani di Sicurezza e dell'aggiornamento dello studio del traffico).

## TITOLO ELABORATO

**INDAGINI E STUDI PRELIMINARI**

**Relazione geologica e relativi allegati**

REV.	DATA	FILE	OGGETTO	DIS.	APPR.
a	18/03/22	I02-PFTE-G-002-A.dwg	Prima emissione	G. S.	A. B.
b					
c					
d					
e					
f					
g					
h					

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:

Ing. Simone Agrondi

ELABORATO N.

**G-002**

DATA: 18/03/2022	SCALA: -	FILE: I02-PFTE-G-002-A.dwg	N. INTERVENTO I02
PROGETTO L. Ranzato	DISEGNO G. Sarto	VERIFICA S. Rioda	APPROVAZIONE A. Bonaventura



**I02**

**BOSCO DELLO SPORT  
OPERE DI URBANIZZAZIONE INTERNA**

I02-PFTE-G-002-A RELAZIONE GEOLOGICA E RELATIVI ALLEGATI

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>INQUADRAMENTO IDROGRAFICO .....</b>	<b>7</b>
<b>6</b>	<b>INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....</b>	<b>9</b>
<b>7</b>	<b>INQUADRAMENTO SISMICO DELL'AREA.....</b>	<b>11</b>
	7.1 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA .....	12
	7.2 CATEGORIA TOPOGRAFICA .....	15
<b>8</b>	<b>MODELLO GEOLOGICO .....</b>	<b>16</b>
	8.1 FALDA .....	18
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>19</b>

**I02**

**BOSCO DELLO SPORT  
OPERE DI URBANIZZAZIONE INTERNA**

I02-PFTE-G-002-A

RELAZIONE GEOLOGICA E RELATIVI ALLEGATI

## 1 PREMESSA

Il presente studio geologico rappresenta un documento tecnico di supporto allo studio di fattibilità tecnico-economica inerente il progetto della “Cittadella dello Sport”, opera che il Comune di Venezia, di concerto con la Città Metropolitana, intende attuare nella prospettiva di offrire all’intera comunità metropolitana un luogo dove si possa formare e coltivare la cultura del benessere psico-fisico, dello stare insieme per la condivisione di interessi e passioni socio-culturali identitarie, quali volano di coesione sociale, con piena consapevolezza ecologica ed ambientale.

La nuova Cittadella dello sport, nominata anche “Bosco dello sport”, sorgerà a Nord del quadrante di Tessera, in un’area interessata ad oggi da agricoltura intensiva ma tuttavia vicina all’aeroporto internazionale Marco Polo e alle importanti arterie stradali ad esso connesse.

La presente relazione geologica mira, pertanto, a dare un quadro geologico, idrogeologico e sismico del sottosuolo dell’area dove sorgerà questa Cittadella dello Sport, che di fatto si caratterizza per una serie di interventi che possono essere così sintetizzati:

- Completamento Nuova viabilità Tessera – Aeroporto
- Opere a Verde e di Paesaggio
- Opere di urbanizzazione interna
- Nuova arena per gli sport al coperto e per gli spettacoli, che sarà in grado di ospitare fino a 10.000 persone sedute;
- Stadio per il gioco del calcio ma anche di altri sport, come il rugby, e dotata di molteplici servizi al proprio interno, dimensionata per 16.000 spettatori comodamente seduti e al coperto.
- Area educational e sport.

Lo studio geologico qui descritto, che allo stato attuale riveste carattere preliminare, dopo un breve inquadramento di carattere generale, restituisce un modello geologico e idrogeologico del sottosuolo e mira a fornire alcune indicazioni di carattere preliminare alla progettazione geotecnica delle nuove opere.

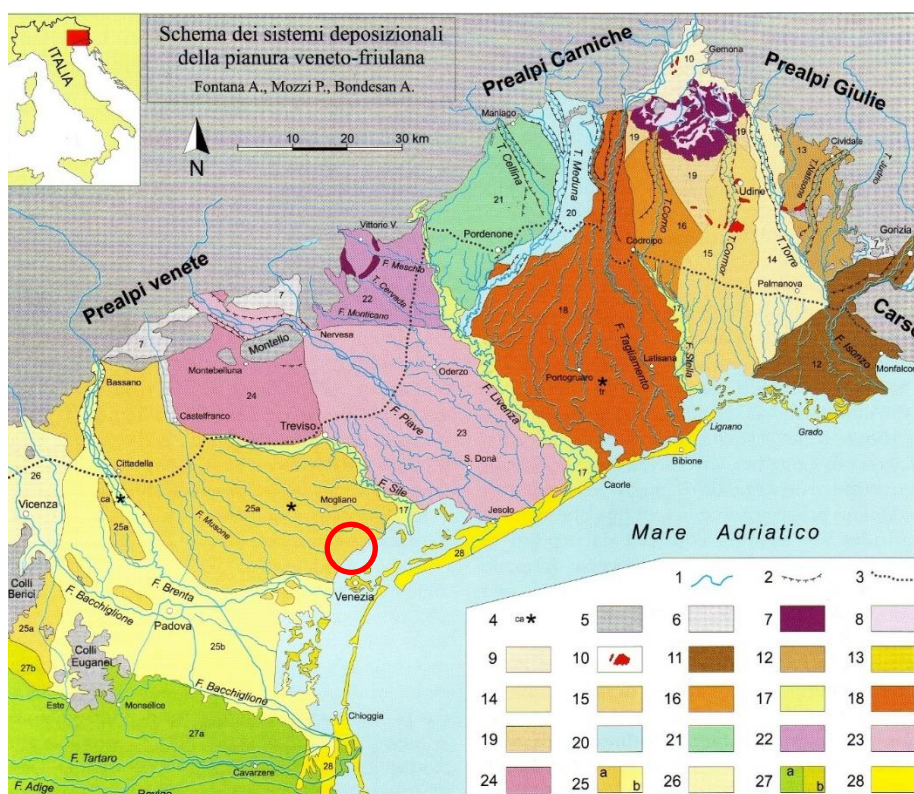
## 2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area di intervento si localizza lungo l'asse autostradale per l'aeroporto Marco Polo di Venezia, immediatamente a nord di quest'ultimo. Nello specifico l'area oggetto del presente studio fa parte dell'ambito territoriale di Tessera-Cà Noghera nella Municipalità di Favaro Veneto, suddivisione amministrativa del Comune di Venezia che comprende l'estremità orientale della terraferma. Situada a nord-est di Tessera appena sopra l'aeroporto Marco Polo è delimitata ad est dalla bretella autostradale che collega l'aeroporto con l'autostrada A4 Venezia Trieste, ad ovest da Via Ca' Zorzi e a nord da via Litomarinò. L'area di intervento ricopre una superficie di circa 116 ha.

La stessa si inquadra in un contesto territoriale attualmente ad uso agricolo-intensivo, che diviene fortemente urbanizzato a Sud e a Sud-Est per la presenza delle strutture aeroportuali.

## 3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area in oggetto si colloca nella bassa pianura costiera situata a ridosso della Laguna di Venezia, dove affiorano sedimenti prevalentemente medi o fini (sabbie, limi ed argille), riferibili alla porzione distale del megafan pleistocenico del Brenta (Figura 1).



Legenda: 1) idrografia; 2) orlo delle principali scarpate fluviali; 3) limite superiore delle risorgive; 4) ubicazione delle sezioni stratigrafiche citate nel testo: figg. 3.6a, 3.6b e 3.10; 5) Prealpi, Colli Euganei e Berici; 6) aree alluvionali di corsi d'acqua prealpini; 7) cordoni morenici degli anfiteatri di Piave e Tagliamento; 8) depressioni intermoreniche; 9) piana di Osoppo; 10) terrazzi tettonici dell'alta pianura friulana; 11) megafan dell'Isonzo-Torre; 12) conoide del Natisone-Judrio; 13) isole lagunari; 14) megafan del Torre; 15) megafan del Cormor; 16) megafan del Corno di San Daniele; 17) sistemi dei principali fiumi di risorgiva (Stella, Livenza e Sile), localmente incisi; 18) megafan del Tagliamento; 19) aree interposte tra megafan, appartenenti al sandur del Tagliamento; 20) megafan del Meduna; 21) conoide del Cellina; 22) conoidi dei fiumi Monticano, Cervada e Meschio, e degli scaricatori glaciali di Vittorio Veneto; 23) megafan del Piave di Nervesa; 24) megafan del Piave di Montebelluna; 25) sistema del Brenta: a) settore pleistocenico (megafan di Bassano), b) pianura olocenica del Brenta con apporti del Bacchiglione; 26) conoide dell'Astico; 27) sistema dell'Adige: a) pianura olocenica con apporti del Po; b) pianura pleistocenica; 28) sistemi costieri e deltizi.

FIGURA 1: SCHEMA DEI SISTEMI DEPOSIZIONALI DELLA PIANURA VENETO-FRIULANA (DA BONDESAN ET AL., GEOMORFOLOGIA DELLA PROVINCIA DI VENEZIA, 2004)

**I02**

**BOSCO DELLO SPORT  
OPERE DI URBANIZZAZIONE INTERNA**

I02-PFTE-G-002-A RELAZIONE GEOLOGICA E RELATIVI ALLEGATI

La deposizione dei sedimenti che costituiscono il sottosuolo dell'area veneziana è inizialmente da riferire all'abbassamento del livello marino durante l'ultimo periodo glaciale pleistocenico (massimo glaciale 22.000 anni b.p.), che portò all'emersione di una vasta porzione dell'Adriatico settentrionale, con la linea di costa settentrionale attestata alla latitudine di Ancona.

La successiva fase climatica verificatasi nell'Olocene fu caratterizzata da un innalzamento della temperatura, con il conseguente arretramento dei ghiacciai.

Durante tale fase il livello del mare raggiunse un livello prossimo a quello attuale, innalzando il livello di base dei fiumi e favorendo la deposizione della fascia di sedimenti olocenici litorali e fluvio-palustri che formano la bassa pianura costiera.

Il primo segno dell'instaurarsi di un ambiente lagunare risale a circa 6.000 anni fa, con la deposizione di sedimenti prevalentemente sabbioso-limosi. La sedimentazione olocenica è stata particolarmente attiva nella bassa pianura, nella quale i sedimenti di ambiente palustre e lagunare oggi ricoprono, con spessori talora rilevanti, anche strati archeologici di età romana.

Tuttavia, in alcune zone del settore centrale del retroterra lagunare, dalla zona di Mestre fino in prossimità della Piave Vecchia, la sedimentazione durante le fasi finali del Tardoglaciale e durante l'Olocene è stata scarsa o nulla.

Dal punto di vista stratigrafico è quindi possibile suddividere il sottosuolo dell'area veneziana in due complessi deposizionali diversi:

- a) quello lagunare-litoraneo olocenico prevalentemente sabbioso-limoso con presenza di resti di conchiglie che testimoniano l'ingressione marina;
- b) quello, sottostante al primo, continentale pleistocenico, rappresentato da alternanze di orizzonti argilloso-limosi, subordinatamente sabbiosi, con frequenti intercalazioni torbose, le cui caratteristiche tessiturali e paleontologiche rivelano il carattere continentale.

I due complessi, continentale del pleistocene superiore e lagunare-costiero dell'olocene, sono ben separati tra loro da un orizzonte di argilla, che per la prolungata emersione ha subito un processo di sovraconsolidazione e ossidazione subaerea. Tale orizzonte è conosciuto con il termine locale di "caranto", litologicamente rappresentato da un'argilla grigio-giallastra, generalmente molto compatta.

Nell'ambito del comprensorio lagunare la giacitura e lo spessore del caranto sono molto variabili, anche fino a scomparire del tutto; esso tende ad affiorare in terraferma e si affossa verso i litorali con un'immersione verso Est Sud-Est.

La sezione riportata di seguito (Figura 2) schematizza in modo chiaro la serie stratigrafica dell'area lagunare e del primo entroterra, con i reciproci rapporti tra la più antica serie di sedimenti continentali pleistocenici e la più recente serie di sedimenti lagunari olocenici.



**I02**

**BOSCO DELLO SPORT  
OPERE DI URBANIZZAZIONE INTERNA**

I02-PFTE-G-002-A RELAZIONE GEOLOGICA E RELATIVI ALLEGATI

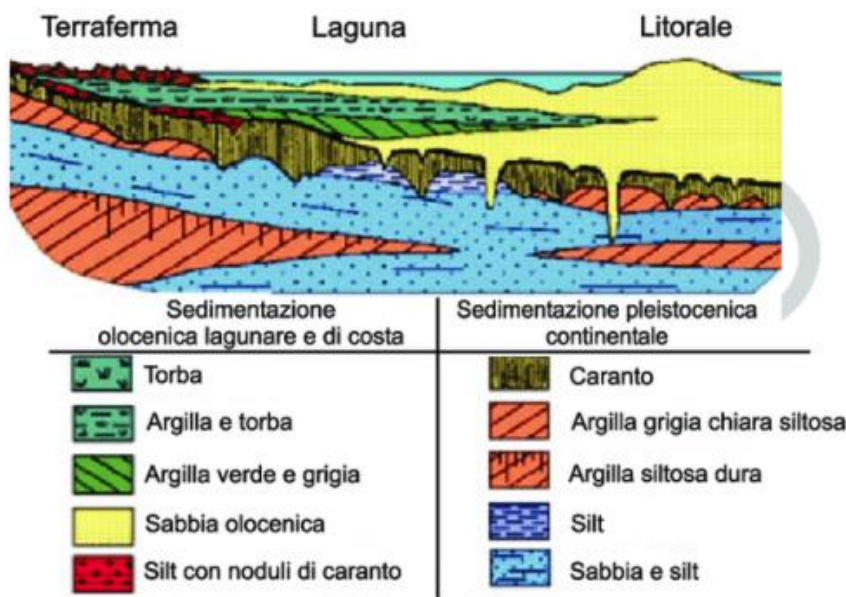


FIGURA 2: SEQUENZA STRATIGRAFICA TARDO-PLEISTOCENICA ED OLOCENICA DELLA PARTE CENTRALE DELLA LAGUNA DI VENEZIA (DOPO GATTO & PREVIATELLO, 1974)

A grandi linee è possibile schematizzare l'assetto geologico delle aree di bassa pianura secondo un'alternanza di dossi fluviali ed aree di piana alluvionale; la situazione è visualizzata dalla sezione tipo di **Figura 3** che individua un dosso fluviale caratterizzato da sedimenti più grossolani e, lateralmente, delle aree di piana alluvionale nelle quali affiorano sedimenti prevalentemente limosi ed argillosi.

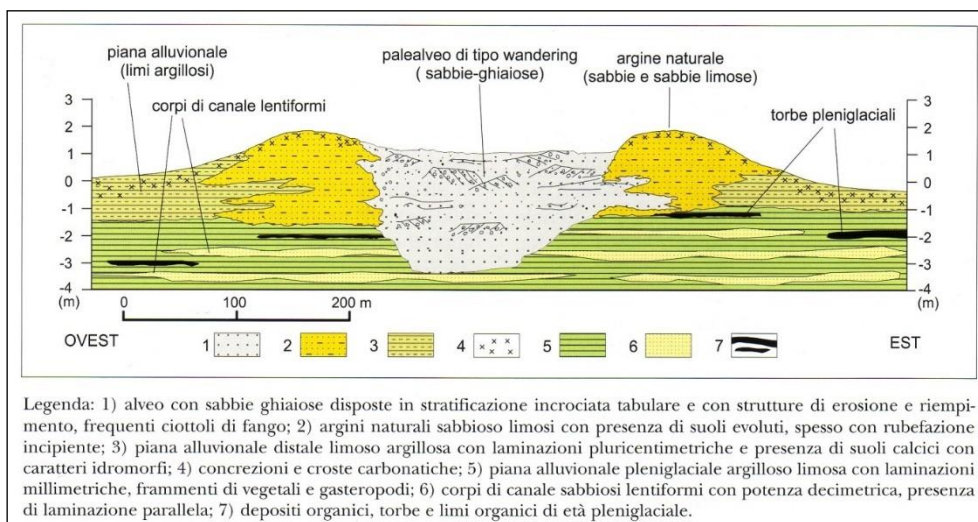


Figura 3: Profilo schematico di un dosso fluviale (da Bondesan et al., *Geomorfologia della Provincia di Venezia*)

I suoli che ne derivano sono decarbonatati con accumulo di carbonati negli orizzonti profondi (si veda la Figura 5, estratto dalla Carta dei Suoli della Provincia di Venezia). Questo suolo, in alcune aree più urbanizzate, è stato molto spesso asportato oppure obliterato dai lavori di realizzazione di edifici o infrastrutture viarie, ecc..

In Figura 4 viene invece riportato un estratto dalla Carta delle Unità geologiche della provincia di Mestre, che indica il sottosuolo in esame come appartenente all'Unità di Mestre, costituita dai depositi alluvionali costituiti da limi, sabbie e argille di età pleistocenica superiore (ultimo massimo glaciale) e appartenenti al Sistema del Brenta. Esso risulta

**I02**

**BOSCO DELLO SPORT  
OPERE DI URBANIZZAZIONE INTERNA**

I02-PFTE-G-002-A

RELAZIONE GEOLOGICA E RELATIVI ALLEGATI

pertanto costituito prevalentemente da sedimenti depositatisi in ambiente continentale, di natura sia sabbioso-limosa e quindi correlabili a facies di canale attivo, sia limoso-argillosa e quindi riferibili a facies di piana di esondazione; le lenti sabbiose, che in genere hanno spessore di alcuni metri, in profondità possono essere amalgamati tra loro fino a formare strati sabbiosi con spessore compreso tra 10 e 20 m.

La carta indica inoltre la presenza, proprio nel lotto di competenza, della traccia di corsi fluviali pleistocenici estinti, di cui quello più a sud costeggia sostanzialmente l'arteria stradale della S.S. 14.



FIGURA 4: ESTRATTO DALLA CARTA DELLE UNITÀ GEOLOGICHE DELLA PROVINCIA DI VENEZIA

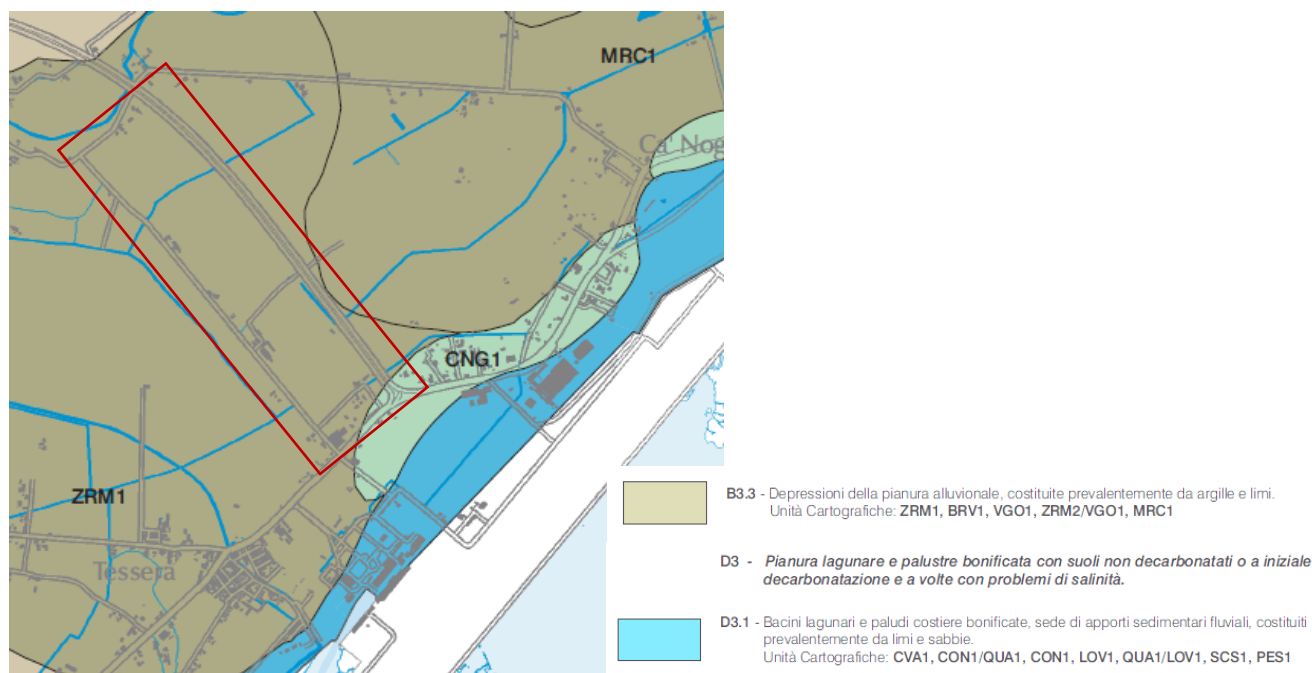
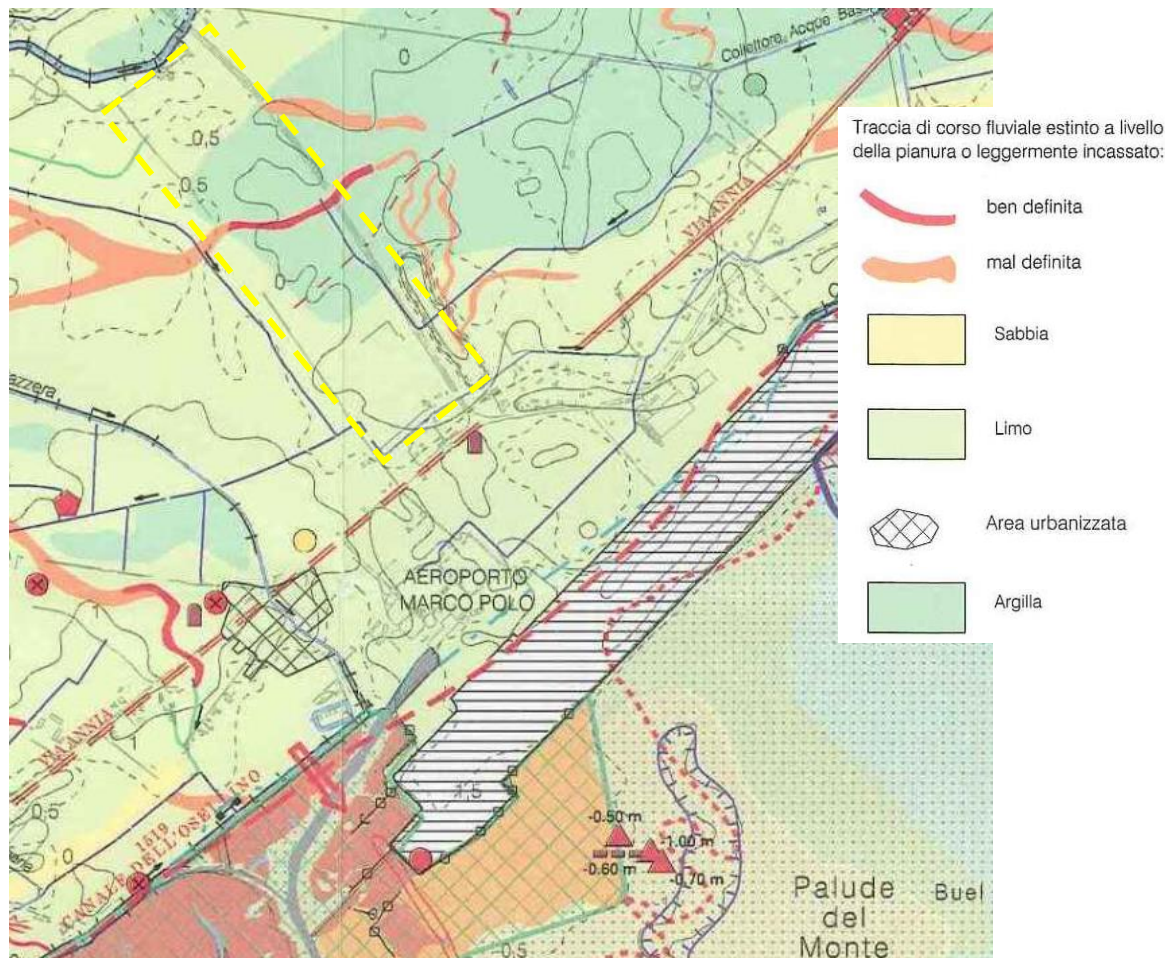


FIGURA 5: ESTRATTO DALLA CARTA DEI SUOLI DELLA PROVINCIA DI VENEZIA



## 4 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista geomorfologico nell'area di indagine sono presenti alcune tracce di corsi fluviali estinti aventi andamento meandriforme (vedi Figura 6) e sono altresì presenti, poco a nord e poco a ovest, alcune tracce poco pronunciate di dossi fluviali.



scavo dei canali interni e la modificazione delle bocche di porto spinsero alla prevalenza dei processi idrodinamici lagunari e iniziò a prevalere l'erosione. Gli specchi d'acqua si estesero, le piane palustri intertidali si ridussero e le aree produttive, coltivate ai bordi della laguna, furono definitivamente sommerse.

Durante l'ultimo secolo l'uomo modificò il sistema lagunare ancora più intensivamente: furono scavati nuovi e più profondi canali per la navigazione (in particolare il "canale dei petroli", profondo fino a quasi 12 m), furono create le casse di colmata per ottenere superfici per nuovi centri urbani e industriali, furono estese le valli da pesca, protette, mediante la costruzione di argini, dal precario equilibrio delle acque lagunari.

Inoltre, tra gli anni '50 e '70, l'intenso sfruttamento di alcune falde acquifere in pressione causò un forte incremento di subsidenza rispetto a quella già naturalmente presente e dovuta al naturale consolidamento dei terreni più recenti; ciò creò problemi molto seri per Venezia in relazione alla sua ridotta elevazione rispetto al livello mare.

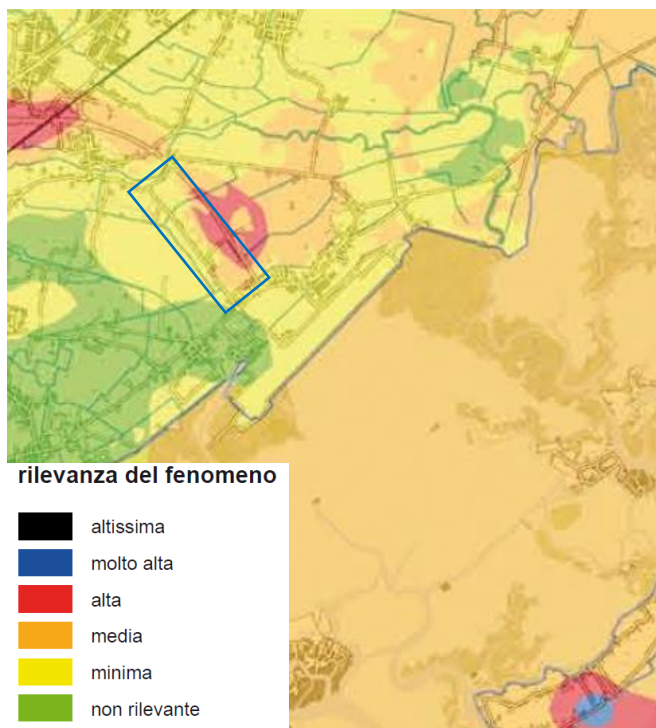


FIGURA 7: "SUBSIDENZA, RILEVANZA DEL FENOMENO 1992-2002 (TAVOLA 15 DELL'ATLANTE GEOLOGICO DELLA PROVINCIA DI VENEZIA)

## 5 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

L'attuale assetto idrografico della terraferma veneziana è il frutto dell'opera plurisecolare dell'uomo, iniziata a partire dal 1500.

Tale opera è consistita dapprima nella deviazione dei principali corsi d'acqua (Piave, Sile, Brenta, Bacchiglione) che, sfociando in Laguna, ne mettevano a rischio la navigabilità, e di conseguenza le attività della città lagunare a causa del trasporto solido.

Successivamente, ma in particolare a partire dal 1850, fu avviata una fase di bonifica meccanica, grazie a macchinari per il sollevamento delle acque, delle valli e delle aree in cui si verificavano frequenti allagamenti e ristagni delle acque.

Nello specifico, nell'area in esame è presente la rete idrografica minore del consorzio di bonifica (il lotto in esame è racchiuso da questi canali), mentre lo scolo delle acque superficiali avviene mediante scolo meccanico attraverso il reticolo consortile di scolo dei campi (vedi Figura 8).

**I02**

**BOSCO DELLO SPORT  
OPERE DI URBANIZZAZIONE INTERNA**

I02-PFTE-G-002-A

RELAZIONE GEOLOGICA E RELATIVI ALLEGATI

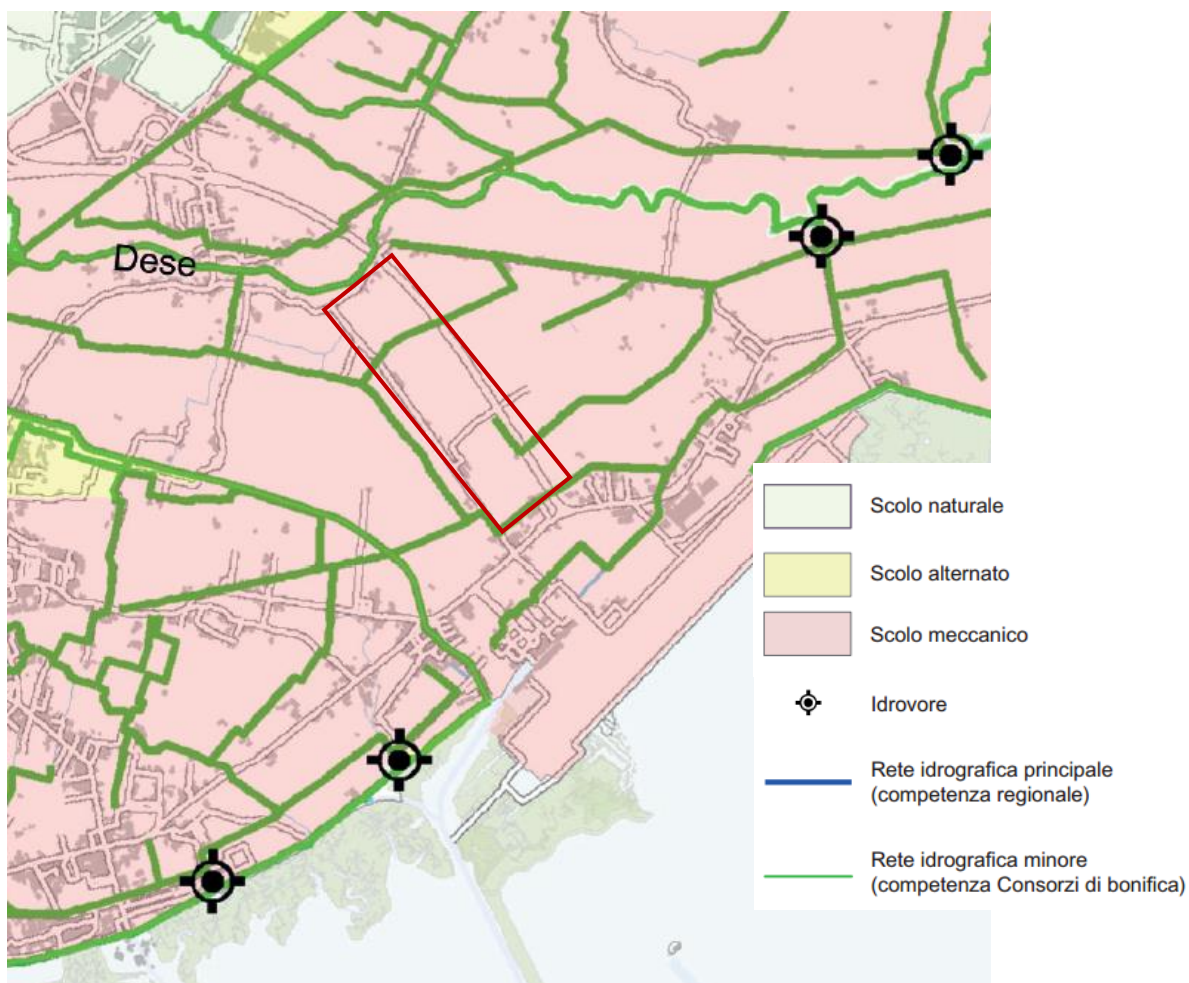


FIGURA 8: ESTRATTO DALLA CARTA IDROGRAFICA E DELLE BONIFICHE IDRAULICHE DEL P.T.P.C. DELLA PROVINCIA DI VENEZIA



## 6 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista idrogeologico le aree di bassa pianura sono caratterizzate dalla presenza di numerosi acquiferi sovrapposti ed intervallati da livelli impermeabili (acquitardi).

La pubblicazione *“Sistemi idrogeologici della Provincia di Venezia”*, che individua i più significativi acquiferi superficiali dell'intero territorio provinciale, inserisce l'area di Tessera nel “Sistema idrogeologico centrale”, costituito da acquiferi sabbiosi riferibili a corpi di canale interconnessi legati al percorso pleistocenico del fiume Brenta.

L'area di studio (Figura 9) racchiude al suo interno un acquifero sabbioso con un tetto posto oltre i 10 m di profondità e confina a sud con un acquifero sabbioso di paleoalveo con spessore generalmente superiore a 5 m e larghezza significativa (compresa tra 50 e 150 m).

Nello specifico i dati geognostici disponibili per l'area confermano la presenza di un primo acquifero sabbioso-limoso di tipo per lo più semi-freatico, con andamento verosimilmente lentiforme e con tetto alla profondità media di circa 2/2.5 m da piano campagna e base alla profondità di circa 3.0/4.0 m da p.c., con spessore quindi di circa 2 m. Inferiormente, dalla profondità di circa 6/7 m da p.c., è presente un sistema multifalda costituito da più acquiferi da sabbioso-limosi a sabbiosi, sovrapposti e di tipo confinato, con spessore mediamente da metrico a plurimetrico.

Le verticali di indagine, alcune spinte alla profondità massima di circa 50 m da piano campagna, confermano la presenza di un primo acquifero idrogeologicamente più significativo, di natura sabbioso-limosa e con spessore variabile di circa 6/7 m, presente nell'intervallo di profondità da 12/13 a 19/20 m; inferiormente ad esso è presente un secondo acquifero confinato di natura sabbiosa con spessore 7/8 m, presente nell'intervallo di profondità da 19/20 m a 27 m da piano campagna. Si susseguono, a quote inferiori, numerosi acquiferi confinati e in debole pressione, di natura sabbiosa, il cui spessore risulta tuttavia discretamente variabile e mediamente di ordine metrico.

Le falde ospitate in questi acquiferi risultano pertanto in debole pressione per confinamento da parte di strati argilloso-limosi poco permeabili che li delimitano, e presenta solitamente un livello piezometrico situato ad una profondità media compreso tra -0.5 e -1.0 m dal piano campagna. Tale livello è condizionato da molteplici fattori: le precipitazioni, i livelli idrometrici dei fiumi di risorgiva, l'andamento della morfologia, la gestione delle acque superficiali effettuata dal consorzio di bonifica.

L'osservazione diretta dei livelli di falda in un'area posta circa 500 m a sud, ha rilevato una discreta variabilità del livello piezometrico con un franco medio da piano campagna di circa 0.7-1.0 m.

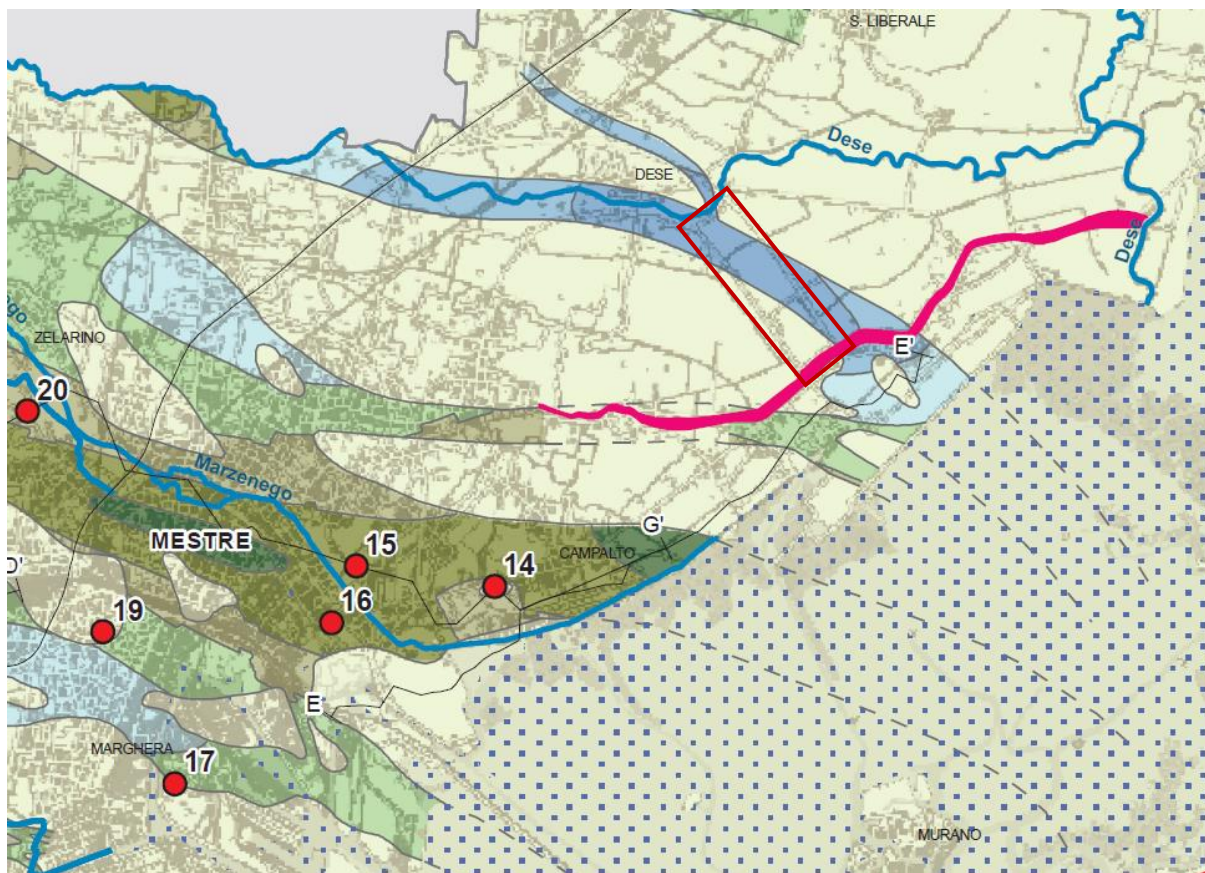
La direzione di deflusso di questa falda va generalmente da Nord-Ovest verso Sud-Est ma può essere complicata dalla presenza di paleoalvei sepolti, che, data la loro natura granulare e quindi la medio-alta permeabilità, rappresentano assi di drenaggio della falda.

**102**

**BOSCO DELLO SPORT  
OPERE DI URBANIZZAZIONE INTERNA**

102-PFTE-G-002-A

RELAZIONE GEOLOGICA E RELATIVI ALLEGATI



### SISTEMA IDROGEOLOGICO CENTRALE

Acquiferi sabbiosi del Brenta pleistocenico in corrispondenza di corpi di canale interconnessi, di spessore complessivo compreso tra 5 e 30 m e larghezza media di 2000 - 3000 m.

--- Limite incerto degli acquiferi sabbiosi

Profondità del tetto degli acquiferi sabbiosi (m dal piano campagna)

1 - 3	9 - 11
3 - 5	11 - 13
5 - 7	13 - 15
7 - 9	

Acquifero sabbioso di paleoalveo in corrispondenza di corpi di canale superficiali, con spessore rilevante (generalmente superiore a 5 m) e larghezza significativa (generalmente da 50 a 150 m). Sono rappresentati solo i paleoalvei direttamente indagati in questo studio.

Area con elevata probabilità di presenza di acquiferi sabbiosi di paleoalveo, di argine e rotta fluviale.

Area costituita da prevalenti sedimenti a granulometria fine, localmente con corpi acquiferi sabbiosi di modesto spessore (2 - 4 m, raramente fino a 5 m), discontinui e caratterizzati da geometrie lentiformi. In aree a bassa densità di dati è possibile la presenza di corpi acquiferi significativi.

FIGURA 9: ESTRATTO DALLA CARTA DEGLI ACQUIFERI - SISTEMI IDROGEOLOGICI DELLA PROVINCIA DI VENEZIA



102

**BOSCO DELLO SPORT  
OPERE DI URBANIZZAZIONE INTERNA**

102-PFTE-G-002-A RELAZIONE GEOLOGICA E RELATIVI ALLEGATI

## 7 INQUADRAMENTO SISMICO DELL'AREA

Per quanto riguarda la definizione del parametro accelerazione massima al suolo, nella figura seguente si riportano i valori di pericolosità sismica del territorio nazionale (INGV) espresso in termini di accelerazione massima del suolo  $a(g)$  con probabilità di eccedenza del 10% (SLV) in 50 anni riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; cat. A).

**$a(g)$  sito specifica = 0.085 g**

Il grafico successivo, relativo alla disaggregazione della PGA e sempre ricavato dal sito INGV, restituisce come distanza epicentrale dell'evento sismico più probabile il valore di 48 km, cui è associato una magnitudo di 5.65.

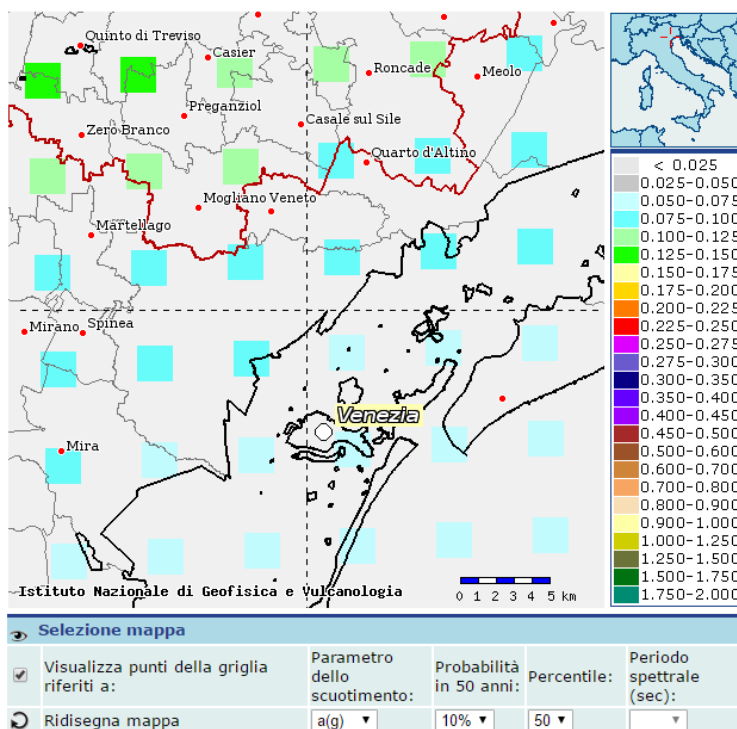


FIGURA 10 : MAPPA DELL'ACCELERAZIONE MASSIMA AL SUOLO

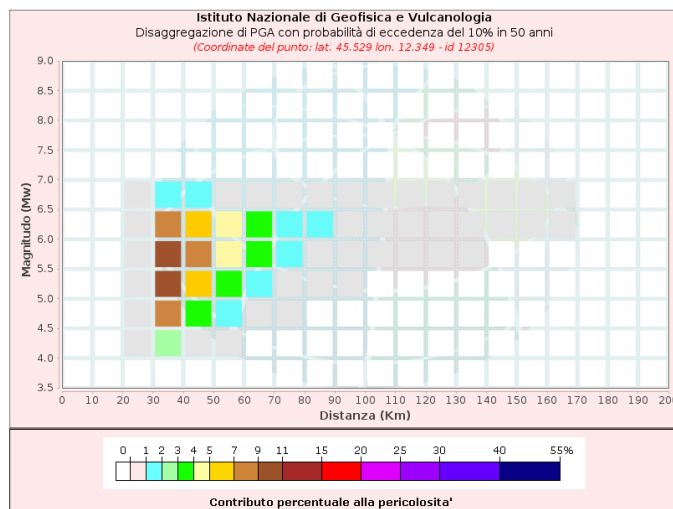


FIGURA 11: GRAFICO DI DISAGGREGAZIONE DELLA PGA

## 7.1 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Secondo quanto prescritto nel capitolo 3.2.2 "Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche" del testo delle NTC2018 "Norme tecniche per le costruzioni" – Decreto del 17/01/2018, si stabilisce che:

*"Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite della Tab. 3.2.II, 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,  $V_S$ . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_S$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2. I valori di  $V_S$  sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche. 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

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. 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 precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

**102**

**BOSCO DELLO SPORT  
OPERE DI URBANIZZAZIONE INTERNA**

102-PFTE-G-002-A RELAZIONE GEOLOGICA E RELATIVI ALLEGATI

**TABELLA 2 : ESTRATTO CATEGORIE SOTTOSUOLO DA NTC2018**

**Tab. 3.2.II –** *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

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>

Nello specifico, partendo dai valori di  $Q_c$  ricavati dalle prove CPTU è possibile eseguire una stima della  $V_{seq}$  e quindi della categoria di sottosuolo, utilizzando la relazione di Robertson et al. (1992) che mette in correlazione la resistenza alla punta misurata in fase di prova CPTU ( $q_c$ ) con la velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ):

$$V_s = \left[ 10^{0,55 \lg + 1,68} \frac{(q_c - \sigma_{vo})}{p_a} \right]^{0,5}$$

dove  $p_a$  rappresenta la pressione atmosferica e  $\sigma_{vo}$  la pressione litostatica alla profondità di calcolo.

Sulla base della stima di cui sopra, il sottosuolo in esame può pertanto ragionevolmente essere classificato in categoria C.

<b>C</b>	<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 miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
----------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Il dato si allinea altresì con la Mappa della  $V_s$  redatta dalla Provincia di Venezia, redatta da OGS nel 2014.

Ai fini della definizione dell'azione sismica locale Ex NTC 2018, dovranno tuttavia essere realizzate delle prove penetrometriche statiche elettriche con piezocono sismico, atte a definire il profilo verticale della  $V_s$  nei primi 30 m di sottosuolo.

**I02**

**BOSCO DELLO SPORT  
OPERE DI URBANIZZAZIONE INTERNA**

I02-PFTE-G-002-A

RELAZIONE GEOLOGICA E RELATIVI ALLEGATI

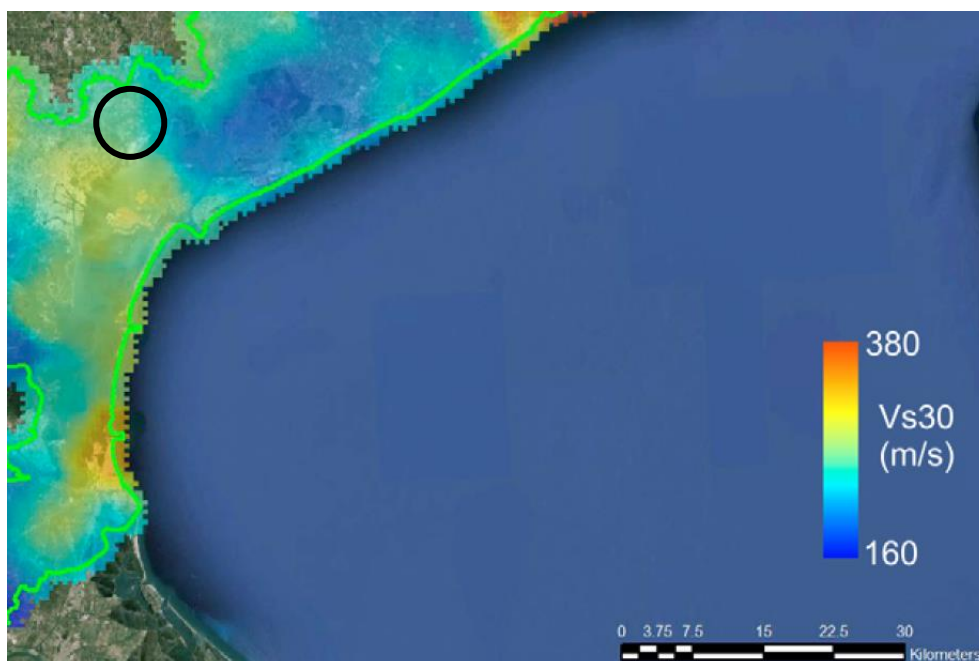


FIGURA 12: MAPPA DELLA VS30 DELLA PROVINCIA DI VENEZIA (OGS, 2014)

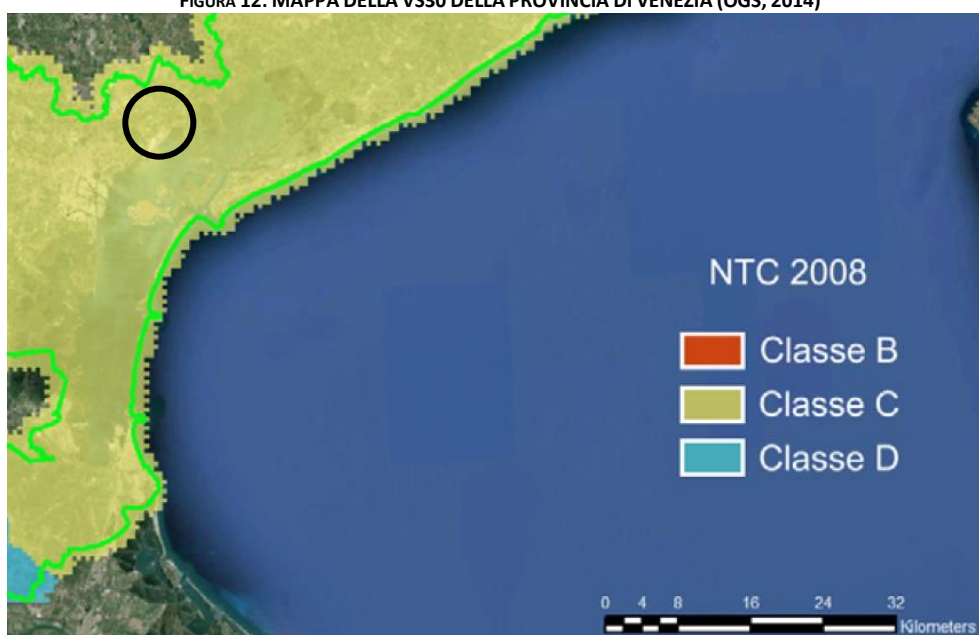


FIGURA 13 : MAPPA DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DELLA PROVINCIA DI VENEZIA (OGS, 2014)

**I02**

**BOSCO DELLO SPORT  
OPERE DI URBANIZZAZIONE INTERNA**

I02-PFTE-G-002-A RELAZIONE GEOLOGICA E RELATIVI ALLEGATI

## 7.2 CATEGORIA TOPOGRAFICA

Per quanto riguarda le caratteristiche della superficie topografica, necessarie per la definizione del parametro ST, esse sono definite nella Tab. 3.2.III delle NTC2018:

TABELLA 3: CATEGORIE TOPOGRAFICHE (TAB. 3.2.III NTC 2018)

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

Il lotto di studio insiste su di un'area pianeggiante posta a una quota media di circa **0-1 m s.l.m.**; la superficie topografica è pertanto classificabile in **categoria T1** "superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ".



## 8 MODELLO GEOLOGICO

Nel 2005 la Società Geotecnica Veneta s.r.l. ha eseguito un'indagine geognostica così articolata:

- N° 7 sondaggi a carotaggio continuo fino alla profondità di 50 metri, con esecuzione di prove foro: prove penetrometriche dinamiche SPT, prove Vane Shear Test, prelievo di campioni indisturbati di terreno per prove geotecniche di laboratorio; i fori sono stati completati con piezometri a tubo aperto, con tratto fenestrato collocato a diverse profondità in prossimità dei diversi livelli acquiferi;
- N° 7 prove penetrometriche statiche CPTU fino alla profondità di 45-50 metri
- N° 2 trincee esplorative fino alla profondità di circa 4 metri

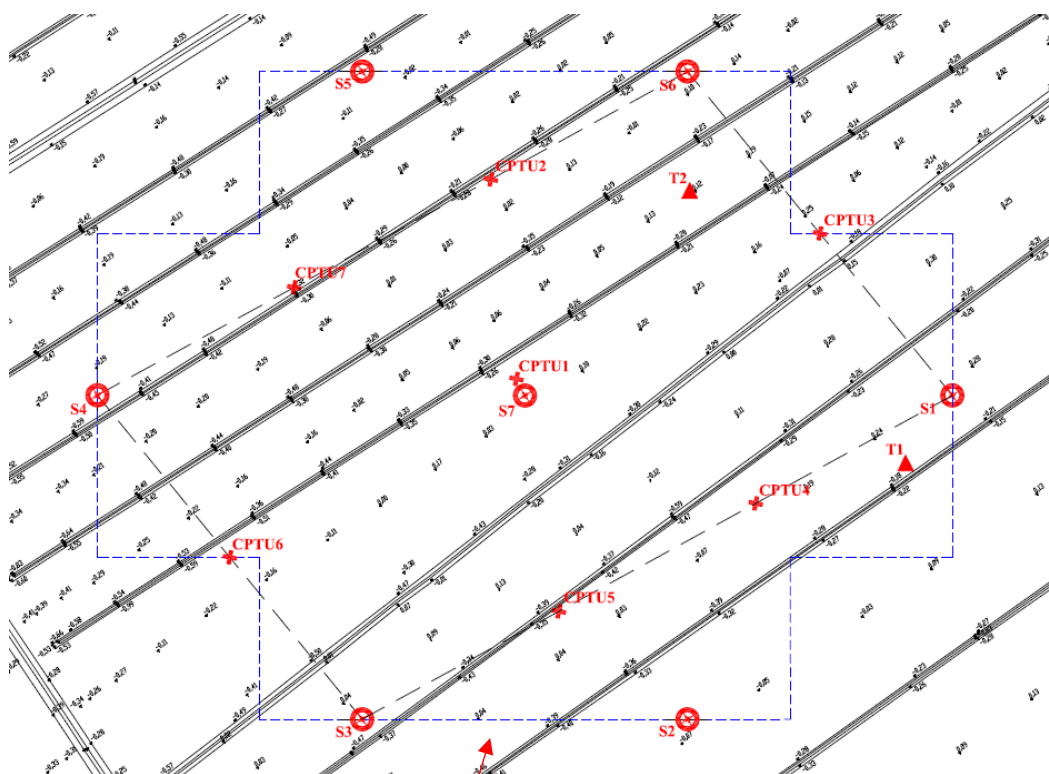


FIGURA 14: CAMPAGNA INDAGINI 2004



- CPTU1  
× Prove penetrometriche
- S1  
⊕ Sondaggi geognostici
- T1  
▲ Trincee esplorative

**102**

**BOSCO DELLO SPORT  
OPERE DI URBANIZZAZIONE INTERNA**

102-PFTE-G-002-A RELAZIONE GEOLOGICA E RELATIVI ALLEGATI

Sulla base di queste indagini può essere schematizzato un modello geologico del sottosuolo che si presenta caratterizzato da una marcata eterogeneità stratigrafica lungo la verticale, con presenza di orizzonti coesivi talora anche organici, generalmente più compressibili entro i primi 12 metri di sottosuolo e meno compressibili a quota inferiore, che si alternano a orizzonti incoerenti di natura sia sabbioso limosa, sia sabbiosa.

In linea generale emerge una prevalenza di terreni a comportamento coesivo, per lo più argilloso-limosi, entro i primi 12 m di sottosuolo, fatto salvo la presenza di uno strato di spessore fino a 4 m di sabbia fine limosa; nelle profondità comprese tra 12 e 27 m da piano campagna prevalgono terreni granulari sabbioso-limosi, inferiormente a questa quota sono presenti alternanze di sabbie limose e argille/limi.

Anche sul piano orizzontale, data anche la notevole l'estensione dell'area, si rilevano importanti differenziazioni nelle facies deposizionali locali, che si riflettono nella presenza di strati con andamento lentiforme e presenza di interdigitazioni stratigrafiche estese; tutto questo si traduce di un modello geologico discretamente complesso che, in fase di progetto esecutivo e definitivo delle opere, dovrà essere necessariamente collocato alla scala del singolo intervento.

Fatta salva la premessa di cui sopra, di seguito si riporta un modello geologico generale dell'area:

**da p.c. a - 1.7/-2.6 m circa: Argille e limi**, terreni poco permeabili da insatura al tetto a saturi alla base; lo spessore di questa unità è mediamente di circa 2.0 m;

**da -1.7/-2.6 m a - 3.0/-3.8 m circa: Sabbia fine limosa**; questa unità immagazzina all'interno una falda di tipo semi-confinato e in debole pressione, con livello piezometrico indicativamente alla -0.5/-1.0 m da piano campagna;

**da -3.0/-3.8 a - 5.7/-7.2 m circa: Limo argilloso passante a argilla limosa**; terreno saturo e poco permeabile;

**da -5.7/-7.2 a - 9.6/-10.3 m circa: Sabbia fine limosa**, con intercalato un **orizzonte argilloso-limoso da -8 a -8.6 m**; questa unità immagazzina all'interno una falda di tipo confinato e in debole pressione, con livello piezometrico indicativamente alla -0.5 m da piano campagna;

**da -9.6/-10.3 a -12/-13.2 m circa: Limi argillosi**, poco permeabili e saturi;

**da -12/-13.2 a -19/-20.6 m circa: Sabbia fine limosa con intercalazioni limoso-argillose**, queste ultime con spessore pluridecimetrico e saturi; anche questo orizzonte costituisce un sistema multi-falda caratterizzato da acquiferi sabbioso-limosi confinati e in debole pressione, delimitati dagli strati argilloso-limosi meno permeabili;

**da -19/-20.6 a -27/-27.8 m circa: Sabbia media**; questo orizzonte costituisce un primo acquifero idrogeologicamente più significativo, confinato e in debole pressione;

**da -27/-27.8 a -28/-30 m circa: Torba e Argilla limosa**, terreno poco permeabile e saturo;

**da -28/-30 a -50 m circa: Alternanze da metriche a pluri-metriche di livelli acquiferi sabbioso-limosi e livelli poco permeabili argilloso-limosi.**

Il modello geologico che emerge dall'indagine in sito pregressa conferma, pertanto, in linea generale l'inquadramento lito-stratigrafico indicato nell'inquadramento geologico generale dell'area.

**I02**

**BOSCO DELLO SPORT  
OPERE DI URBANIZZAZIONE INTERNA**

I02-PFTE-G-002-A RELAZIONE GEOLOGICA E RELATIVI ALLEGATI

## 8.1 FALDA

Come accennato nel modello geologico, negli orizzonti più permeabili sabbiosi e sabbioso limosi sono immagazzinati degli acquiferi in debole pressione, di natura per lo più confinata, aventi un livello piezometrico in sostanziale equilibrio piezometrico, che si pone ad una quota di circa - 0.5 m da piano campagna.

Sulla base dei log stratigrafici del 2005 disponibili (Indagine Geotecnica Veneta Srl) e dei piezometri a tubo aperto installati nei fori di sondaggio, è possibile schematizzare nel sottosuolo la presenza di queste falde sovrapposte, dalla più superficiale alla più profonda:

Quota tetto e base acquifero da p.c.	Natura idrogeologica acquifero	Livello piezometrico
<b>da -1.7/-2.6 m a - 3.0/-3.8 m</b>	Acquifero sabbioso-limoso semi-confinato, con scarsa continuità laterale	Circa -1.5 m da p.c.: franco di bonifica mantenuto per scolo meccanico
<b>da -5.7/-7.2 a - 9.6/-10.3 m</b>	Acquifero sabbioso-limoso confinato	-0.6 m da p.c. (falda in debole pressione)
<b>da - 19/-20.6 a -27/-27.8 m</b>	Acquifero sabbioso confinato	-0.7 m da p.c. (falda in debole pressione)
<b>da circa -40 a circa -45 m</b>	Acquifero sabbioso-limoso confinato	-0.4 m da p.c. (falda in pressione)

Come si nota dallo schema idrologico di cui sopra, le falde confinate si trovano in una situazione di sostanziale equilibrio piezometrico tra loro.

Nella progettazione delle opere sia dovrà inoltre tenere conto del livello di falda superficiale, che si colloca a circa 1.5 m da piano campagna, livello che rappresenta un franco di bonifica mantenuto per scolo meccanico.

**I02**

**BOSCO DELLO SPORT  
OPERE DI URBANIZZAZIONE INTERNA**

I02-PFTE-G-002-A

RELAZIONE GEOLOGICA E RELATIVI ALLEGATI

## 9 CONCLUSIONI

Lo studio geologico evidenzia, data anche la notevole l'estensione dell'area di intervento, **una marcata eterogeneità stratigrafica del sottosuolo** sia sul piano orizzontale sia sul piano verticale. Si ritiene quindi necessario, in fase di progetto esecutivo e definitivo delle opere, delineare dei modelli geologici e geotecnici di dettaglio e collocati alla scala del singolo intervento.

Nel complesso, dall'indagine geognostica del 2005, emerge **una prevalenza di terreni a comportamento coesivo**, per lo più argilloso-limosi, **entro i primi 12 m di sottosuolo**, caratterizzati da scarsa resistenza al taglio e medio-alta compressibilità; nelle profondità comprese tra 12 e 27 m da piano campagna prevalgono terreni granulari sabbioso-limosi, inferiormente a questa quota sono presenti alternanze di sabbie limose e argille/limi.

Date queste premesse è consigliabile prendere in considerazione, in fase di progettazioni definitiva delle opere, anche tipologie fondazionali di tipo indiretto su pali.