

PROVINCIA: Verona

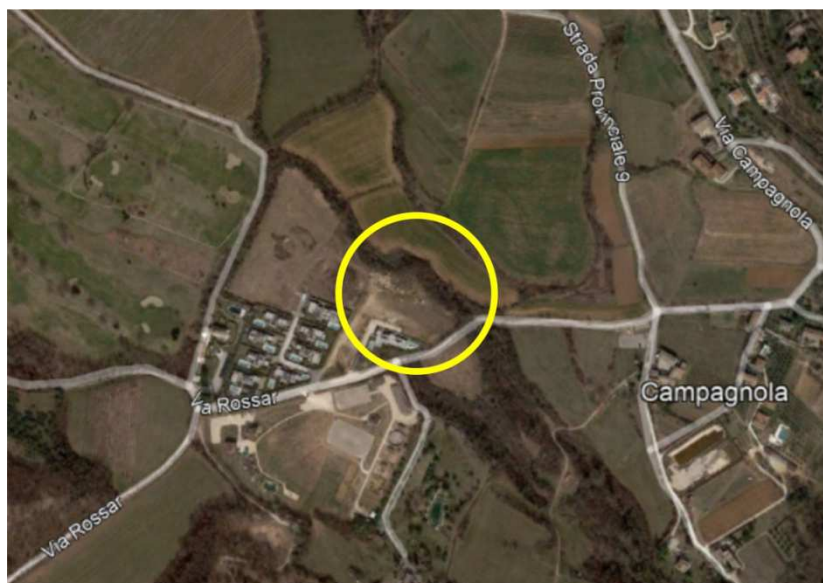
COMUNE:
Costermano sul Garda

Committente:
Angioletti Claudia

Costermano sul Garda
10 01 2023

Progetto

per la realizzazione delle opere di urbanizzazione relative al
Piano Urbanistico Attuativo a destinazione residenziale,
sito in Marciaga via Rossar



Relazione:
Geologica, Geomorfologica ed Idrogeologica
(D.M. 17/01/2018)

I professionisti:

Dott. Geol. Angela Francesca Pozzani



Dott. Geol. Enrico Nucci



INDICE

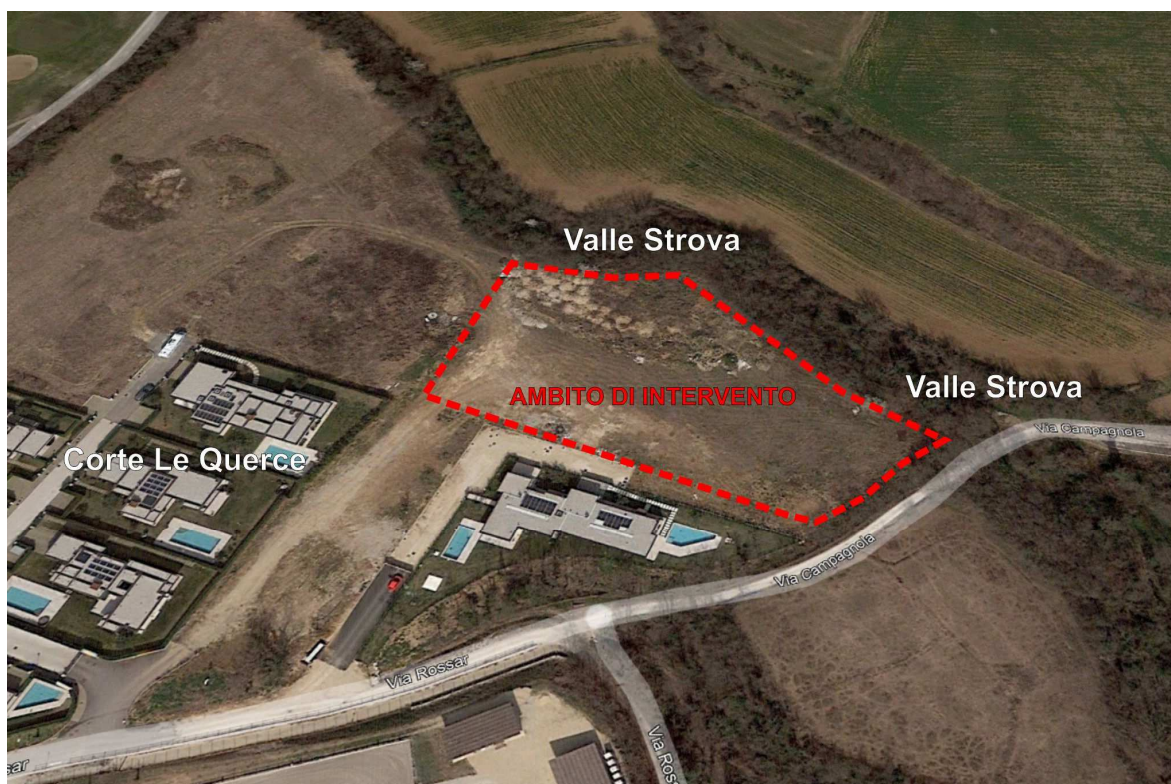
1. PREMESSA	3
1.1 OBIETTIVO DEL LAVORO	6
1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
1.3 MORFOLOGIA E STATO DEI LUOGHI	7
2. MODELLO GEOLOGICO	11
2.1 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DELL'AREA	11
2.2 IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA DELL'AREA	13
3. INDAGINI IN SITO	16
4. INDAGINI DI RIFERIMENTO	23
5. MODELLO SISMICO	28
5.1 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE	28
6. ANALISI DEL PIANO DI ASSETTO TERRITORIALE (P.A.T.)	33
7. MODELLO GEOTECNICO	36
7.1 CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E GEOTECNICA DELLE LITOLOGIE INDIVIDUATE	36
8. SINTESI DEI RISULTATI	37

1. PREMESSA

In merito alle opere di urbanizzazione relative al Piano Urbanistico Attuativo a destinazione residenziale, sito in Marciaga via Rossar, nel territorio comunale di Costermano sul Garda (VR), viene di seguito redatta una Relazione Geologica Geomorfologica ed Idrogeologica, secondo le Norme Tecniche di riferimento (D.M. 17 Gennaio 2018).

Come indicato nella Relazione Tecnica fornita dalla progettazione l'intervento in oggetto prevede la realizzazione delle opere di urbanizzazione relative al Piano Urbanistico Attuativo sui terreni di proprietà della sig.ra Angioletti Claudia, ubicati nel Comune di Costermano sul Garda, Via Rossar.

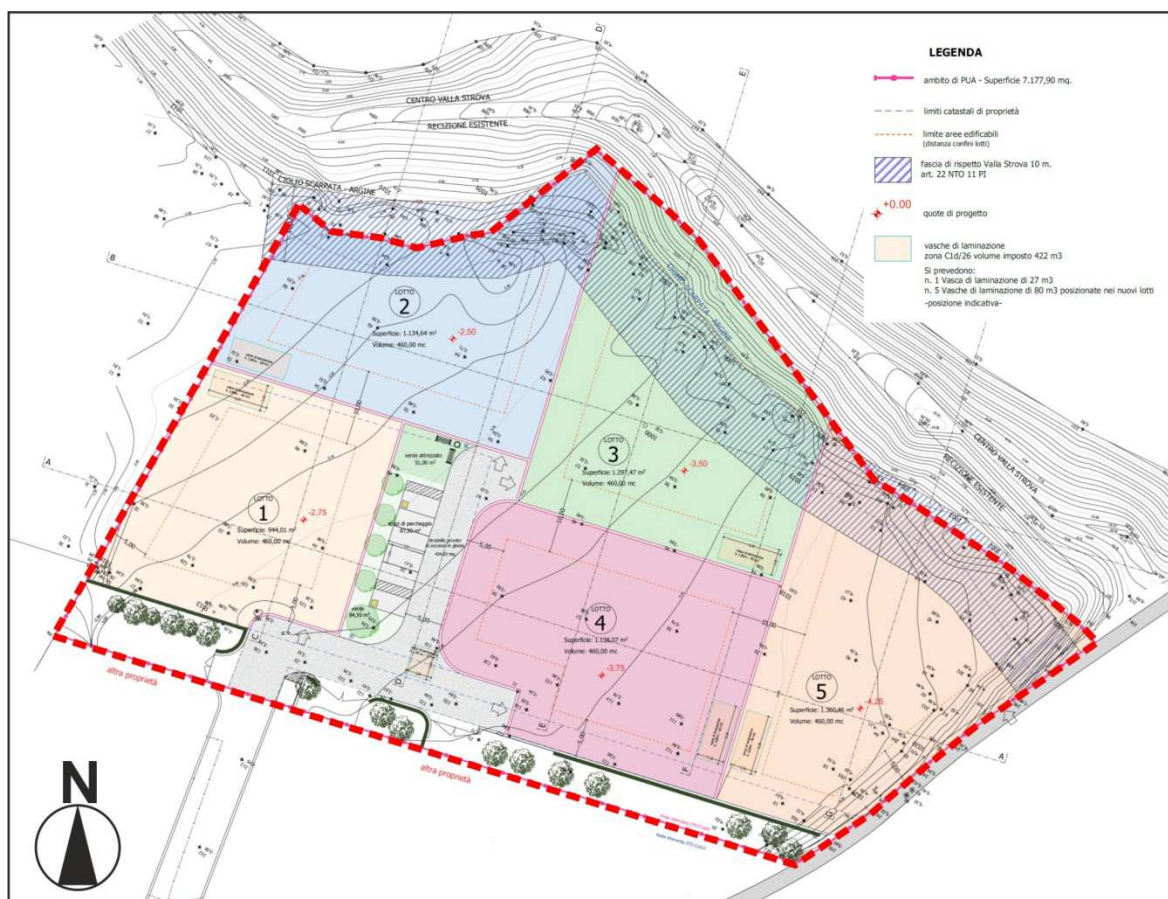
La conformazione planimetrica del terreno in oggetto è di forma irregolare. L'area di intervento è così delimitata: a nord con corso d'acqua denominato Valla Strova; ad ovest parte con aree a destinazione agricola e con un'area residenziale di recente realizzazione; ad est con strada comunale via Rossar-via Campagnola e a sud con un ambito a destinazione residenziale per la quale è stato attenuto P.D.C. n. 12575 del 21.07.2020 e succ. varianti.



Inquadramento ambito di intervento

Come da Norme Tecniche dell'Undicesimo Piano degli Interventi, il presente Piano di Lottizzazione Zona C1d26 ha capacità edificatoria assegnata pari a 2.300,00 mc. e si sviluppa su una superficie di 7.177,90 mq.

L'accesso al presente PUA avverrà da stradello privato in ghiaia, già realizzato e autorizzato con P.D.C. n. 12575 del 21.07.2020 e succ. varianti, che collegherà i nuovi lotti alla strada pubblica via Rossar. Solamente il lotto n. 5 avrà accesso diretto dalla strada pubblica mediante accesso di dimensioni minime a salvaguardia della esistente barriera vegetazionale ai sensi dell'art. 18 delle NTA del PAT.



Planimetria generale ambito di intervento

Lo stradello sarà caratterizzato da due rami perpendicolari, il primo da ovest verso est e il secondo da sud verso nord e avrà una larghezza di m. 5,00. Perpendicolarmente al secondo ramo della strada di lottizzazione, verranno posizionati gli standard urbanistici primari consistenti nell'area a verde, area a verde pubblico attrezzato e area a parcheggio pubblico. L'area sarà dotata delle principali rete di sottoservizi allacciati alle reti esistenti nell'area sottostante edificata: acquedotto; energia elettrica; rete fognaria.

E' prevista la realizzazione di n. 5 lotti sui quali verrà ripartita in maniera proporzionale la volumetria edificabile. Verrà rispettata una fascia di rispetto di 10 m. dal ciglio-argine posto a nord lungo il corso d'acqua Valla Strova.

Considerata la conformazione del terreno, si è scelto di suddividere i singoli lotti in differenti piani di quota per la posa dei fabbricati, seguendo le quote medie esistenti del terreno originario. Tale scelta garantisce un appropriato inserimento dei futuri edifici nel contesto, evitando eccessivi sbancamenti di terreno ed evitando anche di avere delle quote di posa dei fabbricati troppo elevate con il risultato di un notevole impatto visivo degli stessi edifici dell'intorno. La rappresentazione plani-volumetrica dimostrata negli elaborati grafici di progetto è da considerarsi comunque puramente indicativa a non vincolante per la futura edificazione, che seguirà per l'ambito di PUA oggetto della presente le nome di piano.

I muretti di recinzione avranno altezza massima di 50 cm. e soprastante cancellata in rete metallica tipo modulfil di altezza 100 cm.

Il volume di laminazione imposto per la presente zona C1d26, per la tipologia residenziale, è di 422 mc. Si prevede la realizzazione di n. 5 vasche di laminazione, una per ogni lotto, di volume pari a 80 mc. oltre ad una vasca posizionata lungo lo stradello di accesso di volume pari a 27 mc.

Dovranno essere collocati ambiti a verde in corrispondenza del margine al confine con il territorio agricolo aperto e tra i lotti. Ai sensi dell'art. 18 delle NTA del PAT il filare arboreo-arbustivo presente lungo la viabilità dovrà essere conservato e riqualificato.

Inoltre, ai sensi dell'art. 10 delle NTA del PAT, dovrà essere conservata e valorizzata la vegetazione ripariale del corso d'acqua posto al confine a nord, salve le sistemazioni connesse ad esigenze di pulizia idraulica.

1.1 OBIETTIVO DEL LAVORO

Lo scopo della presente Relazione è quello di fornire un inquadramento geologico-geomorfologico ed idrogeologico generale dell'area interessata dall'intervento, di individuare le possibili problematiche di carattere geologico e geotecnico connesse con l'area di studio, oltre quello di fornire una caratterizzazione geotecnica preliminare dei terreni costituenti il sottosuolo.

Verrà inoltre formulato un modello sismico riferito al sito di intervento con calcolo dell'amplificazione sismica, in funzione della categoria di suolo di fondazione e della categoria topografia relativi al settore di intervento.

1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente indagine, volta ad individuare le caratteristiche geotecniche e la capacità portante dei terreni che caratterizzano il settore di intervento, in relazione sia alla resistenza al taglio che ai cedimenti, è stata eseguita secondo quanto previsto dal *D.M.LL.PP. 11.03.1988 "Normativa geotecnica" Circolare Ministero Lavori Pubblici n.30483, 24 settembre 1988.*

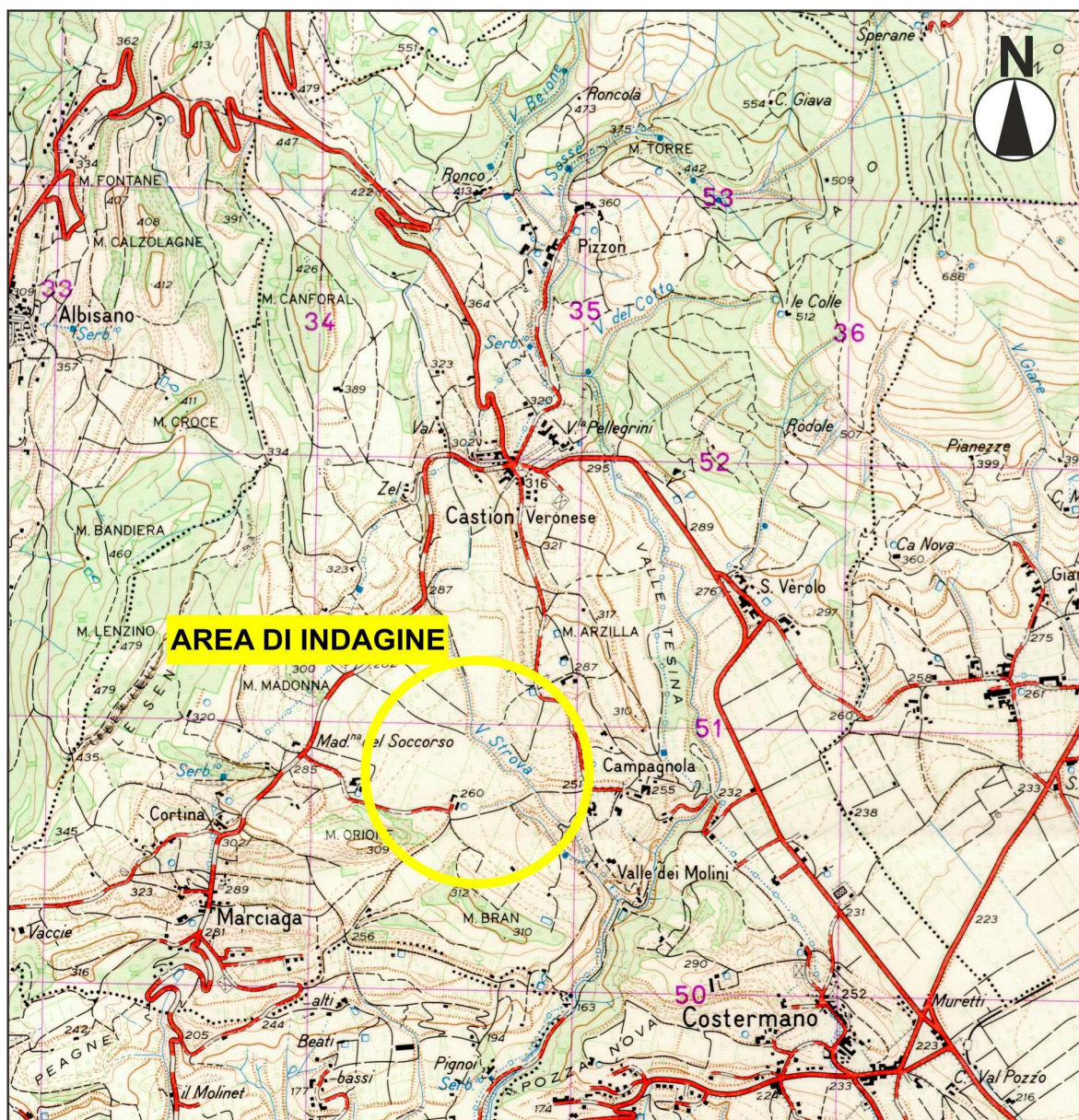
In merito alla classificazione sismica del sito indagato si è tenuto conto inoltre della nuova delibera *n. 244 in data 9 marzo 2021 (BUR 38 del 16 marzo 2021)* approvata dalla Giunta Regionale relativa al **nuovo elenco dei comuni sismici del Veneto** e della delibera *n. 378 del 30 marzo 2021 (BUR 44 del 31 marzo 2021)* approvata dalla Giunta Regionale relativa alle **nuove procedure autorizzative per le costruzioni in zona sismica e abitati da consolidare**, vigenti dal 15 maggio 2021.

Infine per l'elaborazione e l'interpretazione dei risultati delle indagini effettuate in sito, in prospettiva antisismica e con riferimento agli stati limite, si è tenuto conto del *Decreto ministeriale D.M. del 17 gennaio 2018 pubblicato su G.U. del 20 02 2018– Aggiornamento "Norme Tecniche per le costruzioni".*

1.3 MORFOLOGIA E STATO DEI LUOGHI

Il settore di intervento si colloca all'interno del territorio comunale di Costermano sul Garda, a nord-ovest rispetto al centro dell'abitato, tra le località Castion V.se, a nord, Pignoi, a sud, Campagnola ad est e Marciaga ad ovest.

Nello specifico l'area è situata in Via Rossar, ad est di "Via 24 Maggio", strada che collega la località di Castion V.se a quella di Marciaga.



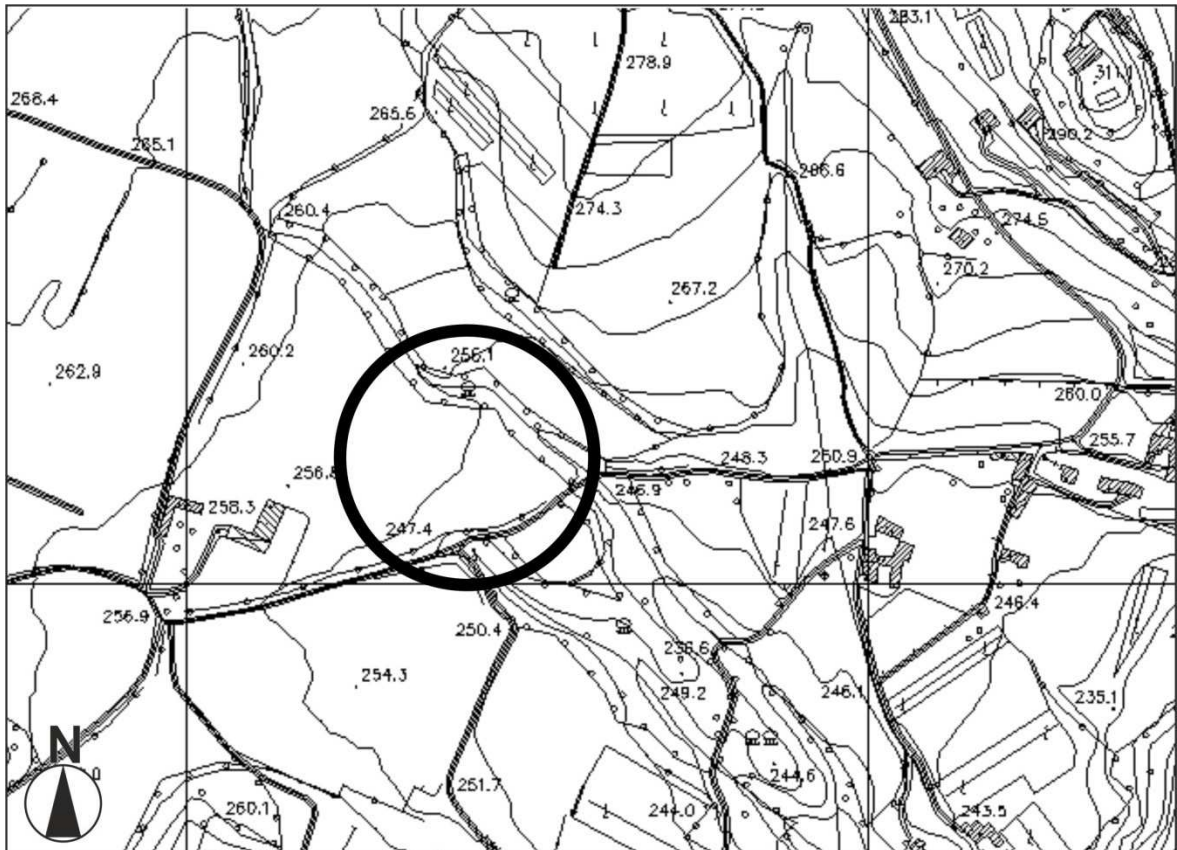
Corografia Area di indagine Scala 1:25.000

Dal punto di vista ambientale, l'area si inserisce all'interno di un contesto in parte urbanizzato con edifici residenziali ed in parte rurale con terreni adibiti al pascolo e terreni coltivati a vite, tipica coltura insieme a quella degli olivi delle colline moreniche gardesane.

Nello specifico il settore oggetto di studio, risulta attualmente occupato da un'area verde incolta con copertura vegetale continua, al margine di un'area residenziale di recente costruzione.

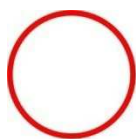
Dal punto di vista morfologico il settore di intervento è localizzato in corrispondenza di un'ampia superficie sub-pianeggiante, con quote altimetriche specifiche dell'ambito di intervento che si attestano su valori medi pari a circa 255.0m slm.

Per una precisa ubicazione dell'area di studio si fa riferimento all'Elemento n. 123011 "Garda" della Carta Tecnica Regionale del Veneto in scala 1:5.000.

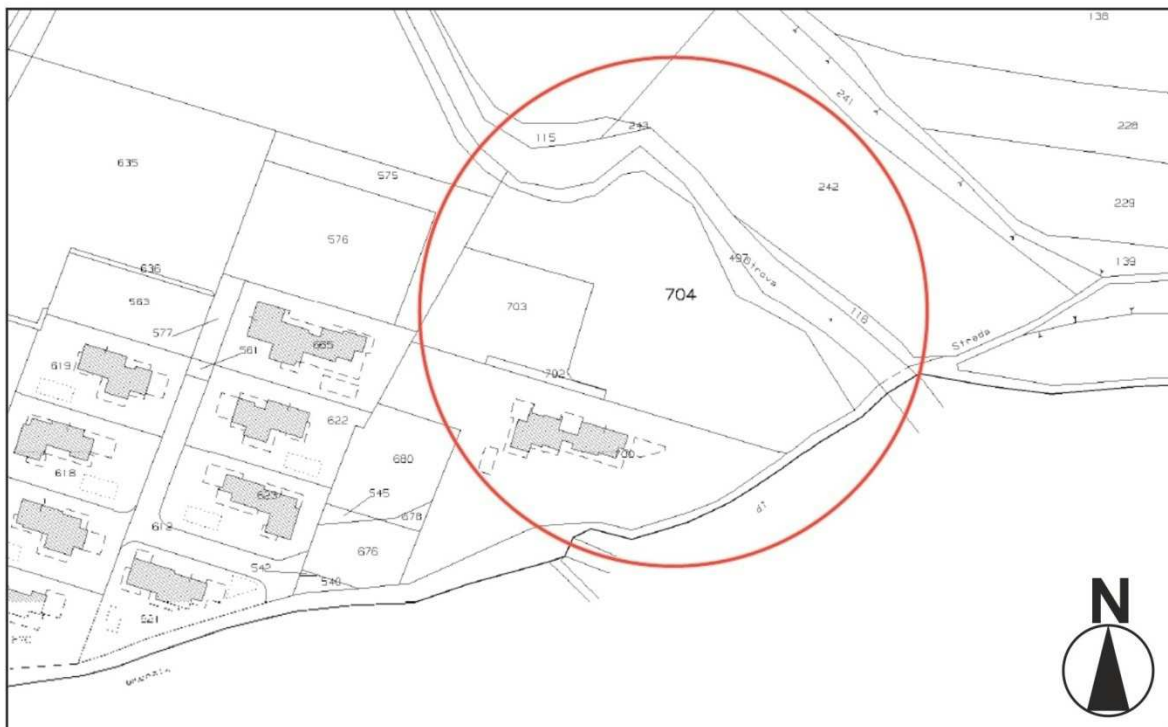


Estratto Foglio n. 123011 "Garda" CTR Veneto

Catastalmente il settore di intervento risulta inserito nel **Foglio n.9, Mappali n.702,703,704** del territorio comunale di Costermano sul Garda.

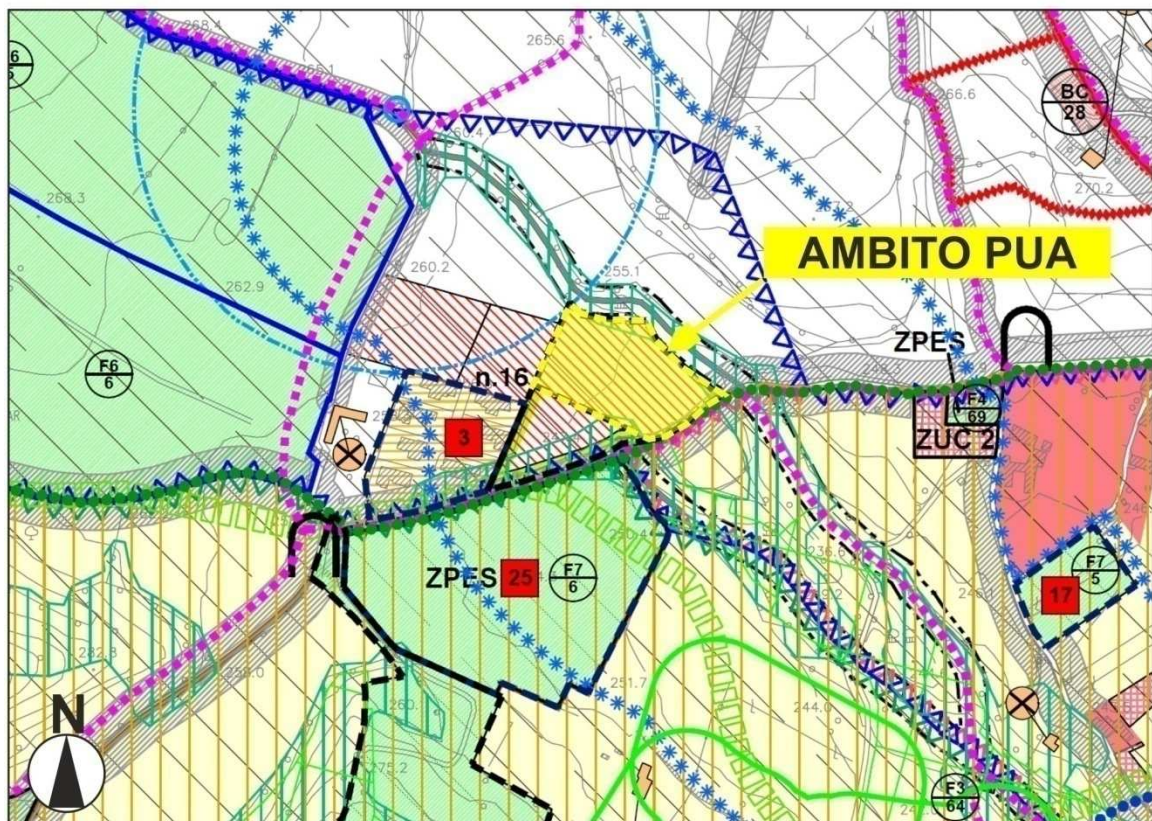
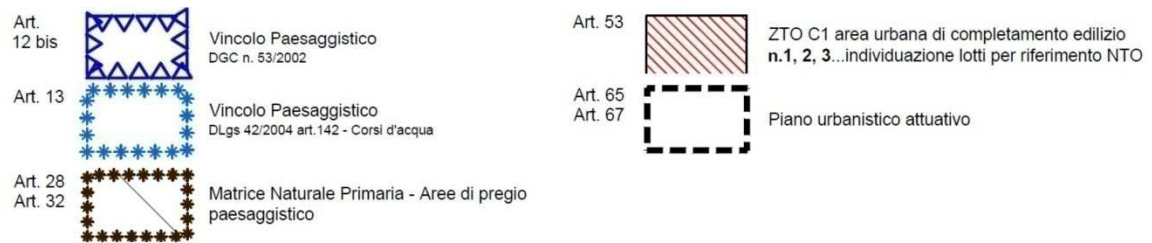


AREA CATASTALE INTERESSATA DALL'INTERVENTO
Foglio n.9, Mappali n.702, 703, 704, 497, 700



Estratto di Mappa catastale

Secondo quanto indicato dal Piano degli interventi – PI del Comune di Costermano sul Garda, il settore di intervento, ricade all'interno della zona ZTO C1 definita come area urbana di completamento edilizio – Art.53 di un Piano Urbanistico Attuativo – Art.65-67. L'area inoltre è sottoposta a Vincolo Paesaggistico (DGC n.53/2002) – Art.12 bis e a Vincolo Paesaggistico (DLgs 42/2004 – art.142 – Corsi d'acqua) – Art.13 e risulta inserita in un contesto di pregio paesaggistico Matrice Naturale Primaria Art.28-32.

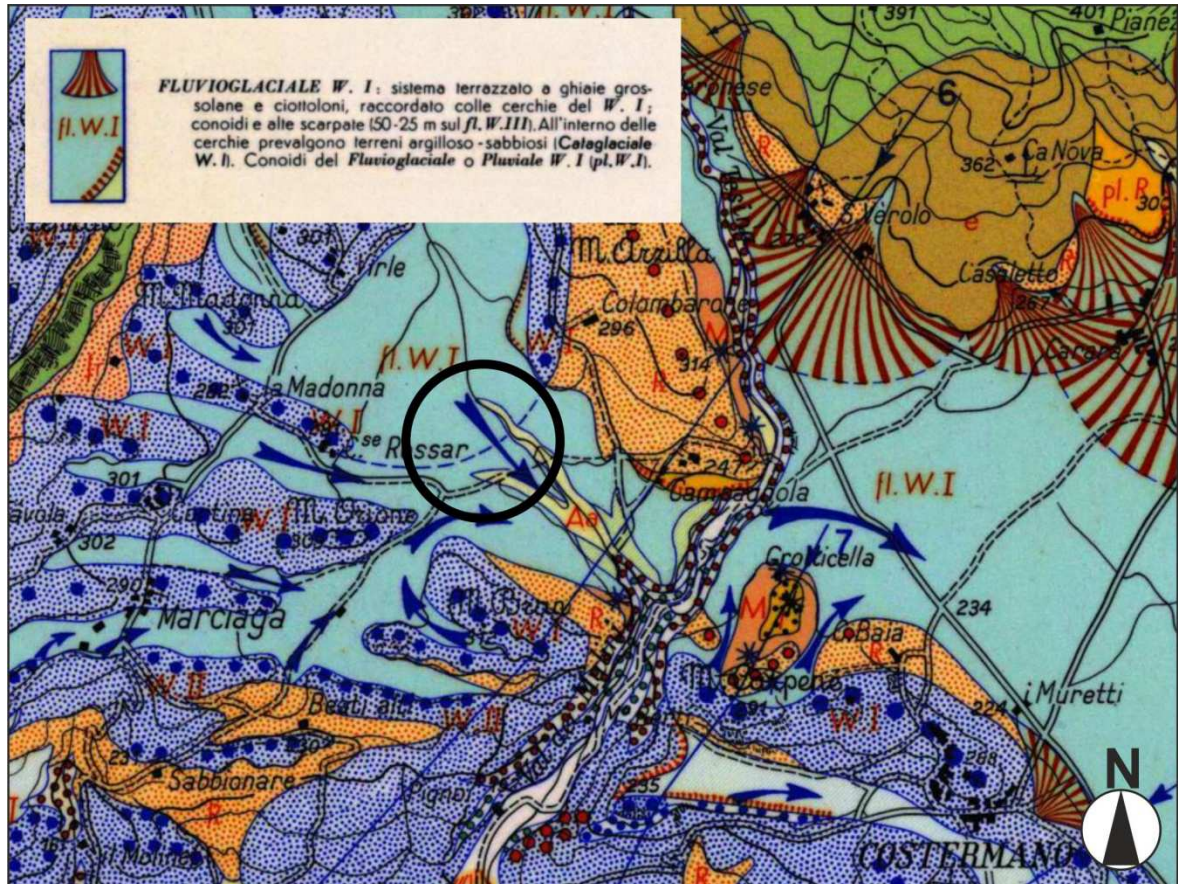


Estratto Tav 1a NORD Intero territorio comunale P.I.

2. MODELLO GEOLOGICO

2.1 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DELL'AREA

Il settore oggetto di intervento, come precedentemente accennato, visto in un contesto generale, si colloca nell'entroterra della sponda orientale del Lago di Garda, sulle cerchie moreniche interne appartenenti all'Anfiteatro Morenico del Garda, riferibili a fasi glaciali di età Wurmiana e Rissiana.



Estratto Carta Geologica dell'Anfiteatro Morenico del Garda – Tratto orientale ed Anfiteatro Atesino di Rivoli V.se (S. Venzo)

Tale sistema risulta caratterizzato da un paesaggio collinare con rilievi poco pronunciati ed irregolari, che rappresentano i lembi residui dei cordoni morenici originariamente estesi. Dal punto di vista litologico sono costituiti da materiale prevalentemente limoso-argilloso con scheletro granulare costituito da ghiaie, sabbie e scarsi ciottoli spesso levigati o striati e la cui origine è imputabile ad un meccanismo deposizionale di ritiro del ghiacciaio.

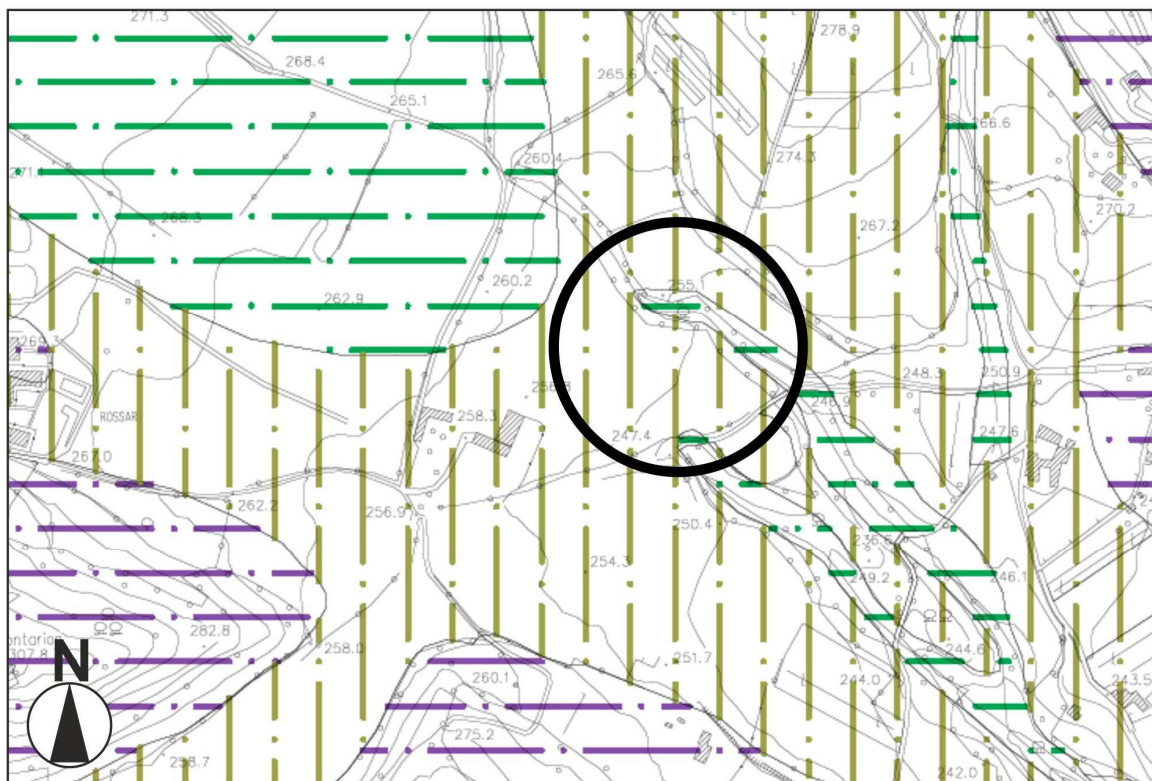
In corrispondenza delle fasce intramoreniche e intermoreniche, l'azione degli scaricatori fluvio glaciali, ha parzialmente colmato le zone originariamente depresse, creando aree sub-pianeggianti caratterizzate, dal punto di vista litologico, da depositi di torbiera di età, sia post-wurmiana, sia recente. I depositi fluvio glaciali, si distinguono

inoltre, in base al tipo di energia deposizionale che li ha originati. Litologie a fine granulometria e mediamente classate si sono originate in un ambiente di deposizione alluvionale di bassa energia, mentre depositi rappresentati da bassi terrazzi ghiaiosi o da alluvioni di fondovalle, hanno avuto origine in seguito a condizioni di deposizione ad alta energia (piana del T.Gusa - abitato di Garda).

Materiali alluvionali, morenici e fluvioglaciali



Materiali granulari più o meno addensati dei terrazzi fluviali e fluvioglaciali antichi a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa



Estratto Elaborato c05-01 Carta litologica PAT

Nello specifico, il settore di intervento si colloca all'interno di una piana di origine fluvioglaciale in un settore compreso tra il dosso morenico del "M. Arzilla", ad est ed il dosso morenico che decorre, in direzione meridiana, lungo le località "Zel" e "Virle" ad ovest. L'area colmata dai suddetti depositi ed originatasi a seguito dell'azione di un antico scaricatore fluvioglaciale prende il nome di Val Strova.

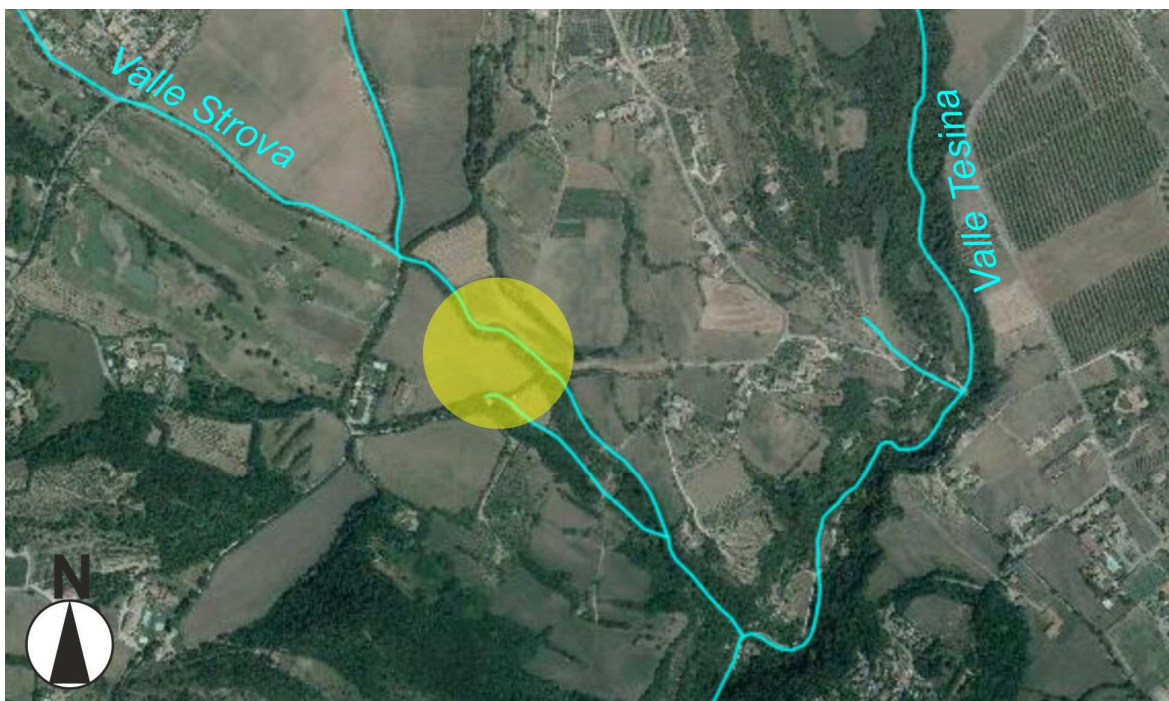
Dal punto di vista litostratigrafico tale piana risulta costituita, come indicato dalla cartografia in possesso e confermato a seguito dell'indagine geognostica in sito (trincee esplorative), da depositi a tessitura eterogenea prevalentemente ghiaioso sabbiosa, in matrice limosa con presenza di elementi ciottolosi calcarei biancastri.

All'interno di tali depositi è inoltre possibile rinvenire la presenza di livelli lentiformi distribuiti in modo eterogeneo di natura sabbioso limosa con ridotta fazione granulare costituita da ghiaia fine.

2.2 IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA DELL'AREA

L'idrografia in generale, si affida alla presenza di fossi o rii di modeste dimensioni, che incidono le superfici topografiche depresse costituite dalle piane fluvioglaciali e sono alimentati principalmente dagli eventi meteorici locali o da punti di risorgenza al contatto con i rilievi morenici.

Tra questi, i corpi idrici principali sono rappresentati dal torrente che scorre nella già citata Val Strova, che lambisce il confine nord dell'area di intervento e da un suo affluente destro, che scorrono nelle immediate vicinanze del settore di intervento.



Estratto da Geoportale Nazionale – Reticolo Idrografico. In giallo l'ambito di studio

L'area di interesse, non si inserisce in corrispondenza di alcuna incisione valliva o zona di concentrazione privilegiata delle acque meteoriche; in generale il deflusso delle acque di corrivazione superficiale avviene senza la formazione di specifiche direzioni di scorrimento, ristagni idrici o criticità localizzate.

Per ciò che concerne la circolazione idrica sotterranea generale, dalla consultazione della Carta Idrogeologica Scala 1:10.000, appartenente al Piano di Assetto del Territorio (PAT), si evince che all'interno del territorio del Comune di Costermano, sono state definite quattro tipi di aree, rappresentative dei vari intervalli di quota della falda, rispetto al piano campagna e cioè:

- tra 0.00m e 2.00m;
- tra 2.00m e 5.00m;
- tra 5.00m e 10.00m;
- > di 10.00m.

Va precisato inoltre, che nelle aree a notevole pendenza dove affiorano le rocce calcaree, la permeabilità è conseguente ad uno stato di elevata fessurazione e la circolazione può avvenire lungo condotti con direzione di flusso prevalentemente verticale.

Mentre nelle fasce di territorio in cui sono presenti depositi di natura sciolta (Depositi morenici e Depositi detritici/colluviali), la circolazione idrica sotterranea è caratterizzata da falde acquifere superficiali in relazione alla presenza di livelli impermeabili argillosi o a superfici di strato rocciose non fratturate o con interstrati essenzialmente argillosi.

Idrografia di superficie



Corso d'acqua temporaneo



Limite di rispetto delle opere di presa

Acque sotterranee



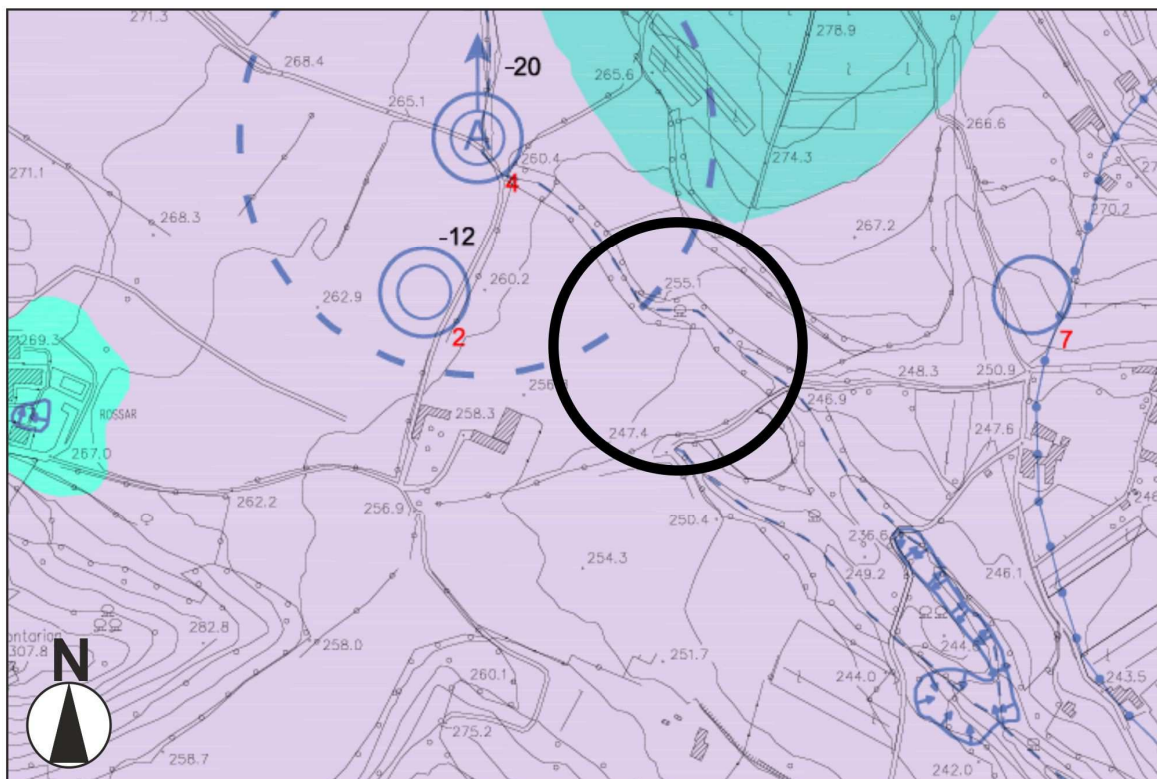
Area con profondità falda freatica > di 10 m da p.c.



Pozzo freatico con indicazioni profondità della falda dal p.c.
(in rosso il numero progressivo)



Pozzo artesiano utilizzato come acquedotto pubblico con indicazioni
profondità della falda dal p.c.
(in rosso il numero progressivo)



Estratto Elaborato c05-02 Carta Idrogeologica PAT

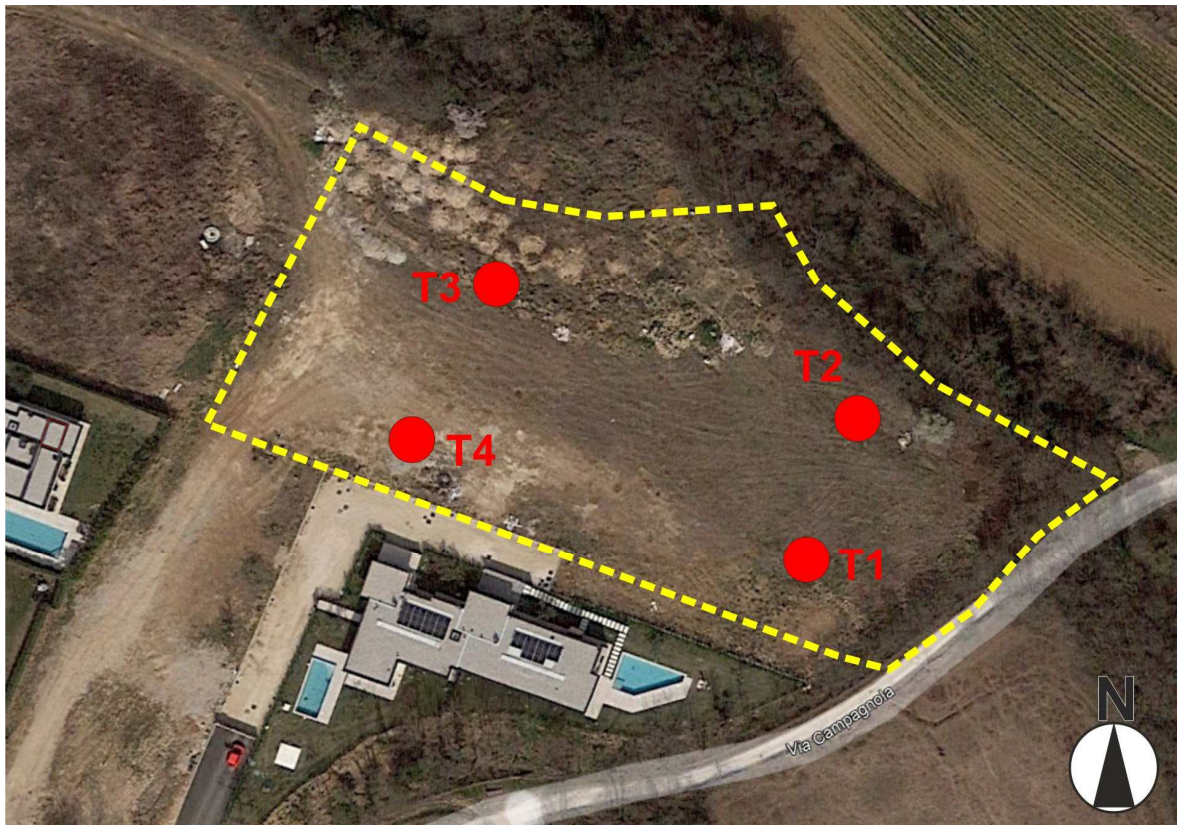
Per quanto concerne l'assetto idrogeologico, specifico dell'area di indagine, durante l'esecuzione dell'indagine geognostica in sito, non è stato rinvenuto alcun livello di falda superficiale sino alla profondità massima investigata.

Dall'estratto della Carta Idrogeologica del PAT, risulta che il livello di falda in corrispondenza del settore di intervento si colloca ad una profondità superiore a 10.00m dal p.c..

Da un punto di vista "idrografico – amministrativo", il sito oggetto di studio rientra nell'ambito dell'Autorità di Bacino del Fiume Po e dall'analisi della documentazione in possesso, non ricade fra le aree a pericolosità idraulica individuate.

3. INDAGINI IN SITO

In relazione alle litologie presenti nell'area ed in base alla tipologia di intervento in progetto, la caratterizzazione litologico-stratigrafica e fisico-meccanica dei terreni di fondazione è stata formulata attraverso l'analisi di una campagna di indagini geognostiche dirette realizzate in corrispondenza del settore di intervento.



Ambito di intervento ed ubicazione indagini in sito (in rosso gli scavi esplorativi)

Nel caso specifico è stata realizzata un'indagine geognostica diretta, costituita da n.4 scavi esplorativi; per la caratterizzazione visiva dal punto di vista litologico dei terreni in sito.

I dati relativi alle suddette indagini, sono stati inoltre correlati con il materiale cartografico e bibliografico a disposizione.

3.2.1 SCAVI ESPLORATIVI

Gli scavi esplorativi, sono stati realizzati attraverso l'utilizzo di un escavatore meccanico normalmente impiegato in edilizia e nelle opere di movimento terra.

Si tratta di un'indagine geognostica diretta, che presenta il vantaggio dell'elevata velocità di esecuzione e facile reperibilità delle attrezzature e che consente di valutare ed analizzare in modo visivo le caratteristiche stratigrafiche del suolo indagato oltre che valutare l'eventuale presenza del livello di falda e la sua interazione con le pareti di scavo.

La realizzazione di uno scavo esplorativo inoltre consente di valutare preliminarmente la stabilità delle pareti di scavo stesse, evidenziando la presenza di porzioni instabili, corrispondenti a livelli sciolti o con caratteristiche geotecniche scadenti.



Esecuzione scavo esplorativo T1 visto da nord-est



Esecuzione scavo esplorativo T2 visto da sud-est



Esecuzione scavo esplorativo T3 visto da sud-est



Esecuzione scavo esplorativo T4 visto da est

Nel caso specifico, in corrispondenza dell'ambito di progetto sono stati realizzati 4 scavi esplorativi, che hanno raggiunto la profondità massima di circa 2.00m dal piano campagna, come riportato in tabella.

Numero scavo esplorativo	Profondità raggiunta [m] da p.i.
Scavo T1	2.00
Scavo T2	2.00
Scavo T3	2.00
Scavo T4	2.00

Tabella: riassunto profondità raggiunte con i 4 scavi esplorativi

Durante l'esecuzione dell'indagine geognostica diretta non è stato individuato un livello di falda superficiale.

Per quanto concerne inoltre la stabilità delle pareti di scavo, per l'intera durata della realizzazione dei saggi esplorativi, non si sono verificati fenomeni di instabilità dei fronti di scavo stessi.

Di seguito si riportano i dati litologici, derivati dall'analisi dell'indagine geognostica in sito.

SCAVO ESPLORATIVO N.1	
PROFONDITÀ (m)	LITOLOGIA
0.00 ÷ 0.50	Terreno vegetale di natura limoso sabbioso argilloso con ghiaia fine/media e resti di apparati radicali
0.50 ÷ 2.00	Depositi ghiaioso sabbiosi in matrice limosa, con ciottoli/trovanti calcarei eterometrici sub-arrotondati di colore biancastro



Vista d'insieme della stratigrafia relativa allo scavo esplorativo n. 1



Cumulo dei depositi ghiaioso sabbiosi rinvenuti durante l'esecuzione dello scavo esplorativo n. 1

SCAVO ESPLORATIVO N.2

PROFONDITÀ (m)	LITOLOGIA
0.00 ÷ 0.30	Terreno vegetale di natura limoso sabbioso argilloso con ghiaia fine/media e resti di apparati radicali
0.30 ÷ 2.00	Depositi ghiaioso sabbiosi in matrice limosa, con ciottoli/trovanti calcarei eterometrici sub-arrotondati di colore biancastro



Vista d'insieme della stratigrafia relativa allo scavo esplorativo n.2



Cumulo dei depositi ghiaioso sabbiosi rinvenuti durante l'esecuzione dello scavo esplorativo n.2

SCAVO ESPLORATIVO N.3	
PROFONDITÀ (m)	LITOLOGIA
0.00 ÷ 0.50	Terreno vegetale di natura limoso sabbioso argilloso con ghiaia fine/media e resti di apparati radicali
0.50 ÷ 2.00	Depositi ghiaioso sabbiosi in matrice limosa, con ciottoli/trovanti calcarei eterometrici sub-arrotondati di colore biancastro



Vista d'insieme della stratigrafia relativa allo scavo esplorativo n.3



Cumulo dei depositi ghiaioso sabbiosi rinvenuti durante l'esecuzione dello scavo esplorativo n.3

SCAVO ESPLORATIVO N.4

PROFONDITÀ (m)	LITOLOGIA
0.00 ÷ 0.60	Terreno vegetale di natura limoso sabbioso argilloso con ghiaia fine/media e resti di apparati radicali
0.60 ÷ 2.00	Depositi ghiaioso sabbiosi in matrice limosa, con ciottoli/trovanti calcarei eterometrici sub-arrotondati di colore biancastro



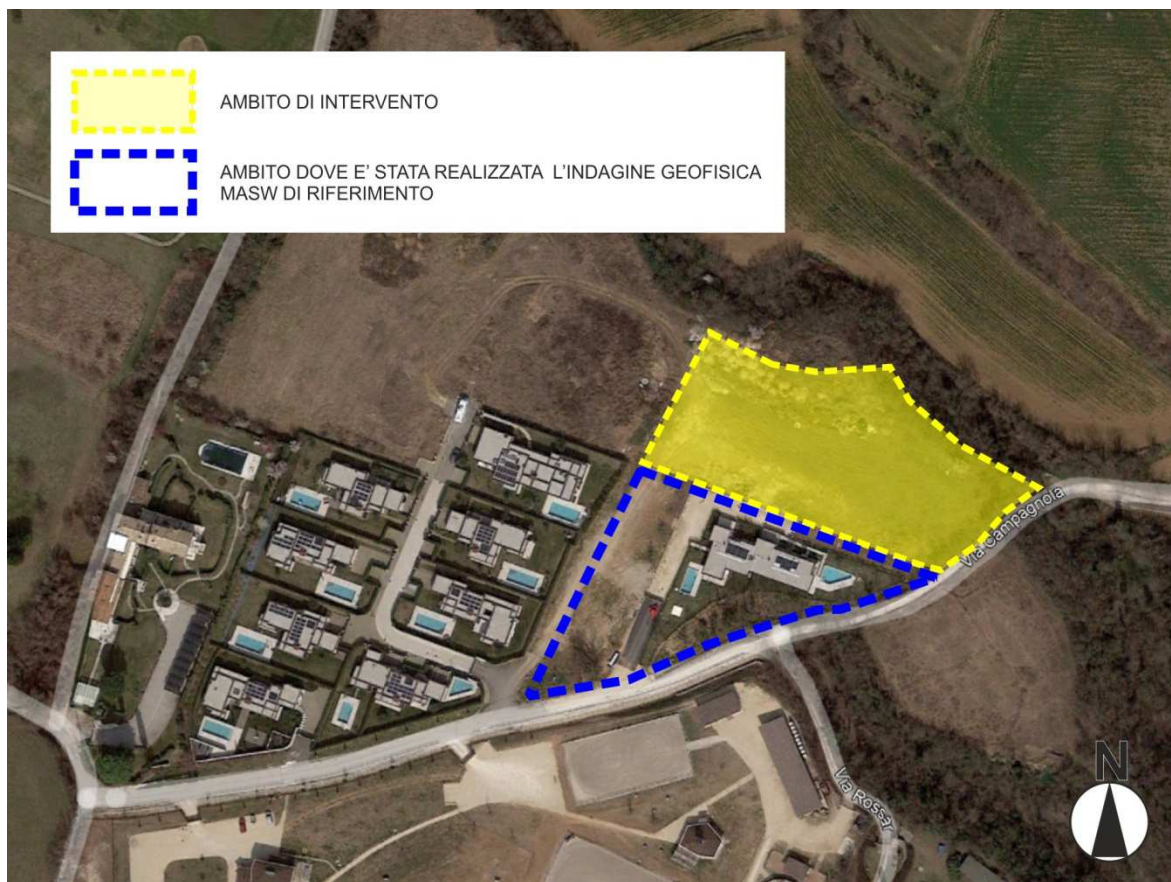
Vista d'insieme della stratigrafia relativa allo scavo esplorativo n.4



Cumulo dei depositi ghiaioso sabbiosi rinvenuti durante l'esecuzione dello scavo esplorativo n.4

4. INDAGINI DI RIFERIMENTO

Nel caso specifico è stata analizzata una prospezione sismica effettuata con tecnica attiva MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), per la ricostruzione dell'assetto sismo - stratigrafico del sottosuolo a partire dalle modalità di propagazione delle onde superficiali di Rayleigh e la determinazione della categoria del sottosuolo di fondazione, una volta determinati il profilo verticale di velocità delle onde S ed il parametro $V_{s,30}$.



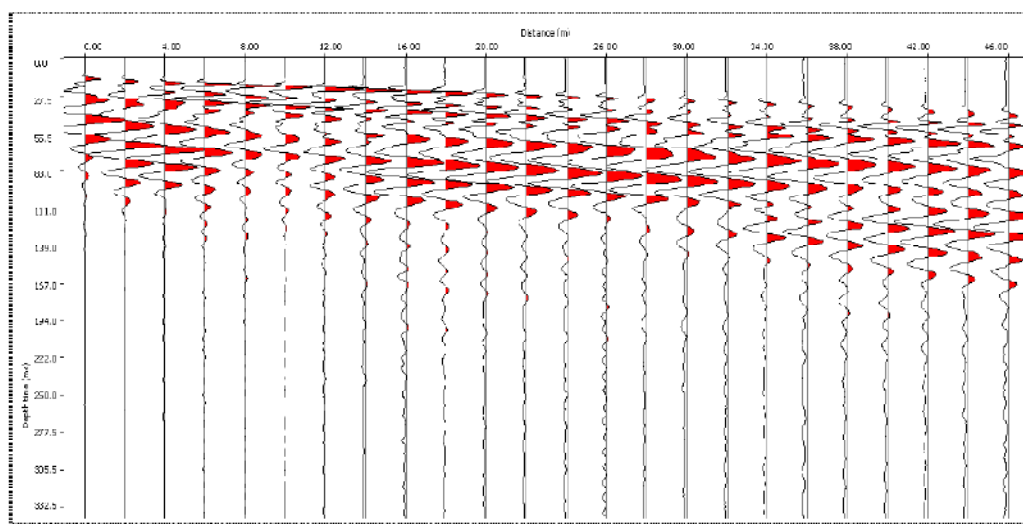
Ambito di intervento ed ubicazione indagine MASW di riferimento

Tale indagine è stata effettuata immediatamente a sud del settore di intervento, in corrispondenza di terreni geologicamente simili a quelli che caratterizzano il settore di intervento (paragrafi A.2 D.M. 11.3.1988).

4.1 ELABORAZIONE ED INTERPRETAZIONE DATI MASW

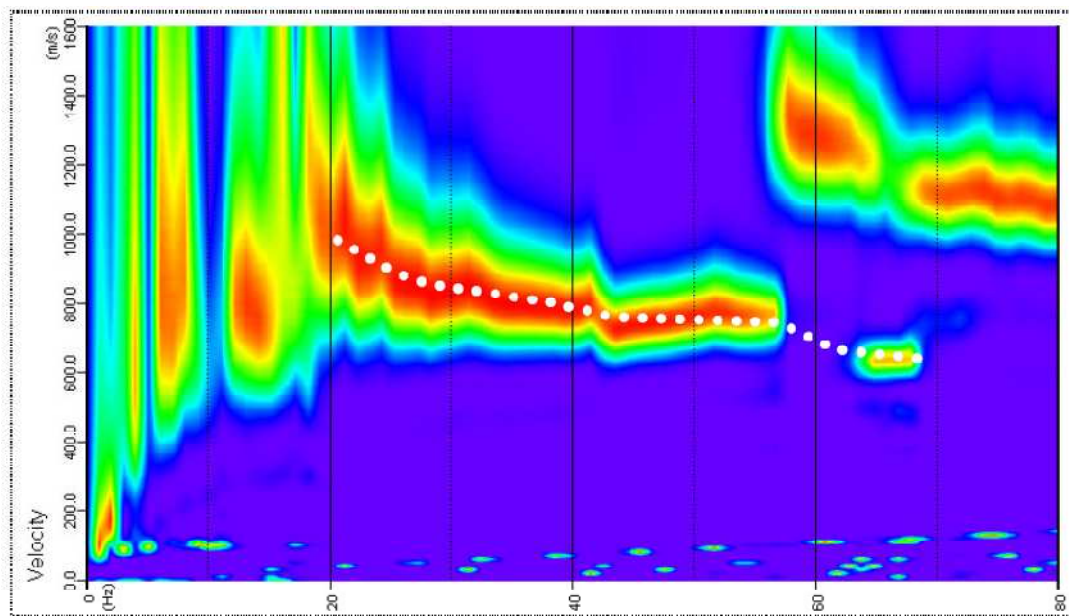
Per l'interpretazione dei dati è stato impiegato il software Surface Plus prodotto da Geogiga (Canada), il quale consente la determinazione di profili verticali della velocità delle onde di taglio con il metodo diretto attraverso gli algoritmi genetici a partire dal calcolo dello spettro delle velocità e dal picking della curva di dispersione, individuata direttamente sullo spettro del segnale identificando i massimi spettrali di energia.

Nella figura seguente si riportano i dati acquisiti per lo stendimento MASW sotto forma di sismogramma. I dati acquisiti sono stati sottoposti ad una fase iniziale di pulitura digitale (*dc remove, cuttings, resize*) al fine di ridurre i rumori di fondo e aumentare ove possibile il rapporto segnale/rumore, esaltando così le onde di superficie. Il segnale appare leggermente disturbato a causa della presenza del substrato roccioso a breve profondità dal piano di indagine. Pur essendo presente *noise* ad elevata frequenza, il segnale risulta nel complesso ben riconoscibile e questo permette una buona interpretazione del dato.



Sismogramma acquisito relativo all'indagine MASW

Nella figura seguente si riporta lo spettro delle velocità ottenuto esaminando tutte le possibili velocità di fase per le frequenze considerate nell'analisi dei dati misurati e la curva di dispersione sperimentale individuata.



Spettro delle velocità ottenuto rappresentando per ogni velocità di fase la relativa frequenza di propagazione. Il modo fondamentale è presente alle frequenze medio - basse, mentre per frequenze più elevate il segnale risulta meno nitido con la comparsa di un modo superiore; questo è dovuto all'elevata velocità del sottosuolo. In bianco la curva di dispersione sperimentale.

Il profilo sismo - stratigrafico verticale ricavato dalla modellazione diretta della curva di dispersione sperimentale e riportato nella tabella seguente.

Indagine sismica MASW	Profondità (m)	Spessori (m)	Velocità onde di taglio (m/s)
I sismostrato	0,0 ÷ 2,0	2,0	260
II sismostrato	2,0 ÷ 7,0	5,0	400
III sismostrato	7,0 ÷ 13,0	6,0	550
IV sismostrato	13,0 ÷ 17,0	4,0	630
V sismostrato	> 17,0	semisp.	750

La velocità delle onde di taglio risulta crescente con la profondità ed è rappresentato da una sequenza costituita da un orizzonte soffice superficiale ($V_s \approx 260$ m/s – 2 m di spessore) poggiante su materiali progressivamente più compatti (fluvioglaciale) e caratterizzati da velocità comprese tra 400 ÷ 550 m/s fino alla profondità di 13 m ca. A partire da 17 m di profondità le velocità raggiungono 750 m/s, indice di sedimenti molto addensati/compatti o conglomeratici.

Il profilo verticale delle onde S è il seguente:

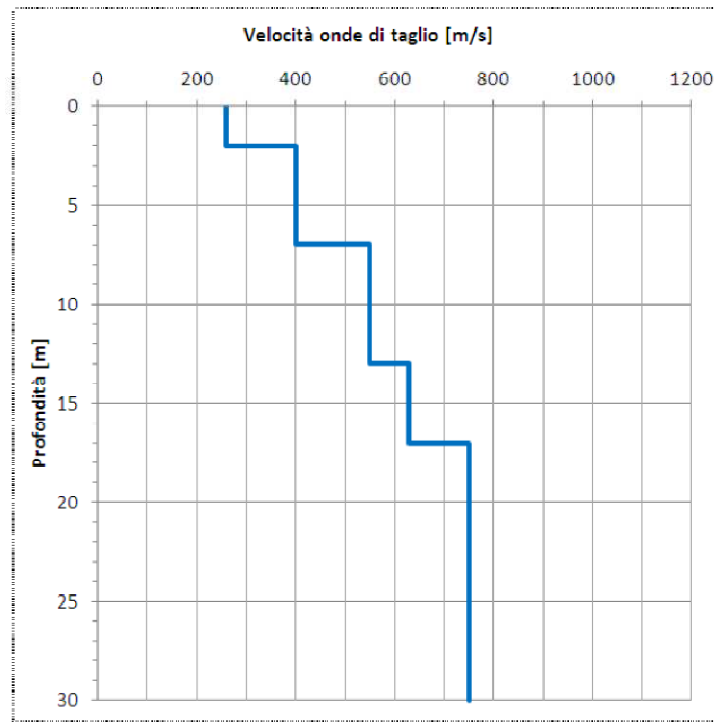


Grafico velocità/profondità delle onde di taglio Vs

4.2 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE

Dall'analisi del profilo verticale ottenuto è possibile calcolare la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio ($V_{s,eq}$) da cui ricavare la Categoria di Sottosuolo come indicato nel D.M. 17/01/2018. Il parametro $V_{s,eq}$ si calcola attraverso la relazione:

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

dove:

- h_i = spessore (in m) dell'iesimo strato;
- $V_{s,i}$ = velocità (in m/s) delle onde di taglio nell'iesimo strato;
- N = numero di strati;
- H = profondità *bedrock* sismico (definito come quell'orizzonte costituito da roccia o terreno molto rigido caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s) rispetto al piano di imposta delle fondazioni.

Per depositi con profondità H del substrato sismico superiore a 30 m, come per il caso in esame, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$. A seguire si riportano i valori di $V_{s,30}$ riferibili ai primi metri di sottosuolo.

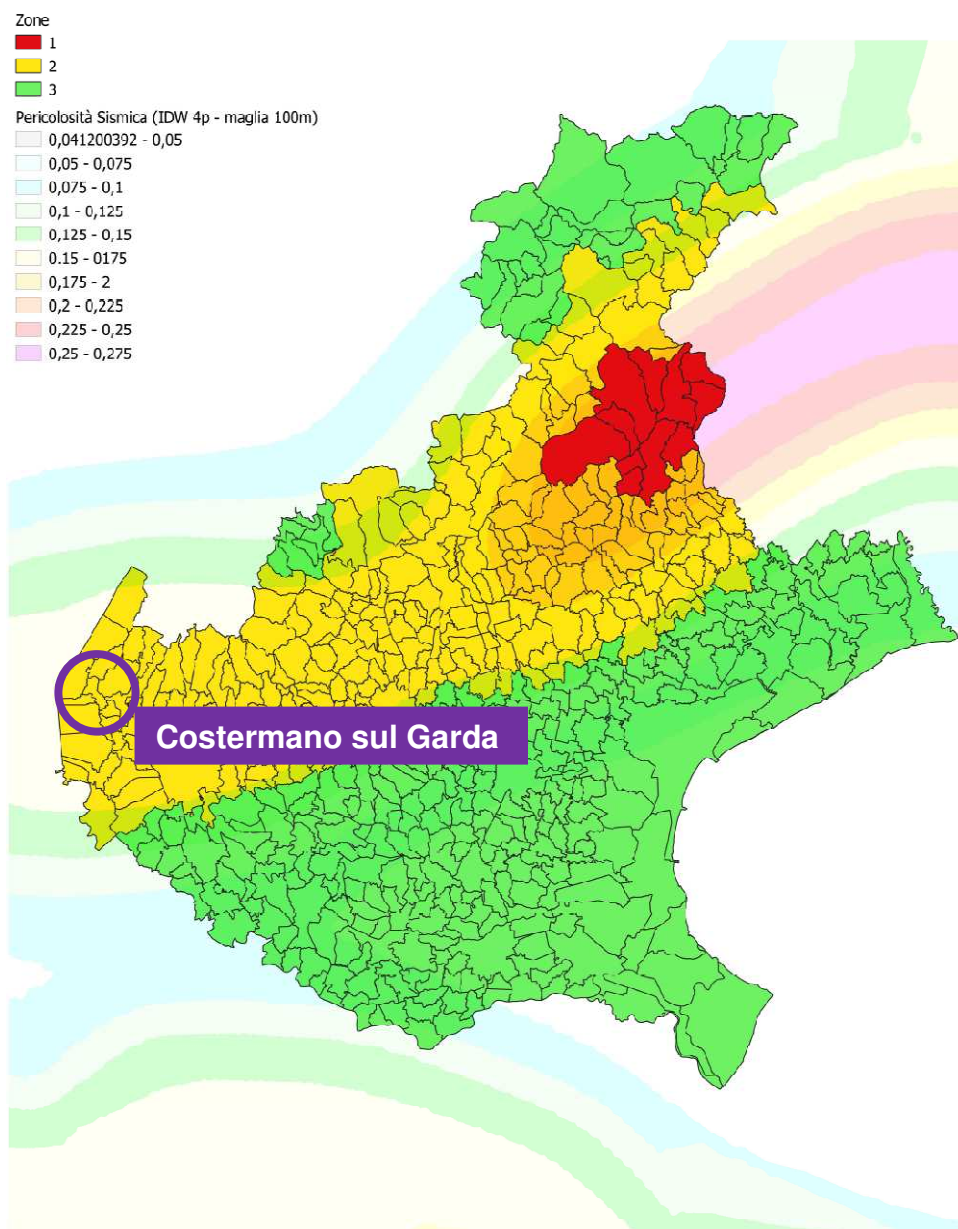
Profondità piano di posa delle fondazioni	$V_{s,30}$	Categoria di Sottosuolo
0 m dal p.c.	$V_s (0 - 30) \approx 548 \text{ m/s}$	B
1 m dal p.c.	$V_s (1 - 31) \approx 574 \text{ m/s}$	B
2 m dal p.c.	$V_s (2 - 32) \approx 603 \text{ m/s}$	B
3 m dal p.c.	$V_s (3 - 33) \approx 617 \text{ m/s}$	B

Dalla ricostruzione del quadro geofisico emerso dall'indagine di riferimento e dal calcolo del parametro $V_{s,eq}$, il sito in esame si colloca nella **Categoria di Sottosuolo "B"** così definita: *rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 e 800 m/s.*

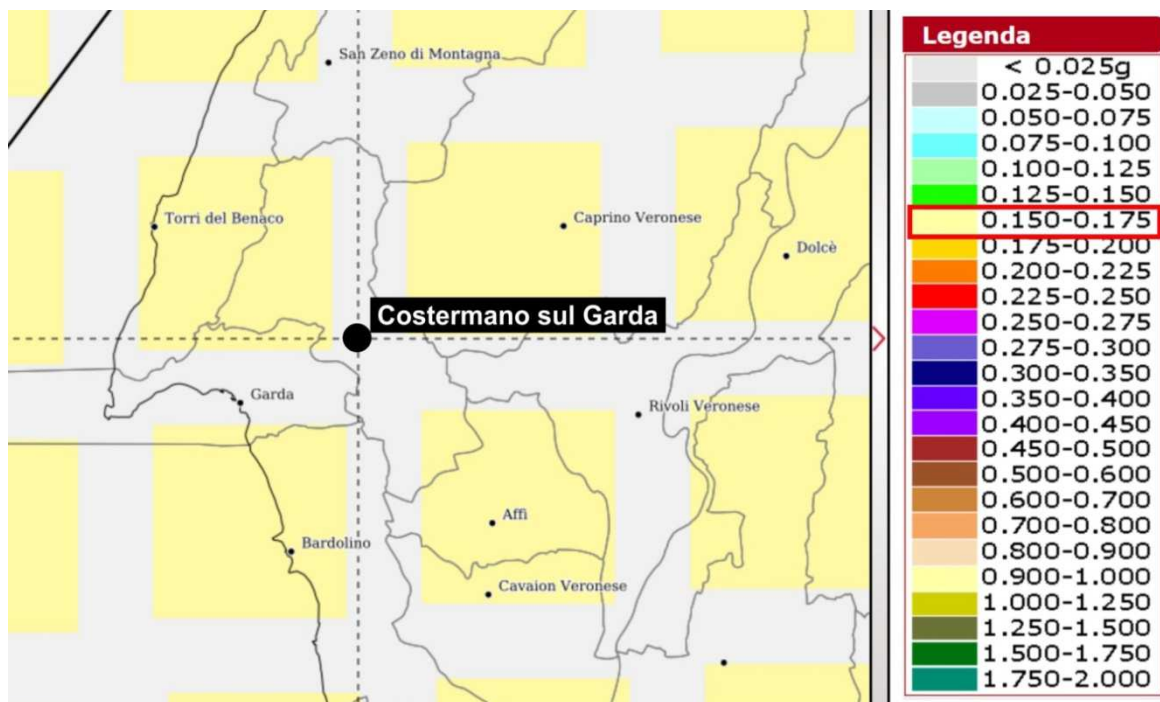
5. MODELLO SISMICO

5.1 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

In base alla nuova normativa riguardante la situazione sismica a livello regionale, con l'entrata in vigore a partire dal 15/05/2021 della D.G.R. n. 244 del 09/03/2021 (nuovo elenco dei comuni sismici del Veneto) e D.G.R. n. 378 del 30 marzo 2021 (nuove procedure autorizzative per le costruzioni in zona sismica e abitati da consolidare), il Comune di Costermano sul Garda è stato inserito in zona sismica classificata "zona 2", cui corrisponde un valore dell'accelerazione orizzontale massima convenzionale (a_g) su suolo di tipo A pari a 0.25g.



*Classificazione sismica del Veneto – Mappa di pericolosità sismica –
ALLEGATO A DGR n. 244 del 09 marzo 2021*



Carta di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a_g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli di categoria A ($V_s 30 > 800$ m/s)

Con l'entrata in vigore del D.M. - Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 per la zona in esame, per la valutazione delle azioni sismiche di progetto in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, viene definita la pericolosità sismica di base del sito di intervento.

La pericolosità sismica di base è definita in termini di:

- accelerazione orizzontale massima convenzionale (a_g) su suolo di tipo A;
- ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_vR , nel periodo di riferimento V_R .

Sulla base della Carta della pericolosità sismica viene rilevato il valore caratteristico locale da una griglia di punti da cui si ricava quanto segue relativamente al sito di intervento:

Coordinate geografiche del sito:	45,589°N 10,743°E
Vita nominale dell'opera V_N:	50 anni
Classe d'uso C_U:	Classe II

STATO LIMITE CONSIDERATO	SL	P_{VR}	T_R	a_g	F_o	T_c^*
sle	Operatività	81%	30	0,0448	2,49	0,23
sle	Danno	63%	50	0,0594	2,53	0,24
slu	Salv. Vita	10%	475	0,1673	2,43	0,28
slu	Collasso	5%	975	0,2156	2,47	0,28

In riferimento allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV), definito come condizione in cui *“a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali”* cui corrisponde un tempo di ritorno di 475 anni, vengono considerati i seguenti parametri su sito di riferimento rigidoOrizzontale (bedrock):

- ❖ **a_g** = accelerazione massima orizzontale al suolo;
- ❖ **F_o** = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale;
- ❖ **T_c^*** = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il valore **a_g** (accelerazione massima orizzontale al piano di posa delle fondazioni), si ottiene dalla seguente relazione:

$$a_g = S_s S_t a_{gbedrock}$$

dove $a_{gbedrock}$ è l'accelerazione sismica orizzontale al bedrock, S_s è il fattore di amplificazione stratigrafica e S_t il fattore di amplificazione topografica.

Il fattore S_s viene stimato in funzione della categoria del sottosuolo secondo lo schema seguente:

CATEGORIA DI SUOLO	DESCRIZIONE	SS
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ compresi superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3m.	1,00
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).	$1.00 \leq 1.40-0.40 F_0 a_{gbedrock} \leq 1.20$
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).	$1.00 \leq 1.70-0.60 F_0 a_{gbedrock} \leq 1.50$
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).	$0.90 \leq 2.40-1.50 F_0 a_{gbedrock} \leq 1.80$
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_{s,30} > 800$ m/s).	$1.00 \leq 2.00-1.10 F_0 a_{gbedrock} \leq 1.60$

Nel caso in esame, sulla base dell'indagine sismica di riferimento, è stata considerata una **categoria di sottosuolo B**. Il parametro S_s risulta pertanto pari a **1,20**.

Il fattore S_t si ottiene direttamente dalla seguente tabella:

Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione opera o dell'intervento	St
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	-	1,00
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	sommità del pendio	1,20
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	cresta del rilievo	1,20
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	cresta del rilievo	1,40

Per il sito in esame è stata considerata una classe topografica **T1** cui corrisponde un valore di S_t pari a **1,00**.

La grandezza **ag** è quindi uguale a:

$$ag = 1,20 \times 1,00 \times 0,1673 = 0,201g$$

5.1.1 COEFFICIENTI SISMICI

I coefficienti sismici necessario per la valutazione degli effetti cinematici del sisma sul terreno di fondazione sono stati determinati attraverso le seguenti formule:

coefficiente sismico orizzontale	coefficiente sismico verticale
$k_h = \beta a_g$	$k_v = \pm 0,5 k_h$

Il parametro β , secondo la normativa vigente, va ricavato dalla seguente tabella:

	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	
	A	B, C, D, E
	β	β
$0.2 < a_{gbedrock} \leq 0.4$	0,30	0,28
$0.1 < a_{gbedrock} \leq 0.2$	0,27	0,24
$a_{gbedrock} \leq 0.1$	0,20	0,20

Nel sito indagato risulta $\beta=0,24$, da cui:

$$k_h = 0,24 \times 0,201 = \mathbf{0,0482}$$

e conseguentemente:

$$k_v = 0,5 \times 0,0482 = \mathbf{0,0241}$$

6. ANALISI DEL PIANO DI ASSETTO TERRITORIALE (P.A.T.)

Con specifico riferimento al progetto in esame, l'analisi del P.A.T. del Comune di Costermano sul Garda, delle tavole e delle Norme tecniche ha evidenziato quanto segue.

Dall'analisi della "Carta dei vincoli e della Pianificazione Territoriale" (Tav. 1) emerge che l'area di intervento è soggetta a "Vincolo Paesaggistico (DLgs 42/2004) – Corsi d'acqua - Art. 5.2".



Estratto della Carta dei Vincoli e della Pianificazione Territoriale

Dalla “Carta delle invarianti” (Tav. 2) emerge che il sito di intervento ricade all’interno di un’area di pregio paesaggistico – Art.11.3 con presenza di colture di pregio quali vigneto ed in particolare Bardolino DOC – Art.13. In corrispondenza del sito di interesse progettuale non grava alcun tipo di vincolo legato alla presenza di ambiti territoriali caratterizzati da particolari evidenze ed unicità geologiche.

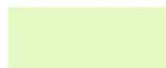
INVARIANTI DI NATURA PAESAGGISTICA



AREE DI PREGIO PAESAGGISTICO

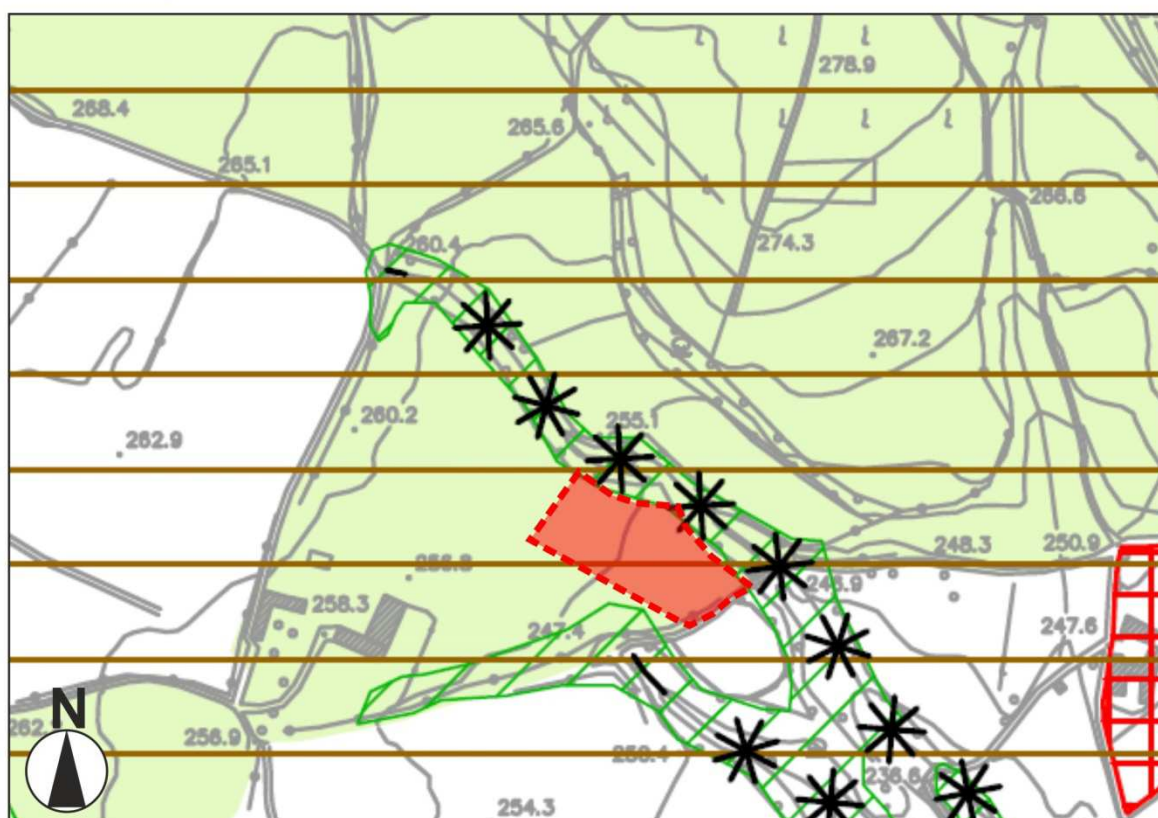
Art. 11.3

INVARIANTI DI NATURA AGRICOLO-PRODUTTIVA



BARDOLINO DOC

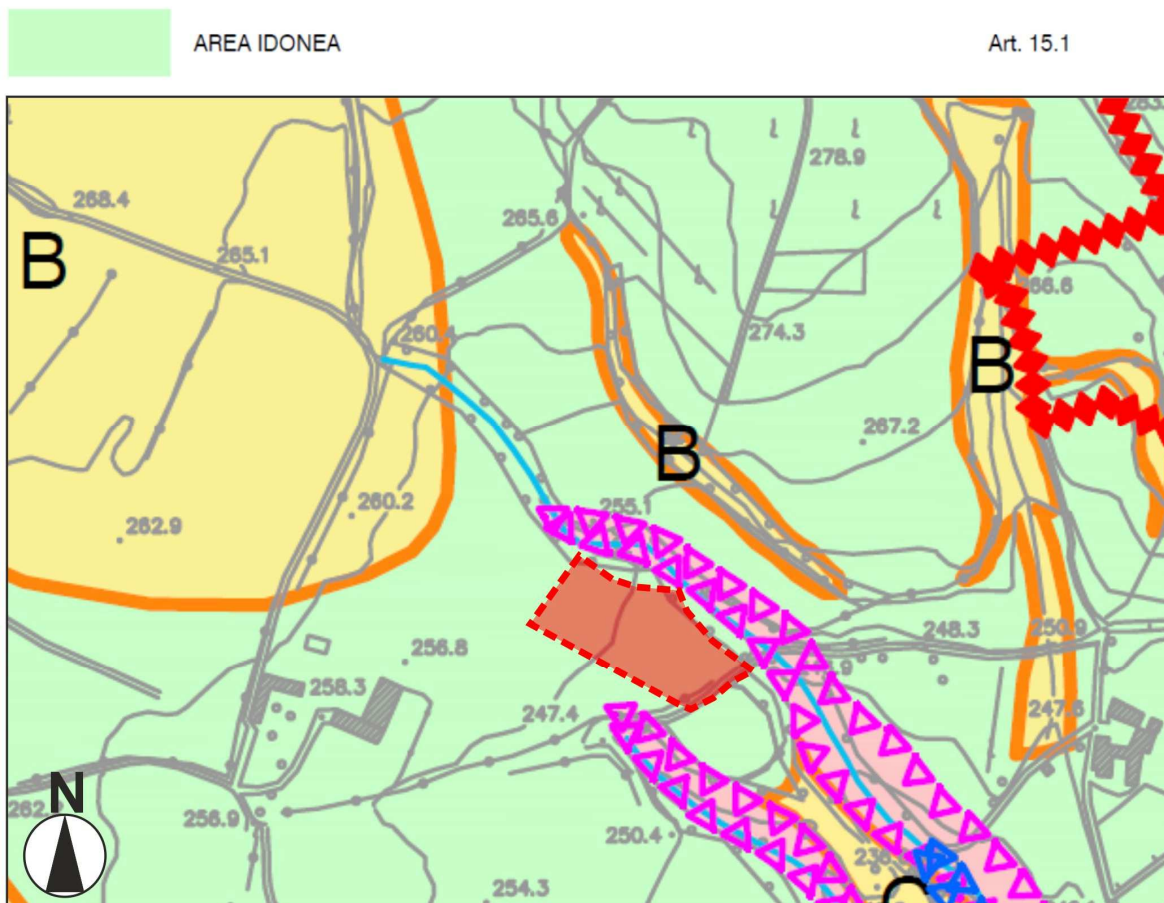
Art. 13



Estratto della Carta delle Invarianti

Infine dalla “Carta delle fragilità” (Tav. 3) in merito alla compatibilità geologica ai fini edificatori, il sito di intervento ricade in un’area classificata come Area idonea – Art.15.1.

COMPATIBILITA' GEOLOGICA AI FINI EDIFICATORI



Estratto della Carta delle Fragilità

In relazione alle Norme Tecniche di Attuazione del P.A.T., le aree idonee sono, la zona della piana alluvionale del Torrente Tasso, non interessata da esondazioni periodiche, ad est dell'intero territorio comunale, dove la topografia è per lo più pianeggiante (pendenza massima del 2%) e il terreno ha un buon grado di permeabilità legato a condizioni geotecniche e morfologiche buone. Inoltre, si è ritenuta esente da penalità ai fini edificatori la parte sommitale dei cordoni morenici, della regione occidentale del territorio, dove la morfologia presenta modeste acclività (aree sub-pianeggianti con pendenza massima fino al 20%) ed è supportata da condizioni litologiche con granulometria per lo più grossolana, terreni addensati e con un buon drenaggio superficiale. In generale si tratta di aree con condizioni geomorfologiche favorevoli per l'assenza di frane e di erosioni attive o potenziali e dove la falda varia da profonda a medio-profonda con drenaggio ottimo. In esse le caratteristiche geomeccaniche e geotecniche dei terreni possono essere classificate ottime, per la presenza di litologie con elevato grado di addensamento ed elevate percentuali di materiali granulari grossolani.

7. MODELLO GEOTECNICO

7.1 CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E GEOTECNICA DELLE LITOLOGIE INDIVIDUATE

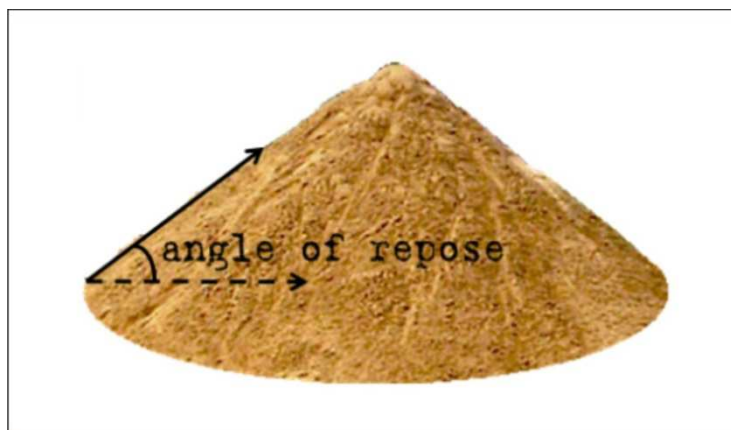
Nel caso specifico, per il sito indagato è emerso che i terreni investigati sono costituiti da uno strato superficiale di terreno vegetale di colore marrone scuro, di natura limoso sabbioso argillosa con ghiaia fine/media e resti di apparati radicali, presente sino ad una profondità di circa 0.30/0.60m dal piano campagna. Seguono in senso stratigrafico, fino alla profondità massima investigata i depositi morenici di origine fluvio-glaciale, di natura prevalentemente ghiaioso sabbiosa, in matrice limosa, di colore nocciola e con ciottoli/trovanti calcarei eterometrici da sub-arrotondati ad arrotondati di colore biancastro.

Per i suddetti depositi sono stati considerati i seguenti parametri geotecnici:

- γ Peso di volume naturale;
- C_u Coesione non drenata;
- ϕ Angolo di attrito residuo (metodo dei cumuli)*;
- D_r Densità relativa;
- E Modulo di Young.

Descrizione litologica	γ (kg/m ³)	C_u (kg/cm ²)	ϕ	D_r (%)	E (kg/cm ²)
Depositi fluvio-glaciali ghiaioso sabbiosi	1900	-	32°-34°	70	500

* L'angolo di attrito residuo o angolo di resistenza al taglio nel suo stato ultimo, coincide con l'angolo di riposo che misura la capacità che ha il terreno di opporsi allo scorrimento lungo una superficie, ma solamente in presenza di componenti di forza perpendicolari alla superficie stessa (quale è ad esempio la forza di gravità).



Significato fisico dell'angolo di attrito interno residuo

Spesso l'angolo di resistenza a taglio, viene definito anche come angolo di natural declivio, vale a dire il massimo angolo di inclinazione per cui un pendio realizzato dall'accumulo di un dato materiale risulta stabile. La misura di tale parametro viene effettuata in sito direttamente con l'utilizzo di una bussola per i rilievi geologici.

8. SINTESI DEI RISULTATI

In merito alle opere di urbanizzazione relative al Piano Urbanistico Attuativo a destinazione residenziale, sito in Marciaga via Rossar, nel territorio comunale di Costermano sul Garda (VR), dalla presente Relazione è emerso quanto segue.

- Dal punto di vista geologico – morfologico, durante il rilievo effettuato sull'area oggetto di studio, non sono state riscontrate evidenze geologiche e morfologiche che indichino situazioni di criticità.
- Dal punto di vista litologico, sulla base dei risultati dell'indagine geognostica diretta (scavi esplorativi) in sito, è emerso che i terreni investigati sono caratterizzati in generale da uno strato superficiale di terreno vegetale di colore marrone scuro, di natura limoso sabbioso argillosa con ghiaia fine/media e resti di apparati radicali, presente sino ad una profondità di circa 0.30/0.60m dal piano campagna. Seguono in senso stratigrafico, fino alla profondità massima investigata i depositi morenici di origine fluvioglaciale, di natura prevalentemente ghiaioso sabbiosa, in matrice limosa, di colore nocciola e con ciottoli/trovanti calcarei eterometrici da sub-arrotondati ad arrotondati di colore biancastro.
- Dal punto di vista geotecnico, dall'analisi del profilo sismo - stratigrafico verticale ricavato dalla modellazione diretta della curva di dispersione sperimentale relativa all'indagine geofisica MASW di riferimento, emerge la presenza di un orizzonte soffice superficiale ($V_s \approx 260$ m/s – 2 m di spessore) poggiante su materiali progressivamente più compatti (fluvioglaciale) e caratterizzati da velocità comprese tra $400 \div 550$ m/s fino alla profondità di 13 m ca. A partire da 17 m di profondità le velocità raggiungono 750 m/s, indice di sedimenti molto addensati/compatti o conglomeratici.
- Dal punto di vista idrogeologico, durante l'esecuzione dell'indagine in sito non è stata rinvenuta alcuna emergenza idrica superficiale sino alla profondità massima investigata (2.00m da p.c.). Dall'estratto della Carta Idrogeologica del PAT, risulta che il livello della falda freatica in corrispondenza del settore di intervento si colloca ad una profondità superiore ai 10.00m dal p.c..
- Per quanto riguarda la nuova normativa sismica (D. M. 17 Gennaio 2018), in base al risultato dell'indagine geofisica di riferimento, che fa rientrare il terreno di fondazione interessato dall'opera in progetto all'interno della categoria di sottosuolo **B**, e

considerando una categoria topografia di tipo **T1**, per il sito indagato si sono ottenuti i seguenti parametri su sito di riferimento rigido Orizzontale (bedrock):

a_g	0,201g
F_o	2,43
T_c*	0,28

Infine in relazione alle previsioni dello strumento urbanistico vigente (PAT) precedentemente riportate, alla luce del contesto geologico – idrogeologico locale emerso a seguito delle indagini in sito e di quanto previsto dal progetto è possibile affermare che:

- ❖ dal punto di vista geologico geomorfologico in relazione alla litologia (depositi grossolani di natura ghiaioso sabbiosa in matrice limosa con ciottoli/trovanti) ed alla morfologia (superficie pianeggiante), riscontrate durante l'indagine in sito non sono state evidenziate particolari criticità né di carattere geologico-geotecnico, né di carattere morfologico;
- ❖ dal punto di vista idrografico l'area di interesse, non si inserisce in corrispondenza di alcuna incisione valliva o zona di concentrazione privilegiata delle acque meteoriche;
- ❖ dal punto di vista idrogeologico sulla base del risultato delle indagini in sito e in relazione alla tipologia di opere in progetto, che nello specifico in questa fase di progettazione riguarda la realizzazione delle opere di urbanizzazione relative al PUA in oggetto, si ritiene che l'intervento in esame non vada ad interferire con il regime delle acque sotterranee. Il progetto inoltre non comporterà la realizzazione di sistemi di smaltimento su suolo di acque reflue in quanto è previsto l'allaccio alla rete fognaria comunale.
- ❖ in relazione all'assetto idraulico, per quanto riguarda lo smaltimento delle acque meteoriche sarà realizzato un idoneo sistema di raccolta e laminazione delle acque allo scopo di garantire il principio dell'invarianza idraulica e garantire così lo smaltimento delle acque meteoriche di dilavamento senza alterare il regime idraulico del territorio coinvolto.

Per tutto quanto sopra convenuto, si ritiene che gli interventi in progetto non vadano ad incidere né sulla vulnerabilità degli acquiferi né sulla stabilità globale dell'area in cui ricade il sito di interesse progettuale.

Non esiste pertanto alcun vincolo o limitazione di carattere urbanistico, geologico e idrogeologico in relazione all'intervento in progetto.

Si raccomanda di verificare le ipotesi fornite nella presente relazione ed analizzare le condizioni geologiche geotecniche e l'assetto idrogeologico del settore di intervento, durante la fase esecutiva. Andranno infatti segnalate eventuali anomalie emerse durante le operazioni di scavo per la realizzazione delle opere in progetto.

Si rammenta comunque che le analisi e le valutazioni descritte nel presente elaborato, rappresentano delle conoscenze di base che andranno opportunamente integrate con altri dati rilevati in sito con specifiche indagini geognostiche, le quali saranno commisurate all'entità delle opere che si andranno a realizzare su ciascun lotto edificabile.

Dott. Geol. Angela Francesca Pozzani



Dott. Geol. Enrico Nucci

