

	CASTELLETTO SOPRA TICINO (NO)	PROJECT:	18004		
		DOC.NO.:	18004D04AR004RT-00		
	VERIFICA DI IMPATTO AMBIENTALE	DATE:	28/05/2021		
		PAGE:		REV.	00

Castelletto sopra Ticino (NO)

Progetto di innalzamento e consolidamento di preesistente scogliera in attuazione della concessione demaniale migliorativa

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

18004D04AR004RT-00


 ORDINE DEGLI ARCHITETTI, PIANIFICATORI,
 INGEGNERI E GEOMETRI DELLA PROVINCIA
 DI MONZA E DELLA LOMBARDA - SECCO
 ARCHITETTO
 Giuliano Falcone n° 1255

REV.	DATE	DESCRIPTION	PAGES	PREPARED BY	CHECKED BY	AUTHORIZED BY
00	28/05/2021	Valutazione di impatto ambientale		EV	GF	AM

	CASTELLETTO SOPRA TICINO (NO)	<i>PROJECT:</i> 18004		
		<i>DOC.NO.:</i> 18004D04AR004RT-00		
	Valutazione di impatto ambientale	<i>DATE:</i> 28/05/2021		
		<i>PAGE:</i> 2 of 16	<i>REV.</i>	00

INDICE

1. PREMESSA	3
2. AUTORIZZAZIONI CONSEGUITE	5
3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	6
4. INQUADRAMENTO URBANISTICO	9
5. QUADRO PROGETTUALE	12
6. FOTOINSERIMENTI	14
7. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E VERIFICA STABILITA' SCOGLIERA	16

	CASTELLETTO SOPRA TICINO (NO)	PROJECT:	18004		
		DOC.NO.:	18004D04AR004RT-00		
	Valutazione di impatto ambientale	DATE:	28/05/2021		
		PAGE:	3 of 16	REV.	00

1. PREMESSA

La società Techbau Holding Srl è proprietaria, in Comune di Castelletto Ticino, di compendio immobiliare (aree ed immobili) costituito dall'ex-cantiere navale "CM Cantieri del Lago Maggiore", ubicato nella zona nord-ovest del territorio comunale.

La suddetta Società – previo espletamento di procedura ex art. 8 DPR 160/2010 – ha conseguito il rilascio di provvedimento abilitativo alla realizzazione di interventi – effettuati nel corso degli anni 2018-2019 - finalizzati a pervenire alla complessiva riqualificazione del suddetto compendio immobiliare, effettuata mediante il ripristino delle attività funzionali al settore nautico e l'insediamento di nuove attività a carattere direzionale ove localizzare il proprio headquarter.

A latere del suddetto processo di rigenerazione del compendio immobiliare di proprietà, la società ha altresì ottenuto – relativamente all'area (demaniale) della darsena, prospiciente al suddetto complesso immobiliare - Concessione Demaniale n. CST/O/323 n. 339/A del 26.10.2017, cui ha fatto seguito il rilascio di Concessione Demaniale Migliorativa n. CST/M/07 del 16.10.2018 – R.C.D. N. 372/A1.

¹ Si riporta – qui di seguito e per completezza – la scansione procedimentale che ha portato al rilascio della Concessione Demaniale migliorativa n. CST/M/07 del 16.10.2018 – RCD n. 372/A.

Nel dettaglio, la Concessione Demaniale Migliorativa n. CST/M/07 del 16.10.2018 – R.C.D. N. 372/A.

A tal riguardo, si dà atto che la suddetta Concessione Demaniale Migliorativa (avente ad oggetto l'area demaniale ubicata in Comune di Castelletto Sopra Ticino, Via del Lago n. 57, identificata e prospiciente al mappale 1606 del foglio 5 NCT) ha fatto seguito al rilascio di Concessione Demaniale n. CST/O/323 n. 339/A del 26.10.2017, emessa dall'Unione di Comuni Collinari del Vergante (Ufficio Gestione Associata Demanio Basso Lago Maggiore) a favore della società Retail Development s.r.l. (oggi Techbau Holding s.r.l.), con validità fino al 31.12.2018.

Nel dettaglio, con la suddetta Concessione Demaniale (n. CST/O/323 n. 339/A del 26.10.2017) è stato consentito alla concessionaria di "mantenere l'occupazione di un'area appartenente al Demanio della Navigazione Interna Piemontese identificata al foglio 5 mappale 60 (parte) del N.C.T. del Comune di Castelletto Sopra Ticino, per complessivi 5.385,00 mq di cui 2.020,00 mq di "aree a terra riconducibili ad attività aventi fine di lucro" (art. 10 comma 1 lettera bb) D.P.G.R. n. 13/R del 28.07.2009 e s.m.i) e 3.365,00 mq di "aree in acqua riconducibili ad attività aventi fine di lucro" (art. 10 comma 1 lettera cc) D.P.G.R. n. 13/R del 28.07.2009 e s.m.i), al di fuori delle zone portuali". In tale contesto, l'art. 5 della Convenzione in esame ha disposto l'obbligo a carico del concessionario di "eseguire, a sua cura e spese, tutte le opere di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e risanamento conservativo di qualunque natura che si rendessero necessarie durante il periodo di validità della concessione".

Posto quanto sopra, si dà atto che le condizioni della darsena (oggetto di concessione) hanno appalesato sin da subito uno stato di deterioramento delle opere già ivi insistenti e realizzate negli anni '70 dalla precedente concessionaria, tali da rendere necessario l'approntamento di opere di riqualificazione al fine di ripristinarne la funzionalità: nello specifico, si è reso necessario e improrogabile l'approntamento di misure quali la sostituzione dei moli esistenti, la rimozione dei pontili galleggianti e dei pali esistenti, il dragaggio del canale di accesso e del porto e il rafforzamento e innalzamento della scogliera esistente sulla quale il degrado e la vegetazione ne avevano pregiudicato la funzionalità, non essendo più in grado di assorbire, in maniera soddisfacente, le correnti;

In data 4.4.2018 la società Retail Development (oggi Techbau S.p.A.), nella sua qualità di concessionaria in virtù della citata Concessione Demaniale n. CST/O/323 – R.C.D. 339/A, ha presentato istanza (rubricata al prot. 2379 del 4.4.2018) sottesa a conseguire il rilascio di Concessione Demaniale Migliorativa, sulla base di un progetto di riqualificazione dell'area già detenuta in concessione, al fine di rigenerare e riqualificare le strutture esistenti e, conseguentemente, migliorarne la complessiva fruibilità.

In merito all'esecuzione dei lavori di manutenzione sopra descritti, il Commissariato Italiano per la Convenzione italo-svizzera sulla pesca ha espresso parere favorevole con nota prot. 30/18 del 4.5.2018; oltre a ciò, si dà atto che l'intervento in esame ha, altresì, conseguito l'autorizzazione paesaggistica n. AP22/2018, emessa dal Comune di Castelletto Sopra Ticino, nel contesto della quale è stato attestato che "l'intervento è migliorativo del quadro

	CASTELLETTO SOPRA TICINO (NO)	PROJECT:	18004		
		DOC.NO.:	18004D04AR004RT-00		
	Valutazione di impatto ambientale	DATE:	28/05/2021		
		PAGE:	4 of 16	REV.	00

Mediante l'istanza di Concessione e di Concessione Migliorativa la società ha infatti proposto la realizzazione, a propria cura e spese, di alcuni interventi di riqualificazione e manutenzione straordinaria della darsena, nel loro complesso finalizzati al recupero delle strutture esistenti ed al miglioramento della fruibilità e della protezione del cantiere nautico e della darsena medesima.

In particolare, si rileva che la scogliera di protezione della darsena versava (prima della realizzazione dei lavori correlati alla Concessione demaniale ed alla Concessione migliorativa) in stato di rovina a causa della vegetazione infestante che aveva causato il dissesto della massicciata rendendola inutilizzabile per il contenimento delle onde del lago. La scogliera è stata quindi consolidata e rialzata con massi naturali di cava; sulla sommità è stata realizzata una pista per la manutenzione dell'opera.

A seguito di sopralluogo effettuato dai CC forestali e dell'emissione del correlato verbale del 7/11/2019, è stato avviato, presso il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, un procedimento di accertamento ai sensi dell'art. 29 del D.Lgs. 152/06 in merito alla necessità o meno di sottoporre gli interventi correlati alla Concessione Migliorativa di cui sopra a procedura di verifica di assoggettabilità a VIA di competenza statale.

Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha analizzato l'intervento e con nota tecnica prot. Int. 12509/MATTM del 21.2.2020, a sua volta annessa al provvedimento prot. n. 0040164 del 29.5.2020, ha ritenuto che il solo innalzamento della

paesaggistico", con conseguente rilascio di "nulla osta" all'esecuzione dei lavori da parte dell'Agenzia del Demanio Filiale Piemonte e Valle d'Aosta (cfr. comunicazione prot. 2018/6517/DR-TO del 28.5.2018).

Oltre a quanto sopra, Regione Piemonte (Settore Tecnico Regionale Novara e Verbania), con determinazione n. 1701 in data 11.6.2018 ha espresso "nulla osta" a fini idraulici con prescrizione e autorizzazione ai fini della disciplina della navigazione, con specifico riferimento alle opere migliorative di "variazione della quota del molo foraneo e relativo consolidamento";

In data 17.7.2018, l'Unione dei Comuni Collinari del Vergante (Belgirate – Lesa – Meina) ha trasmesso alla società Techbau Holding s.r.l., al Comune di Castelletto Ticino ed alla Provincia di Novara, la comunicazione di avvio del procedimento in relazione all'istanza di modifica di Concessione Demaniale Ordinaria in Concessione Demaniale Migliorativa.

Conseguentemente, in data 16.10.2018, l'Unione di Comuni Collinari del Vergante (Ufficio Gestione Associata Demanio Basso Lago Maggiore) ha emesso, in favore della società Techbau Holding srl, la Concessione Demaniale Migliorativa di beni appartenenti al Demanio Idrico dello Stato n. CST/M/07 del 16.10.2018 R.C.D. n. 372/A con scadenza del termine di vigenza della convenzione fissata al 31.12.2046. Nella Concessione Migliorativa la concessionaria si è obbligata a "eseguire, a sua cura e spese, tutte le opere di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e risanamento conservativo di qualunque natura, che si rendessero necessarie durante il periodo di validità della concessione", essendo stata conseguentemente e specificamente autorizzata "ad eseguire le opere di recupero e potenziamento delle strutture esistenti attraverso le opere di seguito sinteticamente elencate: - demolizione dei moli esistenti; - rimozione dei pontili galleggianti esistenti; - rimozione dei pali esistenti; - rafforzamento e innalzamento della scogliera esistente, con formazione di percorso pedonale sulla sommità; - dragaggio del canale di accesso al porto, al fine di migliorare la fruibilità del cantiere nautico";

Successivamente, in data 10 giugno 2019, è stato rilasciato, dall'Unione di Comuni Collinari del Vergante, Atto aggiuntivo alla Concessione Demaniale n. CST/M/07 del 16.10.2018 – R.C.D. N. 372/A, con cui, fermi i contenuti della Concessione Demaniale citata, è stata rilasciata specifica autorizzazione "ad eseguire, in parziale variante a quanto già autorizzato con la Concessione demaniale di cui sopra, le opere previste in variante e consistenti nella modifica della quota sommitale della scogliera di progetto, innalzando la stessa da quota 194,95 m. s.l.m. a 196,80 m. s.l.m., modificando la pendenza della ripa".

	CASTELLETTO SOPRA TICINO (NO)	<i>PROJECT:</i>	18004		
		<i>DOC.NO.:</i>	18004D04AR004RT-00		
	Valutazione di impatto ambientale	<i>DATE:</i>	28/05/2021		
		<i>PAGE:</i>	5 of 16	<i>REV.</i>	00

scogliera sia soggetto a verifica di assoggettabilità a VIA, in quanto considerato un'estensione rispetto al ripristino del pre-esistente molo.

A corredo dell'istanza di verifica di assoggettabilità a VIA è stato pertanto predisposto il presente progetto preliminare relativo alle opere realizzate con la finalità di illustrare le caratteristiche qualitative e funzionali degli interventi e permettere la valutazione delle interferenze con l'ambiente in cui si sono inserite.

2. AUTORIZZAZIONI CONSEGUITE

La società TECHBAU HOLDING S.r.l. ha ottenuto le seguenti autorizzazioni:

- il Commissariato Italiano per la Convenzione italo-svizzera sulla pesca ha espresso parere favorevole con nota prot. 30/18 del 4/05/2018;
- autorizzazione paesaggistica n. AP22/2018, emessa dal Comune di Castelletto sopra Ticino, nel quale si è dato atto che "l'intervento è migliorativo del quadro paesaggistico";
- l'Agenzia del Demanio Filiale Piemonte e Valle d'Aosta ha dato il proprio "nulla osta" all'esecuzione dei lavori con nota prot. 2018/6517/DR-TO del 28/05/2018;
- la Regione Piemonte – Settore Tecnico Regionale Novara e Verbania ha rilasciato, con propria Determinazione n. 1701 del 11/06/2018, ai fini idraulici, il "nulla osta" con prescrizione e autorizzazione ai fini della disciplina della navigazione, con specifico riferimento agli interventi di "variazione della quota del molo foraneo e relativo consolidamento";
- In data 16/10/2018 l'Unione dei Comuni Collinari del Vergante ha rilasciato alla società TECHBAU HOLDING S.r.l. la Concessione Demaniale Migliorativa recante l'impegno da parte della società di "eseguire, a sua cura e spese, tutte le spese di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e risanamento conservativo di qualunque natura, che si rendessero necessarie durante il periodo di validità della concessione". Alle finalità di cui sopra, la società è stata specificamente autorizzata ad eseguire il rafforzamento e innalzamento della scogliera esistente; - con formazione di percorso di manutenzione sulla sommità.
- in data 07/09/2018 la società TECHBAU HOLDING S.r.l. ha presentato la SCIA (n° 233/2018) per gli interventi di manutenzione straordinaria consistenti nel recupero e miglioramento delle strutture esistenti presso l'ex Cantiere Nautico CM tra i quali il rafforzamento ed innalzamento della scogliera esistente e la riqualificazione ambientale del bosco demaniale.

	CASTELLETO SOPRA TICINO (NO)	PROJECT:	18004		
		DOC.NO.:	18004D04AR004RT-00		
	Valutazione di impatto ambientale	DATE:	28/05/2021		
		PAGE:	6 of 16	REV.	00

- nel corso dell'esecuzione degli interventi è stata richiesta una variante al progetto autorizzato (SCIA n° 13/2019) consistente nella modifica della quota sommitale della scogliera, con l'innalzamento da 194,95 m. s.l.m. a 196,80 m. s.l.m., e della pendenza della ripa. La modifica richiesta è stata oggetto di un atto aggiuntivo alla Concessione migliorativa CST/M/07 del 16/10/2018 –RCD n.372/A.

Per la realizzazione della variante riguardante l'innalzamento della scogliera, la società, in data 15/02/2019, ha inoltre ottenuto l'Autorizzazione paesaggistica n. AP94/2018, emessa dal Comune di Castelletto sopra Ticino.

3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il territorio del comune di Castelletto Sopra Ticino si estende nella porzione meridionale del Verbano, delimitato a nord dal lago stesso e, ad ovest, dal fiume Ticino, al confine con la regione Lombardia, in una zona baricentrica tra le città di Milano, Domodossola e Novara.

Il sistema delle reti viarie si è storicamente appoggiato sul tracciato della Strada del Sempione (SS 33) e della Strada Statale 32 che collega Castelletto Sopra Ticino a Novara correndo parallela alla Valle del Ticino. A sud il territorio comunale è attraversato dall'Autostrada A26/A8 che poco a Ovest di Castelletto sopra Ticino si dirama nella direzione Nord verso Domodossola e nella Direzione Sud verso Genova.

L'area di intervento è situata nella porzione nord ovest del Comune di Castelletto, all'estremità meridionale del Lago Maggiore, lungo la fascia litoranea. Il sito è ubicato alle spalle della zona commerciale a ridosso della SS33; la fascia costiera è invece interessata da zone residenziali con carattere di villeggiatura e attività turistiche.

La società Techbau Holding srl, è proprietaria dell'area occupata dall'ex cantiere nautico CM, ubicato nel Comune di Castelletto sopra Ticino in via del Lago, 57 e meglio individuato al NCT Fg. 5, mapp. 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 e 16. Oltre ai terreni sopra indicati nella disponibilità della società Techbau Holding srl vi sono anche la darsena ed i moli dell'ex Cantiere Nautico CM, individuati al NCT Fg. 5, mapp. 60, ora acquisiti dal Demanio del Basso Lago Maggiore.

Oggetto della concessione demaniale migliorativa sono due aree tra loro confinanti:

- La prima è costituita dallo specchio d'acqua e dalla scogliera. L'estensione dell'area, solo in parte ricompresa al NCT Fg. 5, mapp. 1606, corrisponde a:

mq. 10.761,90

- La seconda è costituita dal bosco demaniale che rimane intercluso tra la proprietà del cantiere nautico e la foce del Torrente Norè, meglio individuato al NCT Fg. 5, mapp. 1, 3 e 5. L'estensione dell'area corrisponde alla superficie catastale:

	CASTELLETTO SOPRA TICINO (NO)	<i>PROJECT:</i> 18004		
		<i>DOC.NO.:</i> 18004D04AR004RT-00		
	Valutazione di impatto ambientale	<i>DATE:</i> 28/05/2021		
		<i>PAGE:</i> 7 of 16	<i>REV.</i>	00

mq. 8.140

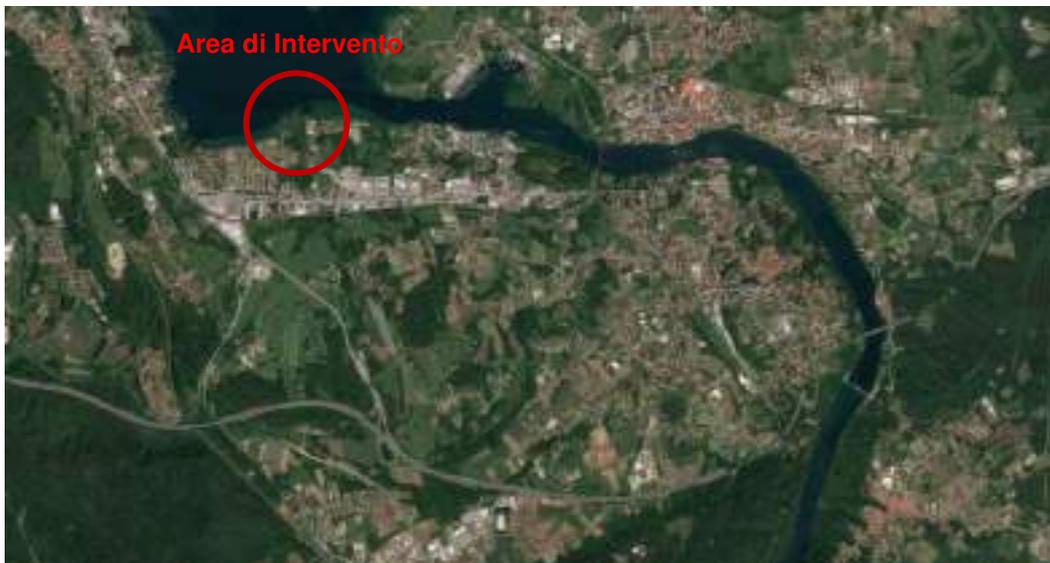


Figura 1-Inquadramento territoriale



Figura 2 – Inquadramento territoriale

	CASTELLETTO SOPRA TICINO (NO)	PROJECT:	18004		
		DOC.NO.:	18004D04AR004RT-00		
	Valutazione di impatto ambientale	DATE:	28/05/2021		
		PAGE:	8 of 16	REV.	00

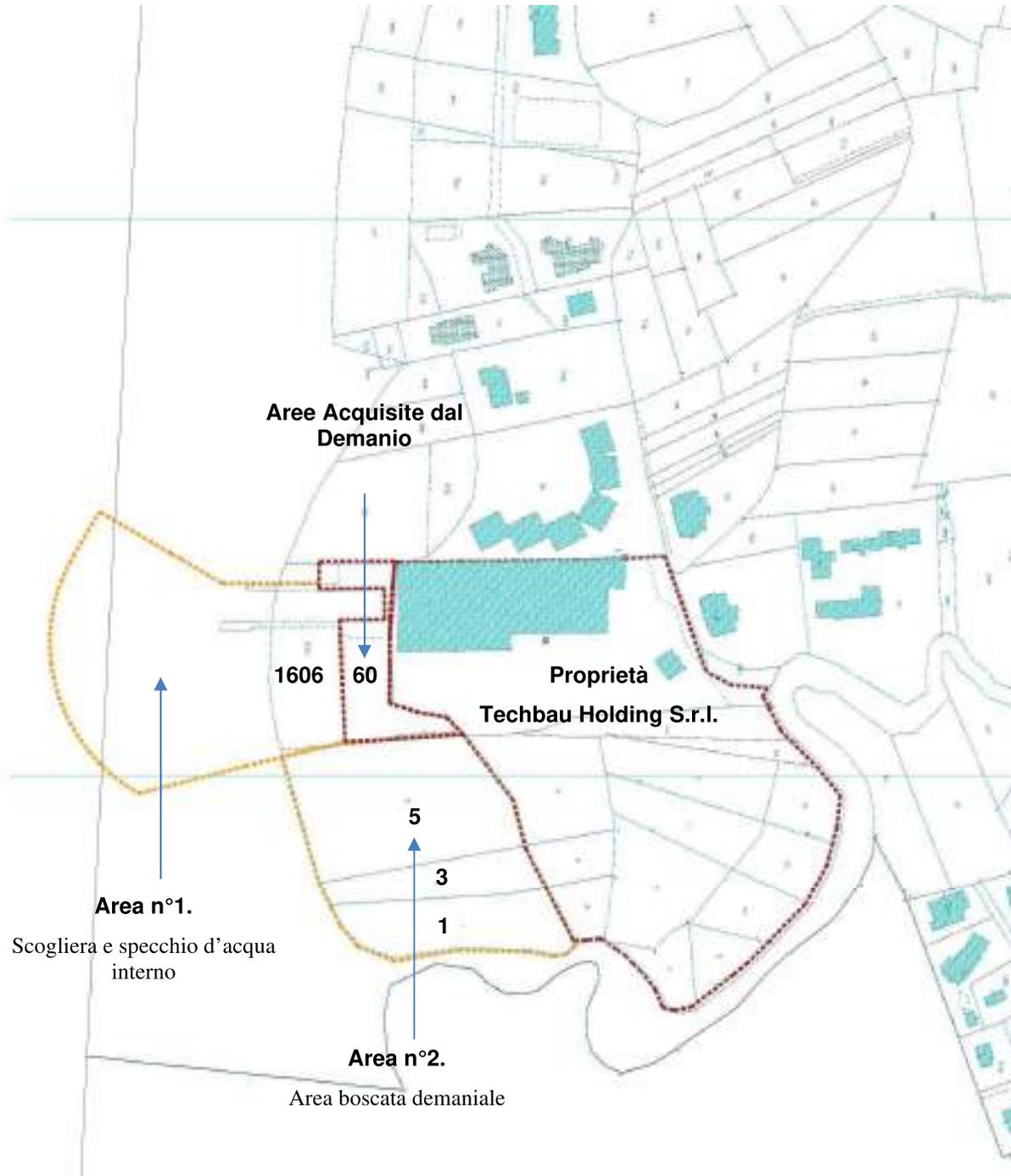


Figura 3 - Individuazione Area di Intervento su Planimetria Catastale Comune di Castelletto Ticino, NCT, Estratto Fg. 5 al momento dell'acquisizione delle aree demaniali

	CASTELLETO SOPRA TICINO (NO)	<i>PROJECT:</i> 18004		
		<i>DOC.NO.:</i> 18004D04AR004RT-00		
	Valutazione di impatto ambientale	<i>DATE:</i> 28/05/2021		
		<i>PAGE:</i> 9 of 16	<i>REV.</i>	00

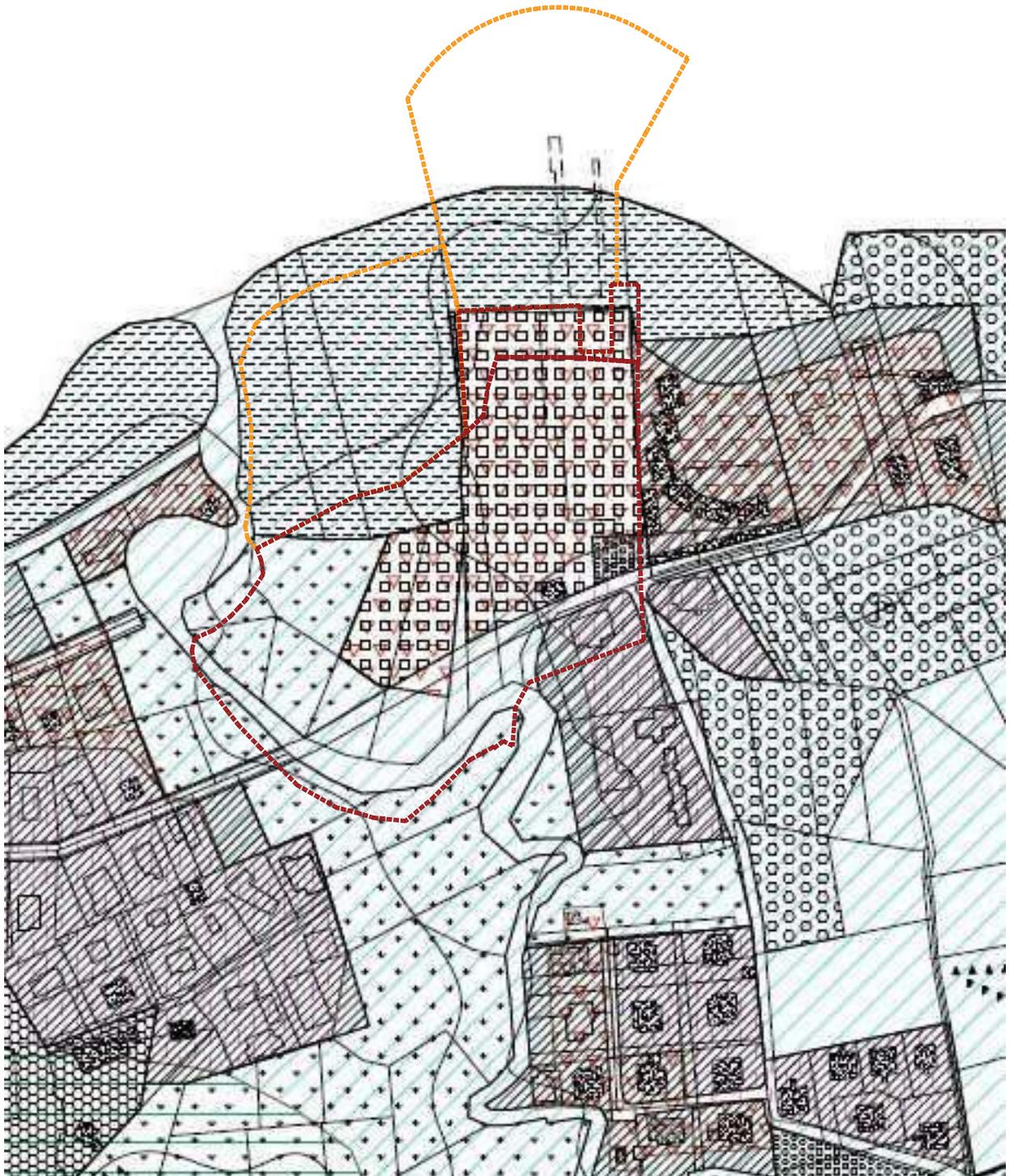
4. INQUADRAMENTO URBANISTICO

L'area oggetto di intervento è destinata dal PRG vigente del Comune di Castelletto Sopra Ticino (approvato dalla Regione Piemonte con DGR n. 10-7937 del 9/12/2002) a: "Aree di valore naturalistico e zone umide", di cui all'art. 3.6.1 delle NTA.

L'area è inoltre compresa nella classe di pericolosità geomorfologica IIIA "Porzioni di territorio inedificate che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che le rendono inidonee a nuovi insediamenti"; tutta l'area risulta infine interessata da "Vincoli per i beni ambientali e culturali" di cui all'art. 4.1.9 delle medesime NTA.

L'area di intervento ricade interamente nella fascia di rispetto del lago definita ai sensi dell'art. 142 c. 1 lett. b) (i territori contermini ai laghi compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i territori elevati sui laghi) del D.Lgs. 42/2004; in questa zona la fascia di rispetto del lago ricomprende anche quella del torrente Norè (art. 142 c. 1 lett. c).

Non sono invece presenti beni tutelati ai sensi degli artt. 10 e 136 del Codice.

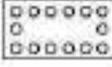
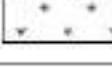
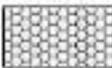
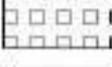
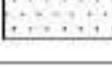


*Figura 4 - Individuazione Area di Intervento su Estratto PRG
Tavola 3P2*

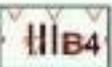
Piano Regolatore Vigente con Sovrapposizione Classi di Pericolosità Geomorfologica PAI

	CASTELLETTO SOPRA TICINO (NO)	PROJECT:	18004		
		DOC.NO.:	18004D04AR004RT-00		
	Valutazione di impatto ambientale	DATE:	28/05/2021		
		PAGE:	11 of 16	REV.	00

Legenda PRG

USI AGRICOLI		
	Aree di Valore Naturalistico e Zone Umide	3.6.1.
	Aree Estrattive	3.6.2.
	Aree Produttive Agricole	3.6.3.
	Aree Boscate a Destinazione Produttiva	3.6.4.
USI PER LA CULTURA, IL TURISMO E IL TEMPO LIBERO		
	Aree per Strutture Ricettive con Vincolo Alberghiero	3.5.1.
	Servizi Privati per lo Sport, il Tempo Libero e la Cura della Salute	3.5.2.
	Aree Spondali per l'Insediamento di Attività Turistiche	3.5.3.
	Aree per Impianti Turistici di tipo Extraalberghiero	3.5.4.

Legenda Classi Pericolosità Geomorfológica

CLASSE	PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA		VULNERABILITA' E VALORE ESPOSTO	RISCHIO TOTALE
	Agente morfogenetico prevalente	Grado di pericolosità		
 <p>Porzioni di territorio edificabile che presentano caratteri geomorfologici e idrogeologici che lo rendono suscettibile a ruoni inasprimenti.</p>	<p>Fondi caratterizzati da elevata pendenza, Zone di ripido, fasce spondali, Zone di deflusso in impulsi con caratteristici di acqua durante intense precipitazioni con rischio di interferenza della falda. Fascia litorale del Lago Maggiore, soggetta ad inasprimenti in tal modo rilevanti e ben significativi. Aree comprese in fasce A e B del P.A. (Patto Ticino) Cave e discariche.</p>	<p>Da moderata a elevata</p>	<p>Aree edificabili soggette a processi morfogenetici intensi, ad elevata vulnerabilità.</p>	<p>Alto, in quanto aree edificabili.</p>
 <p>Anche a seguito delle verifiche scritte delle opere di risanamento, insopportabili per la difesa del territorio non sarà possibile alcun inasprimento del carico antitrust.</p>	<p>Zone soggette ad inasprimento del Lago Maggiore. Zone soggette ad inasprimento del Lago Ticino in fascia B del P.A.</p>	<p>Elevata</p>	<p>Aree parzialmente o totalmente edificabili, soggette a processi morfogenetici di elevata intensità, anche se difesa da opere di risanamento, vulnerabilità elevata.</p>	<p>Elevato</p>

	CASTELLETO SOPRA TICINO (NO)	<i>PROJECT:</i> 18004		
		<i>DOC.NO.:</i> 18004D04AR004RT-00		
	Valutazione di impatto ambientale	<i>DATE:</i> 28/05/2021		
		<i>PAGE:</i> 12 of 16	<i>REV.</i>	00

5. QUADRO PROGETTUALE

L'intervento di riqualificazione iniziale previsto con SCIA n° 233/2018 è consistito nel recupero delle strutture esistenti al fine di migliorare la fruibilità del cantiere nautico.

La scogliera di protezione della darsena versava in stato di rovina a causa della vegetazione infestante che ha causato il dissesto della massicciata rendendola inutilizzabile per il contenimento delle onde del lago; la scogliera è stata consolidata e rialzata. Sulla sommità è stata poi realizzata una pista per la manutenzione dell'opera collegata con la darsena.

Le opere hanno quindi previsto il rafforzamento ed innalzamento della scogliera esistente e la riqualificazione ambientale del sottobosco.

Con la variante alla Concessione Demaniale Migliorativa e relativa SCIA di variante n° 13/2019 è stata apportata una modifica della quota sommitale della scogliera che è stata portata da 194.95 m. s.l.m. a 196.80 m s.l.m.

Gli eventi meteorici del novembre 2018, peraltro non particolarmente intensi, hanno portato alla piena delle acque del Lago Maggiore ed all'allagamento del Cantiere Nautico e delle aree circostanti la foce del torrente Norè.

La quota di 194.95 m. s.l.m. inizialmente prevista per la sommità della scogliera, si è rivelata così insufficiente al contenimento delle acque del lago, anche nel caso di piene non eccezionali come quella del novembre 2018.

Lo scopo della diga foranea, che è quello di contenere il moto ondoso e di proteggere lo specchio d'acqua interno è venuto così a mancare.

E' stata quindi modificata la pendenza della ripa della scogliera da un rapporto 3 a 2 (55°) ad un rapporto 1 a 1 (45%) e la quota sommitale è stata innalzata da 194.95 m. s.l.m. a 196.80 m s.l.m. (rif. Figure 3, 4 e 5).

Il consolidamento e l'innalzamento della scogliera sono stati effettuati sempre con massi naturali da cava, senza modificare le caratteristiche del presidio esistente: i massi hanno forma irregolare, con pezzature analoghe a quelle esistenti, e sono stati posti in opera con mezzi meccanici.

Il percorso realizzato sulla sommità della scogliera ha una larghezza di circa 3 metri ed è stato realizzato con una cordatura di coronamento in pietrame disposto a coltello ed una pavimentazione in cemento spazzolato dello spessore di 10 cm.

Il percorso sarà utilizzato per soli scopi manutentivi.

	CASTELLETTO SOPRA TICINO (NO)	<i>PROJECT:</i> 18004		
		<i>DOC.NO.:</i> 18004D04AR004RT-00		
	Valutazione di impatto ambientale	<i>DATE:</i> 28/05/2021		
		<i>PAGE:</i> 13 of 16	<i>REV.</i>	00



Figura 5

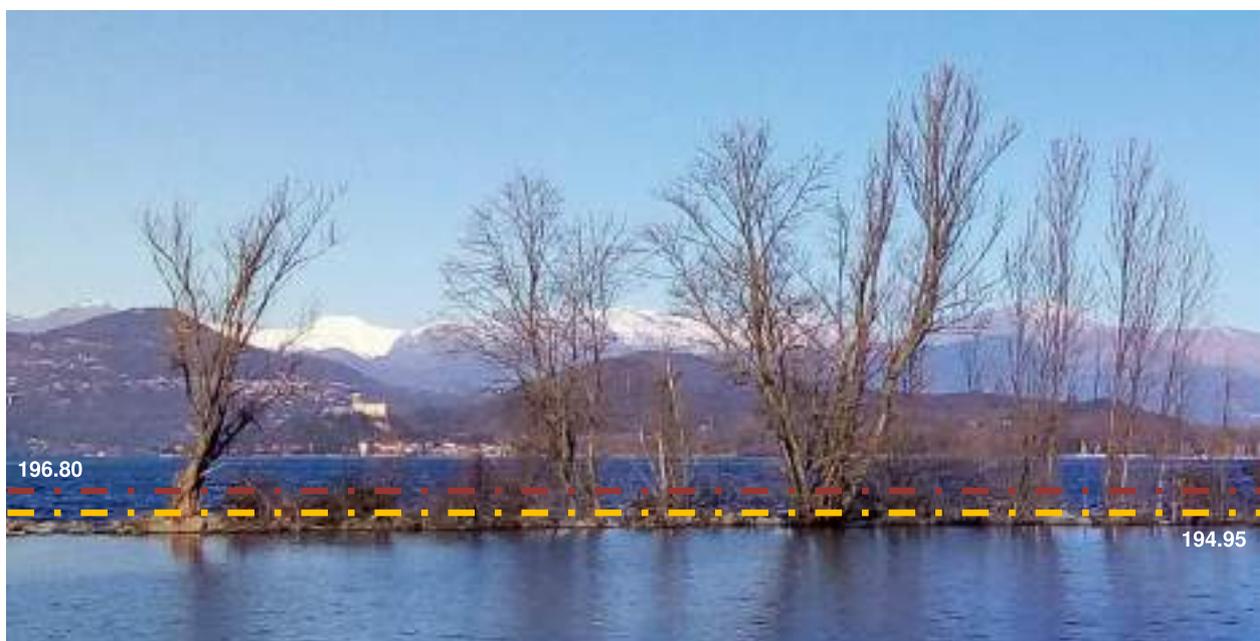


Figura 6

Livello delle acque del lago al 30.11. 2018

La linea gialla indica l'altezza della scogliera così come prevista nella concessione demaniale migliorativa originaria.

La linea rossa indica l'altezza della scogliera così come prevista nella variante alla concessione demaniale migliorativa.

	CASTELLETTO SOPRA TICINO (NO)	<i>PROJECT:</i> 18004		
		<i>DOC.NO.:</i> 18004D04AR004RT-00		
	Valutazione di impatto ambientale	<i>DATE:</i> 28/05/2021		
		<i>PAGE:</i> 14 of 16	<i>REV.</i>	00

6. FOTOINSERIMENTI



Figura 8 - Inserimento Progettuale su Vista Aerofotogrammetrica

	CASTELLETTO SOPRA TICINO (NO)	<i>PROJECT:</i> 18004		
		<i>DOC.NO.:</i> 18004D04AR004RT-00		
	Valutazione di impatto ambientale	<i>DATE:</i> 28/05/2021		
		<i>PAGE:</i> 15 of 16	<i>REV.</i>	00



Figura 9 - Opere in Variante a Concessione Demaniale Migliorativa



Figura 10 - Opere in Variante a Concessione Demaniale Migliorativa

	CASTELLETTO SOPRA TICINO (NO)	<i>PROJECT:</i>	18004		
		<i>DOC.NO.:</i>	18004D04AR004RT-00		
	Valutazione di impatto ambientale	<i>DATE:</i>	28/05/2021		
		<i>PAGE:</i>	16 of 16	<i>REV.</i>	00

7. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E VERIFICA STABILITA' SCOGLIERA

Per quanto riguarda l'inquadramento geologico e la verifica della stabilità della scogliera si rimanda all'elaborato di "Verifica stabilità scogliera" consegnato con la SCIA di variante n° 13/2019 e riportato di seguito come allegato A.

a & t consulting s.r.l.

suolo e sottosuolo



Verifica stabilità scogliera



Comune di Castelletto Sopra Ticino (NO)

Dott. Geol. Gabriele Anselmi



Dott. Ing. Marco Saleri



20 Marzo 2019

INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA	4
3	DOCUMENTI D'INTERESSE	5
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	6
4.1	Classi di pericolosità geomorfologica adeguate al pai	9
4.2	Rischio alluvione	11
5	SISMICITA'	14
5.1	Parametri sismici campo d'indagine	18
5.1.1	Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento	18
5.1.2	Stati limite, probabilità di superamento e periodo di ritorno	20
5.1.3	Definizione della pericolosità sismica di base	22
5.1.4	Pericolosità sismica di sito	27
5.1.5	Pericolosità sismica di base	29
5.1.6	Pericolosità sismica di sito	34
6	LIQUEFAZIONE	39
7	PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO	41
8	ANALISI DI STABILITÀ	42
8.1	Descrizione dell'algoritmo	44
8.2	Ricerca delle superfici di scorrimento	47
8.3	Sezione oggetto di verifica	47
8.4	Risultati verifiche di stabilità	48
9	CONCLUSIONI	57

1 PREMESSA

La presente relazione è stata redatta al fine di verificare la stabilità della scogliera che si realizzerà presso il porticciolo ubicato nel comune di Castelletto Sopra Ticino (NO), illustrata nella figura successiva.



Figura 1: area d'intervento evidenziata in rosso.

Tale relazione ottempera a quanto richiesto dal D.M. 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

2 NORMATIVA

- **D.M. LL.PP. del 11/03/1988** - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- **D.g.r. 30 marzo 2016** - n. X/5001 - Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015).
- **D.G.R. 21 Maggio 2014**, n. 65-7656 – Individuazione dell'ufficio tecnico regionale ai sensi del D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 e ulteriori modifiche e integrazioni alle procedure attuative di gestione e controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico approvate con D.G.R. 12 dicembre 2011, n. 4-3084.
- **D.G.R. 19 Gennaio 2010**, n. 11-13058 - Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006).
- **Circ. Min. 10/04/1997** n. 65: "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16/01/1996".
- Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi.
- **O.P.C.M. 3274 del 20/03/2003** (Supplemento ordinario alla G.U. 8.5.2003 n.105).
- Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- **Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale, n. 42 del 20 febbraio 2018** - Serie generale.
- **D.M. 17.01.2018**: Norme Tecniche per le Costruzioni.

3 DOCUMENTI D'INTERESSE

- Comune di Castelletto Ticino (NO): Piano Regolatore Generale Comunale (PRGC) vigente - settembre 2004, aggiornato a febbraio 2014.
- “Norme tecniche di attuazione – con l’inserimento delle modificazioni di adeguamento al P. A. I.” (03/02/2014, aggiornate a luglio 2015) del PRGC del Comune di Castelletto Sopra Ticino.

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area oggetto d'interesse è rappresentata nel Foglio n. 31 "Varese" della Carta Geologica Italiana, in scala 1: 100.000, riportato nella figura seguente.

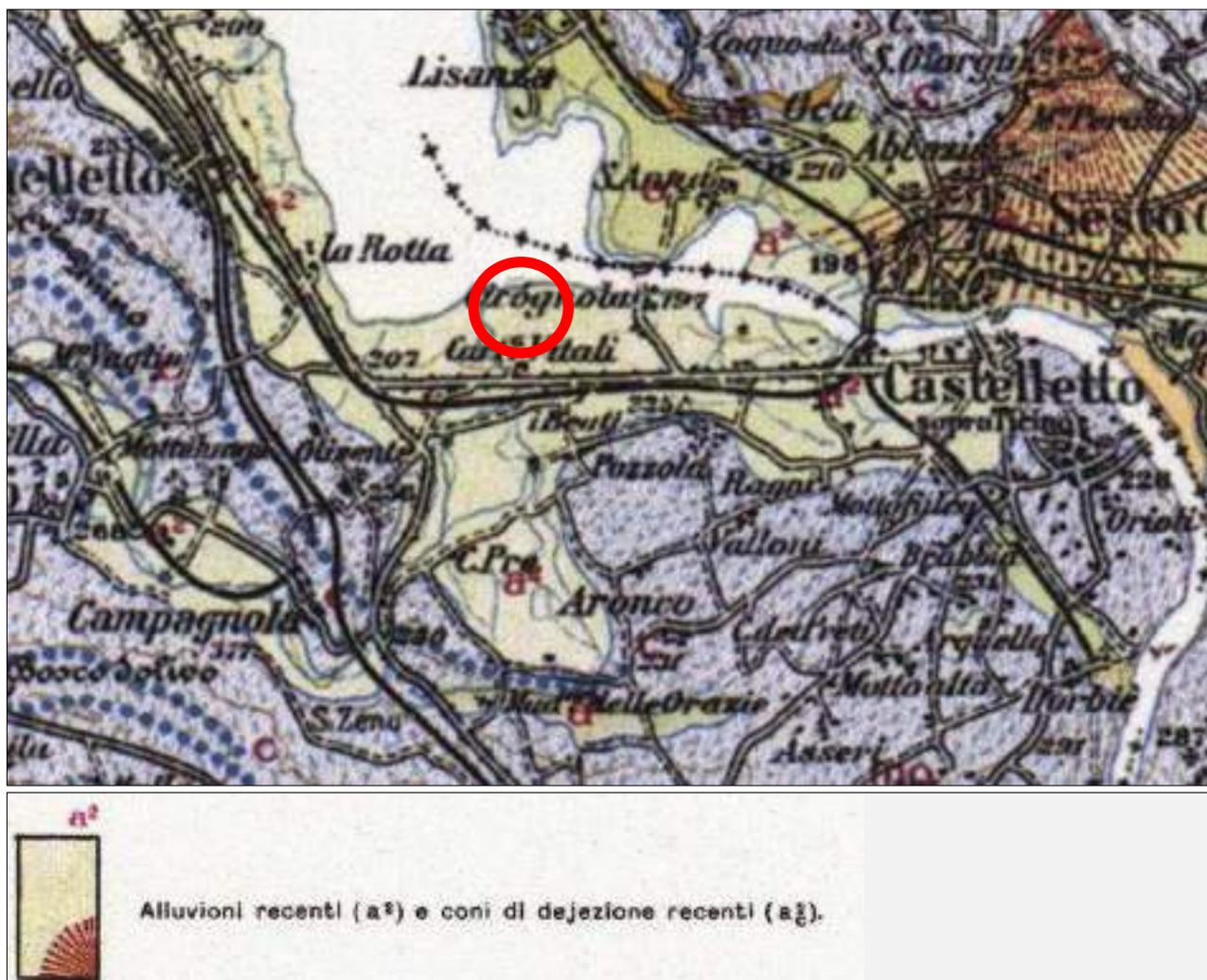
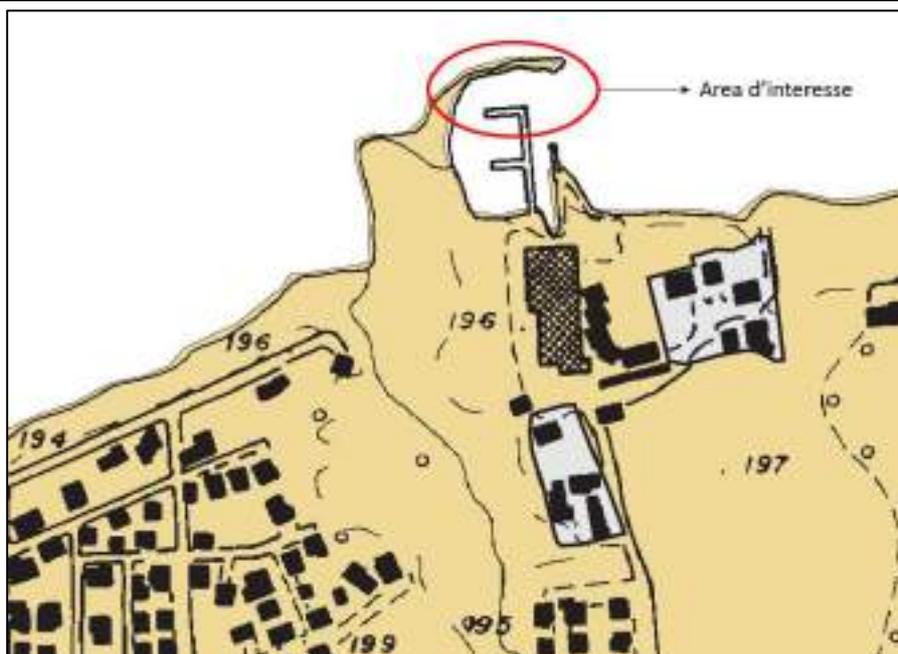


Figura 2: Carta Geologica d'Italia - Foglio Varese n° 31, in scala 1:100.000, con relativa legenda e area d'interesse indicata da un cerchio rosso.

L'area oggetto di studio è situata in una zona pianeggiante costituito da alluvioni recenti, come illustrato nel Foglio n. 31 "Varese" della Carta Geologica Italiana.

Per una descrizione geologica di maggior dettaglio dell'area, si riporta uno stralcio della dalla Tav.3 "Carta litotecnica", in scala 1:10.000 (maggio 2018) del PRGC del Comune di Castelletto Ticino.



LEGENDA

UNITA' LITOTECNICHE

	Depositi lacustri e glacialacustri: limi e limi sabbiosi talora torbosi (angolo di attrito di picco $15^\circ < \phi < 32^\circ$; angolo di attrito a volume costante $\phi' = 15^\circ - 22^\circ$; peso di volume $1,5 < \gamma < 1,7$ t/mc; $c_u = 1$ t/mq)
	Depositi fluviolacustri: sabbie limose e limi con intercalazioni di sabbie ghialose (angolo di attrito di picco $29^\circ < \phi < 38^\circ$; angolo di attrito a volume costante $\phi' = 22^\circ - 30^\circ$; peso di volume $1,7 < \gamma < 1,8$ t/mc; $c_u = 2-4$ t/mq)
	Depositi fluvioglaciali: ghiaia e sabbia limosa con ciottoli, passanti in superficie a sabbie limose (angolo di attrito di picco $33^\circ < \phi < 49^\circ$; angolo di attrito a volume costante $\phi' = 28^\circ - 30^\circ$; peso di volume $1,9 < \gamma < 2,0$ t/mc; $c_u = 0$ t/mq. Per le coperture fini, di spessore fino a circa 1,50 - 2,0 m, i valori di riferimento sono: angolo di attrito di picco $24^\circ < \phi < 28^\circ$; angolo di attrito a volume costante $\phi' = 22^\circ - 24^\circ$; peso di volume $1,7 < \gamma < 1,8$ t/mc; $c_u = 1-2$ t/mq)
	Depositi glaciali: sabbie e sabbie limose con ciottoli e blocchi (angolo di attrito di picco $29^\circ < \phi < 38^\circ$; angolo di attrito a volume costante $\phi' = 22^\circ - 27^\circ$; peso di volume $1,7 < \gamma < 1,8$ t/mc; $c_u = 2-4$ t/mq)
	Aree riquotate antropicamente con materiali di incerta qualità geotecnica

Figura 3: Tav.3-“Carta litotecnica”, in scala 1:10.000 (maggio 2018) del Comune di Castelletto Ticino, con relativa legenda e un cerchio rosso a indicare la zona d’interesse.

Dalla carta soprariportata si evince che l’area d’interesse è caratterizzata da depositi lacustri e glacialacustri: limi e limi sabbiosi talora torbosi.

Per quanto riguarda la geomorfologia dell’area di studio, si riporta uno stralcio della dalla “Carta geomorfologica con elementi litologici e del dissesto”, in scala 1:10.000 (maggio 2018) del PRGC del Comune di Castelletto Ticino.

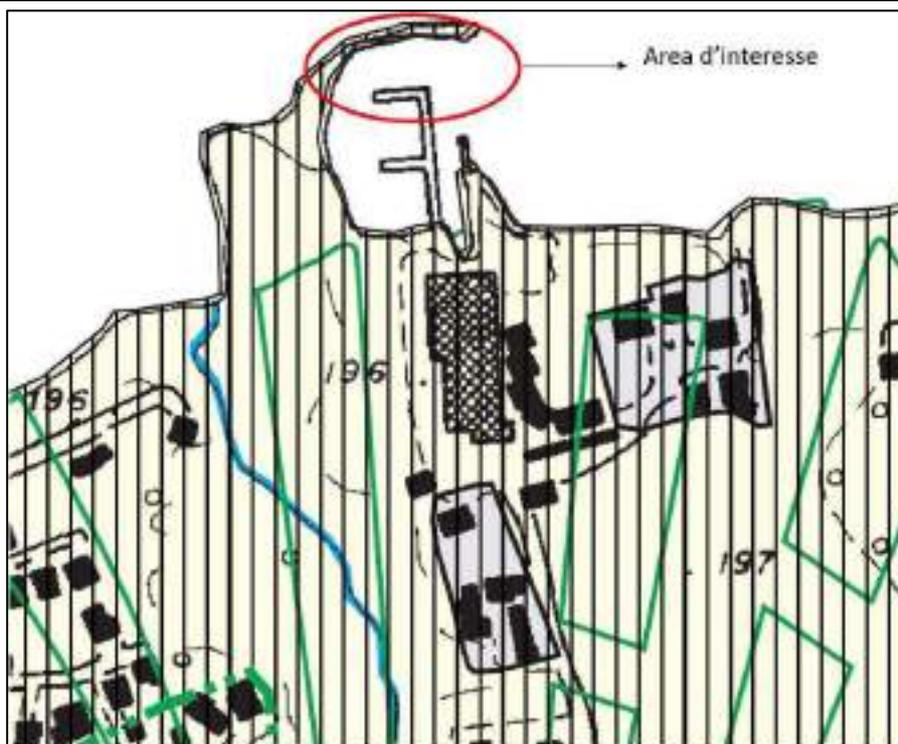


Figura 4: Tav.1-“Carta geomorfologica con elementi litologici e del dissesto”, in scala 1:10.000 (maggio 2018) del Comune di Castelletto Ticino, con relativa legenda.

Come si evince dalla figura soprastante, l'area è costituita da depositi lacustri posti in una zona di “*conoide alluvionale o delta-conoide relitto*”.

L'idrogeologia della zona di studio, invece, è descritta nella “Carta idrogeologica”, in scala 1:10.000 (settembre 2004, aggiornata a novembre 2004) del PRGC del Comune di Castelletto Ticino, di cui se ne riporta uno stralcio nella figura seguente.



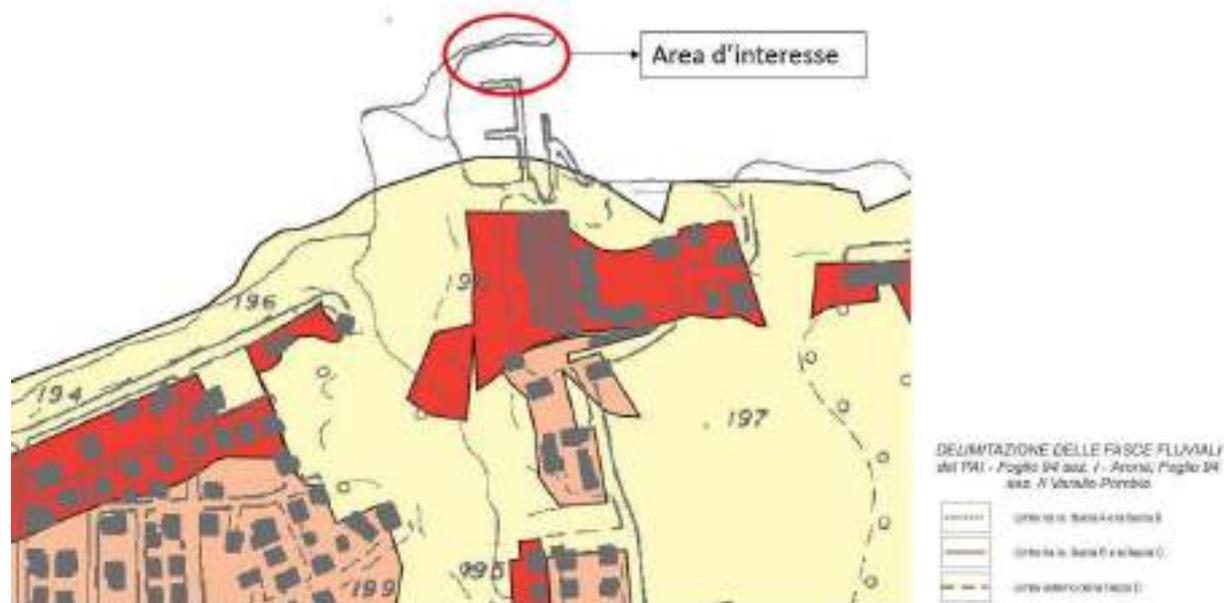
COMPLESSI IDROGEOLOGICI	
	Depositi lacustri e glaciolacustri: limi e limi sabbiosi (permeabilità bassa: $10^{-5} < k < 10^{-9}$ m/s, secondo Castany, 1963)
	Depositi fluviolacustri: sabbie limose, sabbie e limi con intercalazioni di sabbie ghiaiose (permeabilità da bassa a buona: $10^{-7} < k < 10^{-6}$ m/s, secondo Castany, 1963)
	Depositi fluvioglaciali: ghiaia e sabbia limosa con ciottoli, passanti in superficie a sabbie limose (permeabilità da buona a bassa: $10^{-4} < k < 10^{-7}$ m/s, secondo Castany, 1963)
	Depositi glaciali: sabbie e sabbie limose con ciottoli e blocchi (permeabilità bassa: $10^{-4} < k < 10^{-9}$ m/s, secondo Castany, 1963)

Figura 5: Tav.2 -“Carta geoidrogeologica”, in scala 1:10.000 (maggio 2018) del Comune di Castelletto Ticino, con relativa legenda.

Secondo, i complessi idrogeologici presenti nell’area sono costituiti da “*depositi lacustri a permeabilità bassa* ($10^{-5} < k < 10^{-9}$ m/s)”. L’area d’interesse è collocata in una zona interessata dalla linea di massima oscillazione lacustre che si attesta a quota 195.5m s.l.m per un tempo di ritorno di 2-3 anni.

4.1 CLASSI DI PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA ADEGUATE AL PAI

Di seguito è riportata la Tavola 6 – Carta di sintesi della pericolosità geomorfologia e dell’idoneità all’utilizzazione urbanistica.” (maggio 2018), in scala 1:10.000, del vigente PRGC del Comune di Castelletto Sopra Ticino, mostra che l’area d’interesse è compresa nella classe di pericolosità geomorfologica “IIIB1”, come illustrato nella figura seguente.



CLASSE	PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA		VULNERABILITÀ E VALORE ESPOSTO	RISCHIO TOTALE
	Agente morfogenetico prevalente	Grado di pericolosità		
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-bottom: 5px;">III B1</div> <p>Aree in cui l'attuazione delle previsioni urbanistiche è sospesa sino alla verifica della validità delle opere esistenti</p>	Fasce spondali di corsi d'acqua soggette a processi alluvionali di media energia; aree soggette a processi gravitativi di modesta entità.	Da moderata a media	Aree parzialmente o totalmente edificate, soggette a processi morfogenetici di media intensità, e difese da opere di riassetto; vulnerabilità correlata al grado di manutenzione delle opere.	Moderato, localmente medio.

Figura 6: Tav. 6 – “Carta di sintesi della pericolosità geomorfologia e dell’idoneità all’utilizzazione urbanistica.” (maggio 2018), in scala 1:10.000, del vigente PRGC del Comune di Castelletto Sopra Ticino e relativa legenda.

Di seguito è riportato uno stralcio della descrizione della classe III B1 riportata nell’Allegato 1- “Normativa geologica” (maggio 2018) del PRGC del Comune di Castelletto Sopra Ticino.

“Si tratta di aree edificate o parzialmente edificate, in cui si rende necessaria la realizzazione di interventi di attenuazione o eliminazione della pericolosità. Sino all'esecuzione dei Progetti Pubblici di Riassetto Idrogeologico nelle aree soggette a Classe IIIB sono ammessi per gli insediamenti preesistenti gli interventi del tipo MO, MS, RC, REA, REB (intesa come ristrutturazione globale dell'edificio ma senza modifiche planimetriche di sagoma), D (senza ricostruzione), recinzioni, posa di manufatti di arredo urbano. Gli interventi ammessi di cui sopra, in carenza di Progetti Pubblici di Riassetto idrogeologico, non consentiranno la modifica delle condizioni di fruibilità delle aree. In particolare sulla base delle tipologie di pericolosità geomorfologica sono state attuate le seguenti scelte.”

4.2 RISCHIO ALLUVIONE

A seguito della Direttiva 2007/60 CE – D.Lgs 49/2010, la Regione Piemonte ha elaborato il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), per cui ha realizzato delle carte illustranti le varie fasce di rischio di esondazione individuate all'interno del proprio territorio.

Si riporta di seguito uno stralcio della “Carta della Pericolosità di alluvione”, in scala 1: 25.000, del PGRA della Regione Piemonte, mostrante lo scenario di rischio riferito ai corsi d'acqua del reticolo principale, del reticolo idrografico secondario e delle conoidi. L'area oggetto di studio viene qui descritta come caratterizzata a probabilità di alluvione media (tr. 100/200).

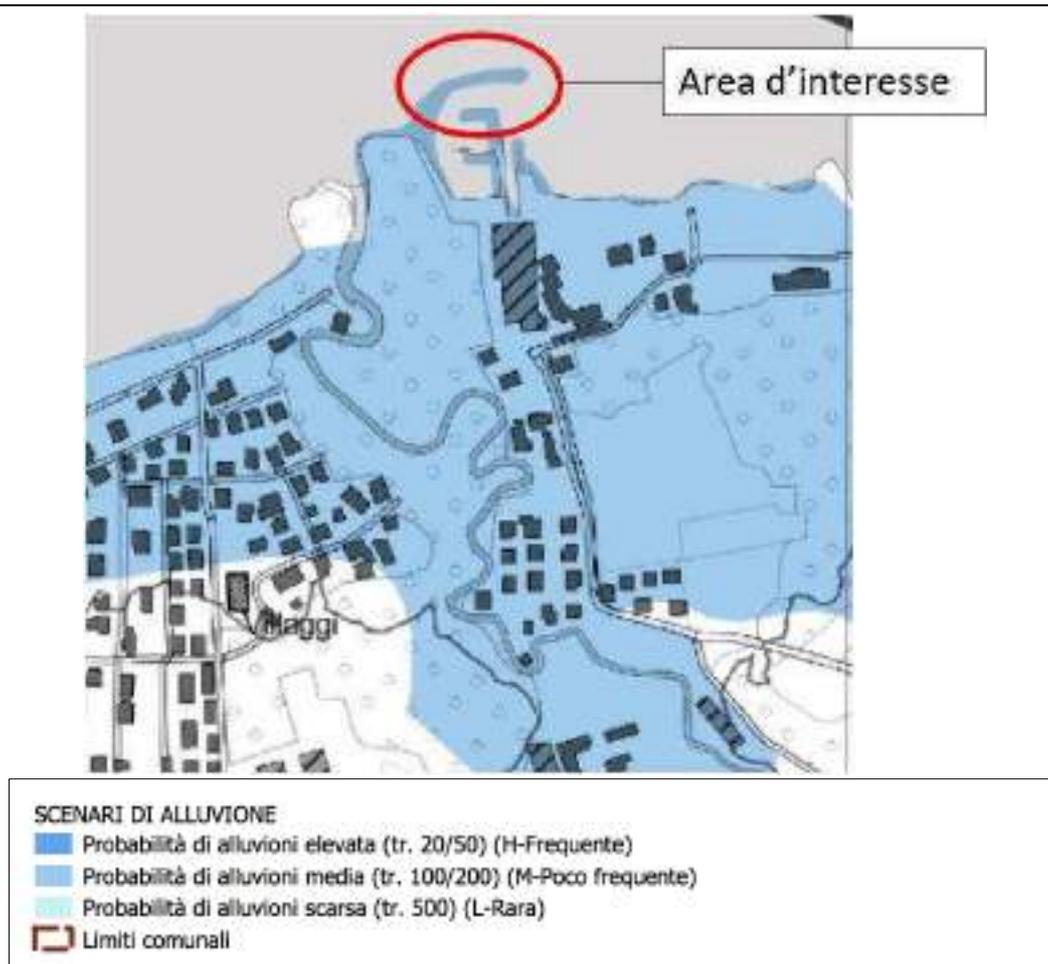


Figura 7: "Carta della Pericolosità di alluvione" (rischio di esondazione di corsi d'acqua), in scala 1: 25.000, del PGRA della Regione Piemonte, con relativa legenda.

La figura successiva mostra, invece, mostra uno stralcio della "Carta della Pericolosità di alluvione", in scala 1: 25.000, del PGRA della Regione Piemonte, che illustra il rischio di esondazione del Lago Maggiore. L'area oggetto di studio viene qui descritta come caratterizzata a probabilità di alluvione elevata (tr. 20/50).

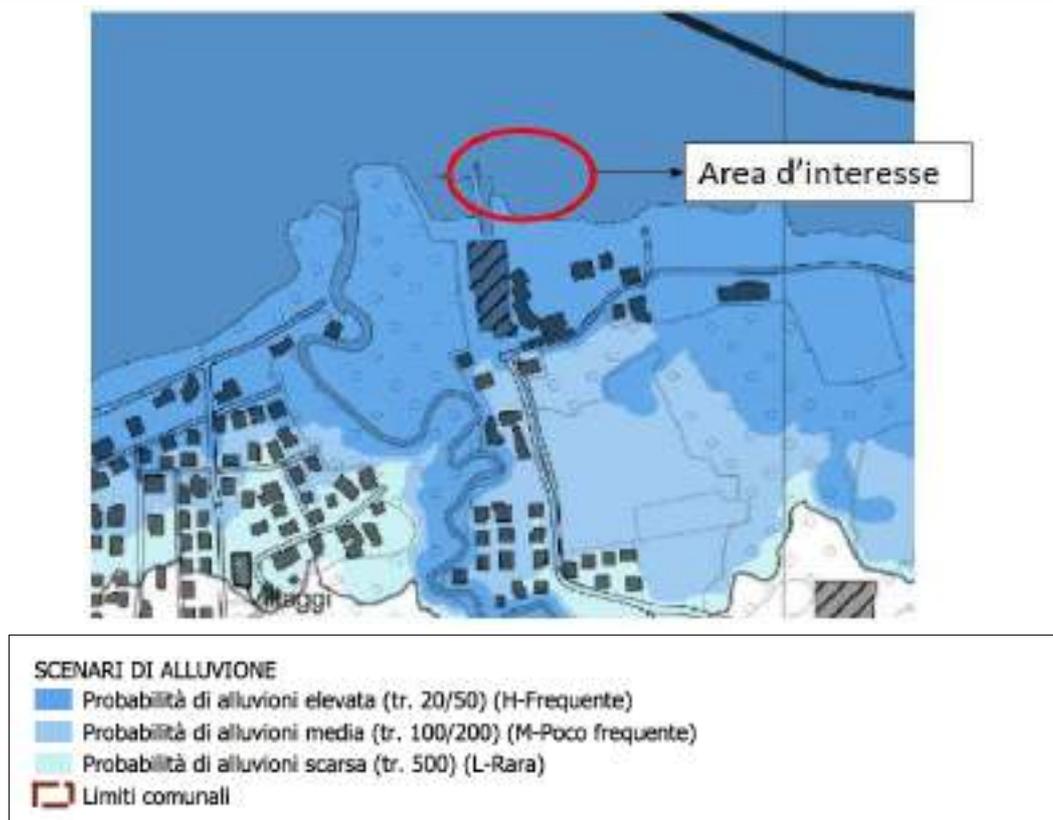


Figura 8: "Carta della Pericolosità di alluvione" (riferita al rischio di esondazione del Lago Maggiore), in scala 1: 25.000, del PGRA della Regione Piemonte, con relativa legenda.

5 SISMICITA'

Nella tabella seguente, che illustra le zone sismiche in cui è stato diviso il territorio nazionale secondo l'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, è riportata una descrizione più dettagliata della zona sismica 4, in cui è stato classificato il comune di Castelletto Sopra Ticino.

Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ag]	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [ag]	numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$a_g > 0,25 \text{ g}$	0,35 g	703
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25 \text{ g}$	0,25 g	2.230
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15 \text{ g}$	0,15 g	2.815
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05 \text{ g}$	0,05 g	2.235

Tabella 1: zone sismiche in cui è stato diviso il territorio nazionale secondo l'Ordinanza del PCM n. 3519/2006.

La figura seguente mostra l'accelerazione al suolo tipo A con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni per il comune di Castelletto Sopra Ticino, pari a $PGA = 0,025 - 0,050 \text{ g}$, valore caratteristico della zona sismica di tipo 4.

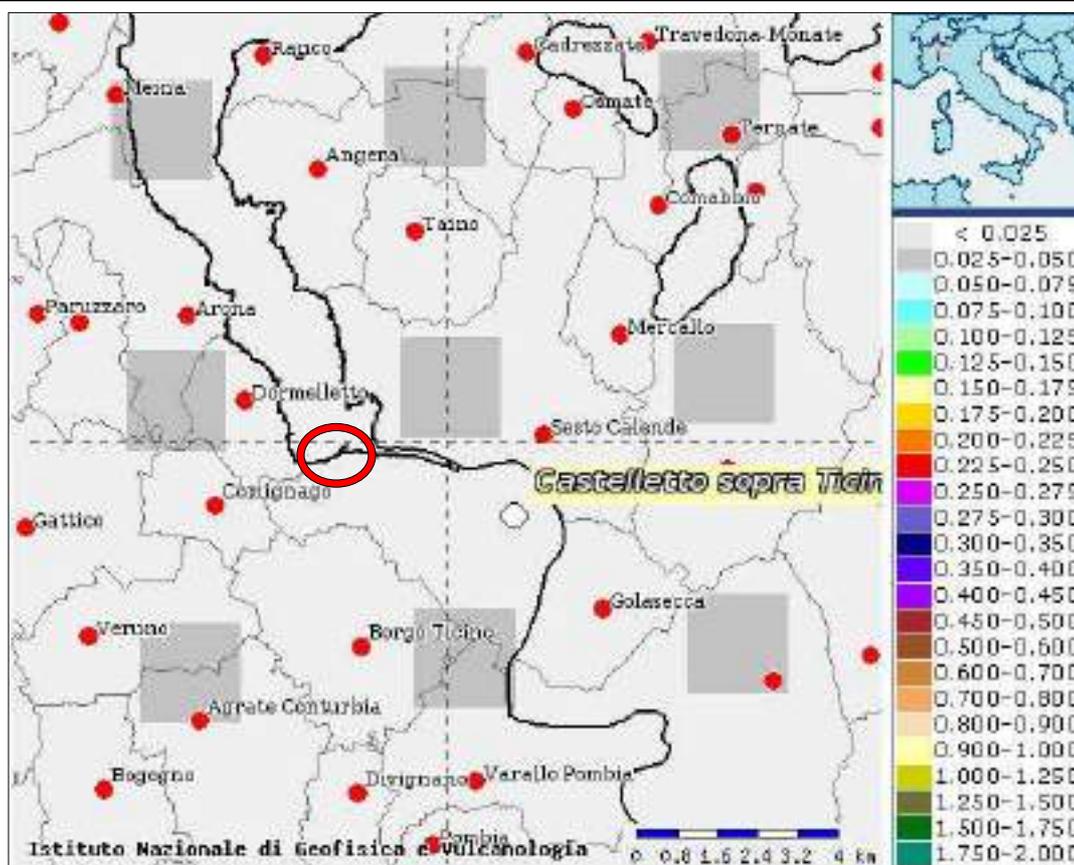


Figura 9: INGV - Mappa della pericolosità sismica per il comune di Castelletto Sopra Ticino (NO), dove l'area d'interesse è indicate da un cerchio rosso.

In base all'Ordinanza PCM del 28 aprile 2006, sono state definite sulla base di più approfonditi studi, le zone a pericolosità sismica per il territorio nazionale ed è stata definita la mappa di pericolosità sismica MPSO4, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s e $T_R = 475$ anni). Di seguito è riportata tale mappa con l'ubicazione dell'area considerata, che non ricade all'interno delle zone individuate.

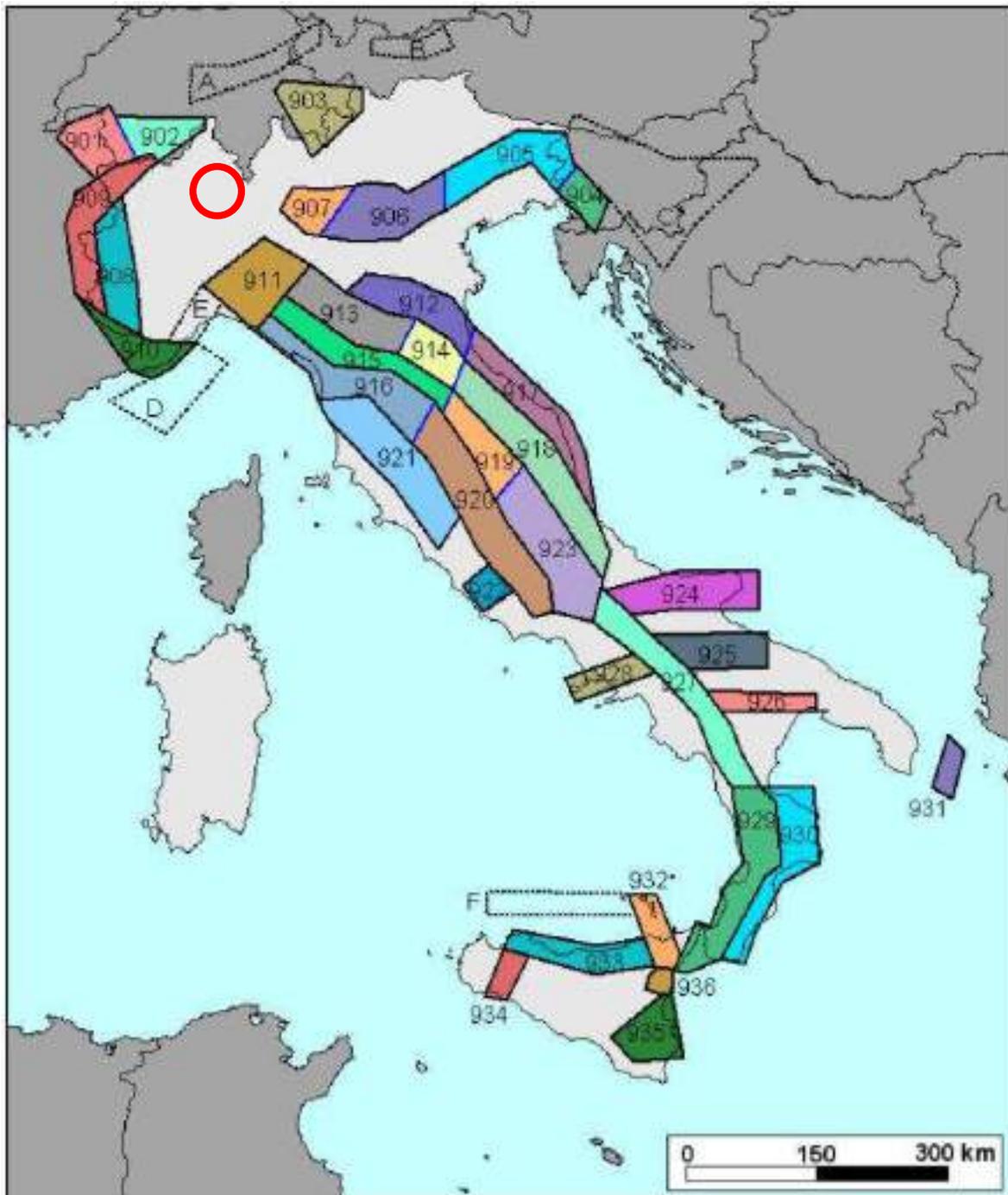


Figura 10: zonazione sismogenetica ZS9, con un cerchio in rosso ad indicare l'area d'interesse.

Per quanto riguarda la determinazione della categoria di sottosuolo, il D.M. 17.01.18 prevede una classificazione in cinque categorie principali riportate nella tabella 3.2.II del D.M. (tabella seguente), definite in base ai valori della velocità equivalente V_{s30} , calcolata mediante la seguente relazione:

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

dove:

- 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 velocità non inferiori a 800 m/s

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro V_{S30} ottenuto ponendo $H = 30m$.

Suolo	Descrizione geotecnica	V_{S30} (m/s)
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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.	>800
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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.	360 - 800
C	<i>Deposit</i> 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.	180 - 360
D	<i>Deposit</i> 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.	100 - 180
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.	-

Tabella 2: “Categorie di sottosuolo” – D.M. 17.01.18.

Per il sito in esame, la categoria di sottosuolo è stata determinata tramite i dati ottenuti dall’indagine sismica di tipo MASW, eseguita in corrispondenza dell’area di studio. Dall’elaborazione di tali dati, sono stati calcolati valori delle Vs30 pari a 237 m/s, riferiti all’attuale piano campagna.

Il terreno di fondazione è pertanto classificabile in **categoria C**, che indica “*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.*”.

In riferimento alle categorie topografiche riportate nella tabella 3.2.IV del D.M. (tabella sottostante), il sito può essere classificato nella **categoria T1**.

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 $i > 30^\circ$.

Tabella 3: tabella 3.2 IV “Categorie Topografiche- D.M. 17.01.18.

5.1 PARAMETRI SISMICI CAMPO D’INDAGINE

5.1.1 Vita nominale, classi d’uso e periodo di riferimento

Nel DM 17 gennaio 2018-Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

dove:

VR = periodo di riferimento

VN = vita nominale

CU = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale VN, secondo le NTC 2018, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità.

I valori minimi di VN da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella tabella seguente. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di VN (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tabella 4: – Valori minimi della Vita nominale VN di progetto per i diversi tipi di costruzioni

Nel caso specifico **VN = 50 anni**.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC 2018 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli. $CU = 0.7$;

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. $CU = 1.0$;

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per

l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso. CU = 1.5;

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica. CU = 2.0;

Nel caso in esame viene presa in considerazione la **classe d'uso II** a cui è associato il coefficiente d'uso $C_U=1$.

Ricavati i valori di VN e CU, è possibile calcolare il periodo di riferimento VR, che qui vale:

VR = 50 * 1 = 50 anni.

5.1.2 Stati limite, probabilità di superamento e periodo di ritorno

Le NTC 2018 prendono in considerazione 4 possibili *stati limite* (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono *stati limite di esercizio* (SLE) e due sono *stati limite ultimi* (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività** (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** 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;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Ad ogni stato limite è associata una *probabilità di superamento PVR* (Tabella 3.1), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento VR, si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di **ag** prefissata (**ag** = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/TR$ (**TR** = periodo di ritorno).

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	PVR = 81%
Stato limite di esercizio: danno	SLD	PVR = 63%
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	PVR = 10%
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	PVR = 5%

Tabella 5- Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento VR

Fissati VR e PVR associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica TR, espresso in anni, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1-P_{VR})} \quad (3.1)$$

Tale relazione tra PVR (probabilità) e TR (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è **VR = 50 anni**, il tempo di ritorno TR sarà:

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	TR = 30
Stato limite di esercizio: danno	SLD	TR = 50
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	TR = 475
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	TR = 975

Tabella 6- Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento VR

5.1.3 Definizione della pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC18, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC08 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

Secondo le NTC18 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno TR (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'**Allegato A** alle NTC18:

ag = accelerazione orizzontale massima;

Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

TC* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

ag, il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

Fo e **TC*** i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC08 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti in tabella (Tabella 7), contenuta nell'**Allegato B** delle NTC18, per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

ID	LON	LAT	TR = 30			TR = 50			TR = 72			TR = 101		
			ag	F0	T*c	ag	F0	T*c	ag	F0	T*c	ag	F0	T*c
13111	6.5448	45.1340	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13333	6.5506	45.0850	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13555	6.5564	45.0350	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.500	0.240
13777	6.5621	44.9850	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.510	0.240
12890	6.6096	45.1880	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.480	0.240
13112	6.6153	45.1390	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.480	0.240
13334	6.6210	45.0890	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.490	0.240
13556	6.6268	45.0390	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.490	0.240
13778	6.6325	44.9890	0.288	2.460	0.190	0.366	2.520	0.210	0.430	2.510	0.220	0.507	2.500	0.240

14000	6.6383	44.9390	0.286	2.470	0.190	0.363	2.520	0.210	0.426	2.520	0.220	0.502	2.500	0.240
14222	6.6439	44.8890	0.284	2.470	0.190	0.360	2.530	0.210	0.421	2.530	0.220	0.497	2.500	0.240
12891	6.6803	45.1920	0.306	2.430	0.200	0.389	2.500	0.210	0.467	2.470	0.230	0.544	2.490	0.230
10228	6.6826	45.7940	0.283	2.420	0.200	0.364	2.460	0.220	0.430	2.460	0.240	0.505	2.440	0.250
13113	6.6860	45.1430	0.309	2.430	0.200	0.391	2.510	0.210	0.470	2.470	0.230	0.546	2.490	0.230
10450	6.6885	45.7450	0.278	2.440	0.200	0.356	2.480	0.220	0.415	2.500	0.230	0.485	2.470	0.250
13335	6.6915	45.0930	0.310	2.430	0.200	0.392	2.510	0.210	0.470	2.480	0.230	0.546	2.500	0.230
10672	6.6942	45.6950	0.275	2.450	0.200	0.351	2.490	0.210	0.406	2.520	0.230	0.475	2.490	0.250
13557	6.6973	45.0430	0.311	2.440	0.200	0.392	2.520	0.210	0.469	2.480	0.230	0.545	2.500	0.230
13779	6.7029	44.9930	0.310	2.440	0.200	0.391	2.520	0.210	0.467	2.480	0.230	0.543	2.500	0.230

Tabella 7- Stralcio della tabella contenuta nell'Allegato B delle NTC18, che fornisce i 3 parametri di pericolosità sismica, per diversi periodi di ritorno e per ogni nodo del reticolo che viene identificato da un ID e dalle coordinate geografiche.

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno TR corrispondente alla VR e PVR fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione (Figura 11), a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell'Allegato A alle NTC18:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1} \quad (4.1)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (ag, Fo, TC*) corrispondente al periodo di ritorno TR desiderato, mentre p1, 2 è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno TR1, 2.

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro

vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando l'espressione dell'Allegato A alle NTC18:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad (4.2)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (ag , Fo , TC^*) corrispondente al punto considerato, p_i è il valore di tale parametro nell' i -esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo vertice della suddetta maglia.

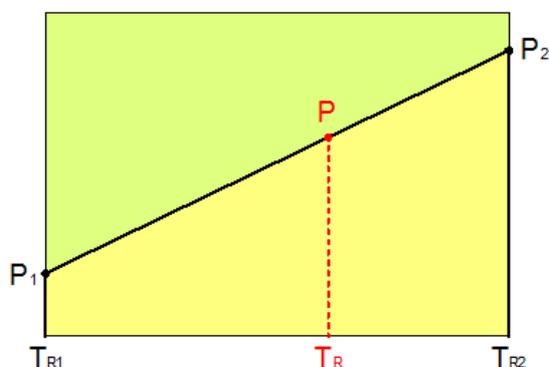


Figura 11 - Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC18.

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella Figura 12.

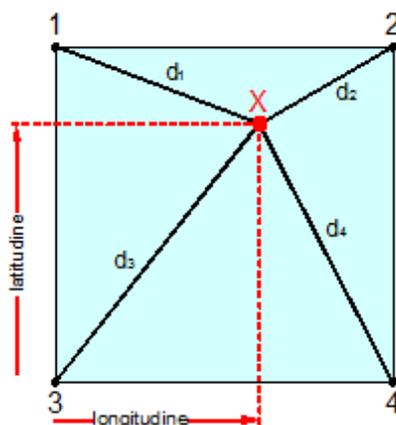


Figura 12 - Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC18.

Pertanto, per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC08, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le coordinate geografiche. Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza d tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, espresse però in radianti, si ottiene dall'espressione seguente:

$$d = R \cdot \arccos[\sin(\text{lat}\beta) \cdot \sin(\text{lat}\alpha) + \cos(\text{lat}\beta) \cdot \cos(\text{lat}\alpha) \cdot \cos(\text{lon}\alpha - \text{lon}\beta)] \quad (4.3)$$

dove $R = 6371$ è il raggio medio terrestre in km, mentre $\text{lat}\alpha$, $\text{lon}\alpha$, $\text{lat}\beta$ e $\text{lon}\beta$ sono la latitudine e la longitudine, espresse in radianti, di due punti A e B di cui si vuole calcolare la distanza.

La formula di interpolazione sopra proposta, semplice da usare, presenta però l'inconveniente di condurre a valori di pericolosità lievemente diversi per punti affacciati ma appartenenti a maglie contigue. La modestia delle differenze (scostamenti in termini di PGA dell'ordine di $\pm 0,01g$ ossia della precisione dei dati) a fronte della semplicità d'uso, rende tale stato di cose assolutamente accettabile.

Qualora si vogliano rappresentazioni continue della funzione interpolata, si dovrà ricorrere a metodi di interpolazione più complessi, ad esempio i polinomi di Lagrange.

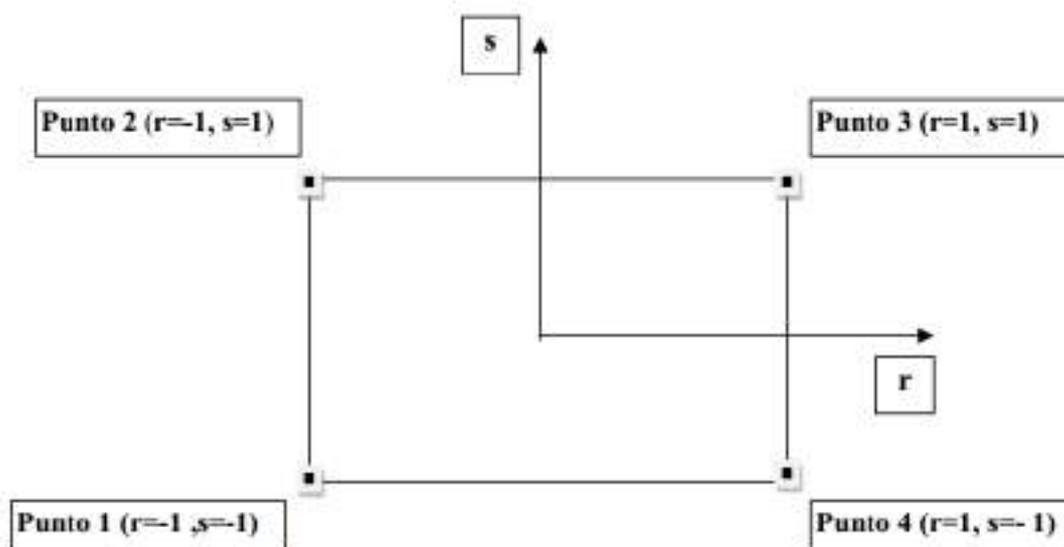


Figura 13 - Applicazione dell'interpolazione bilineare.

Definiti i 4 vertici di una generica maglia i polinomi di Lagrange sono così determinati:

$$h_1 = (1-r) \cdot (1-s)/4 \quad (4.4)$$

$$h_2 = (1-r) \cdot (1+s)/4 \quad (4.5)$$

$$h_3 = (1+r) \cdot (1+s)/4 \quad (4.6)$$

$$h_4 = (1+r) \cdot (1-s)/4 \quad (4.7)$$

Tra le coordinate x, y di un punto generico e le coordinate r, s dello stesso punto valgono le seguenti relazioni:

$$4x = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot x_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot x_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot x_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot x_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot x_4] \quad (4.8)$$

$$4y = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot y_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot y_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot y_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot y_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot y_4] \quad (4.9)$$

La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di r ed s , si determinano i parametri $ag, F0, Tc^*$ dall'equazione:

$$4p = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot p_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot p_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot p_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot p_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot p_4] \quad (4.10)$$

Dove p rappresenta il parametro cercato.

5.1.4 Pericolosità sismica di sito

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle

proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

5.1.4.1 Coefficienti sismici

I coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (TR) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1-P_{VR})}$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e P_{VR} probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R non può essere inferiore a 35 anni.

5.1.4.2 Stabilità dei pendii e fondazioni

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti k_h e k_v sono così determinati:

$$k_h = \beta_s \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right)$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

Con

β_s : coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} : accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g : accelerazione di gravità.

I valori di β_s sono riportati nella tabella seguente.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

Tabella 8- Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.4)$$

SS (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0.90 \leq S_s \leq 1.80$) è funzione di *F0* (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E). e del rapporto a_g/g . *ST* (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche:

T1: $ST = 1.0$; **T2:** $ST = 1.20$; **T3:** $ST = 1.20$; **T4:** $ST = 1.40$.

5.1.5 Pericolosità sismica di base

Vita nominale (V_n): 50 [anni]

Classe d'uso: II

Coefficiente d'uso (C_u): 1

Periodo di riferimento (V_r): 50 [anni]

a & t consulting s.r.l.

s u o l o e s o t t o s u o l o

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 45,7245140 [°]

Longitudine (WGS84): 8,5990009 [°]

Latitudine (ED50): 45,7254486 [°]

Longitudine (ED50): 8,6000786 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame.

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	10920	45,734490	8,552968	3792,39
2	10921	45,737360	8,624407	2306,57
3	11143	45,687440	8,628505	4767,94
4	11142	45,684570	8,557169	5635,86

a & t consulting s.r.l.

s u o l o e s o t t o s u o l o

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,015	2,582	0,159
SLD	50	0,018	2,550	0,168
	72	0,021	2,517	0,198
	101	0,024	2,604	0,210
	140	0,027	2,621	0,223
	201	0,031	2,637	0,237
SLV	475	0,038	2,663	0,278
SLC	975	0,046	2,721	0,308
	2475	0,057	2,861	0,329

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,014	2,588	0,158
SLD	50	0,018	2,551	0,168
	72	0,021	2,520	0,197

a & t consulting s.r.l.

suolo e sottosuolo

	101	0,024	2,597	0,209
	140	0,027	2,607	0,223
	201	0,030	2,615	0,238
SLV	475	0,038	2,634	0,280
SLC	975	0,046	2,688	0,308
	2475	0,056	2,826	0,331

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,014	2,584	0,158
SLD	50	0,018	2,545	0,168
	72	0,021	2,515	0,198
	101	0,024	2,593	0,211
	140	0,027	2,602	0,224
	201	0,030	2,610	0,238
SLV	475	0,038	2,624	0,280
SLC	975	0,045	2,661	0,297
	2475	0,055	2,775	0,318

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,014	2,578	0,159
SLD	50	0,018	2,543	0,168
	72	0,021	2,512	0,199
	101	0,024	2,592	0,212
	140	0,027	2,603	0,224
	201	0,030	2,613	0,239
SLV	475	0,038	2,633	0,280
SLC	975	0,045	2,680	0,306
	2475	0,056	2,814	0,328

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,014	2,584	0,158
SLD	50	0,018	2,548	0,168
SLV	475	0,038	2,639	0,279
SLC	975	0,046	2,690	0,305

5.1.6 Pericolosità sismica di sito

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{1/2}$: 1,000

Categoria sottosuolo C: 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.

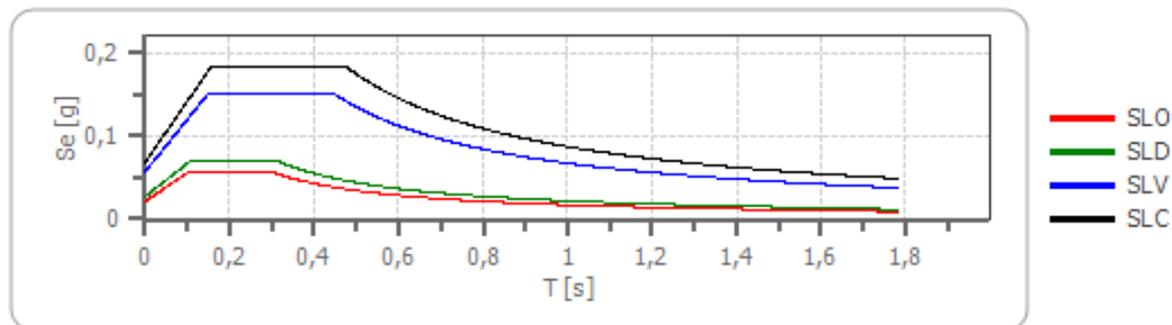
Categoria topografica T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,004	0,005	0,011	0,014
kv	0,002	0,003	0,006	0,007
amax [m/s ²]	0,212	0,266	0,559	0,670
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



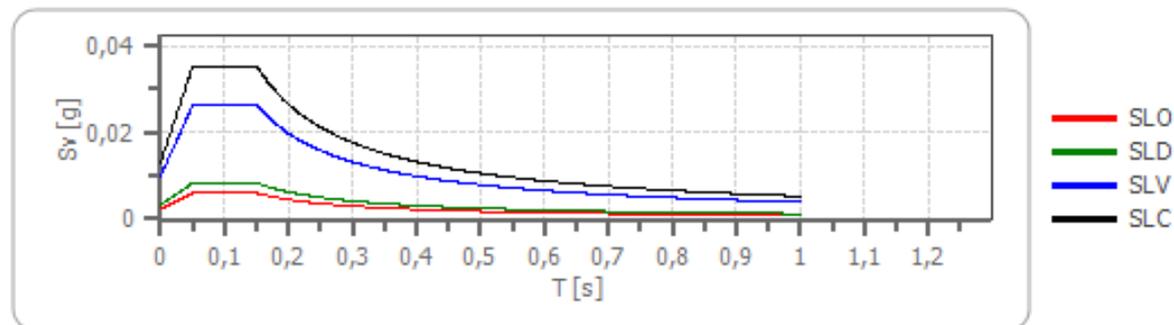
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,014	2,584	0,158	1,500	1,930	1,000	1,500	1,000	0,102	0,306	1,658	0,022	0,056
SLD	1,0	0,018	2,548	0,168	1,500	1,890	1,000	1,500	1,000	0,106	0,317	1,672	0,027	0,069
SLV	1,0	0,038	2,639	0,279	1,500	1,600	1,000	1,500	1,000	0,149	0,447	1,752	0,057	0,150
SLC	1,0	0,046	2,690	0,305	1,500	1,550	1,000	1,500	1,000	0,158	0,473	1,782	0,068	0,184

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5%

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{1/2}$: 1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,014	2,584	0,158	1	1,930	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,002	0,006
SLD	1,0	0,018	2,548	0,168	1	1,890	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,003	0,008
SLV	1,0	0,038	2,639	0,279	1	1,600	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,010	0,026
SLC	1,0	0,046	2,690	0,305	1	1,550	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,013	0,035

Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1,50

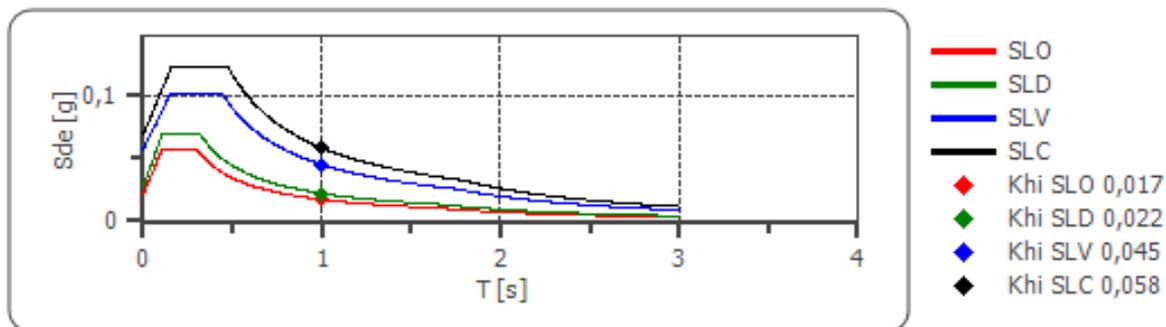
Fattore di struttura spettro verticale q: 1,50

Periodo fondamentale T: 1,00 [s]

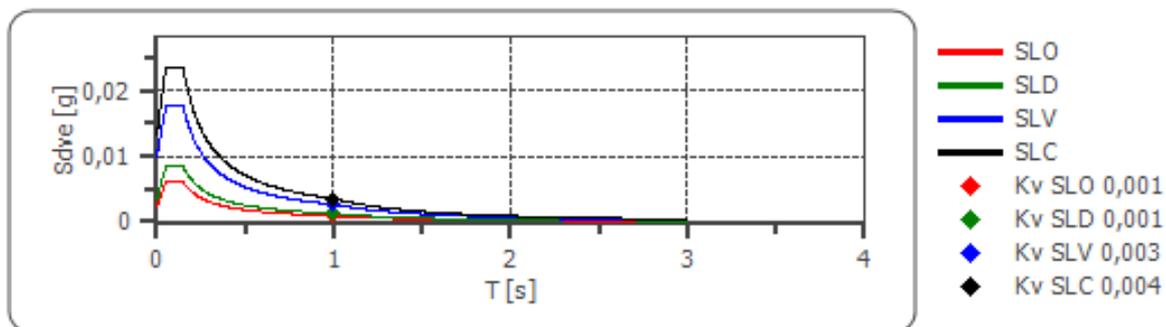
	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0,017	0,022	0,045	0,058

kv = Sdve(T)	0,001	0,001	0,003	0,004
Verticale [g]				

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag	F0	Tc*	Ss	Cc	St	S	q	TB	TC	TD	Sd(0)	Sd(TB)
		[g]	[-]	[s]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[s]	[s]	[s]	[g]	[g]
SLO orizzontale	1,0	0,014	2,584	0,158	1,500	1,930	1,000	1,500	1,000	0,1026	0,306	1,658	0,022	0,056
SLO verticale	1,0	0,014	2,584	0,158	1,500	1,930	1,000	1,000	1,000	0,0500	0,150	1,000	0,002	0,006

a & t consulting s.r.l.

suolo e sottosuolo

SLD orizzontale	1,0	0,018	2,548	0,168	1,500	1,890	1,000	1,500	1,000	0,106	0,317	1,672	0,027	0,069
SLD verticale	1,0	0,018	2,548	0,168	1,500	1,890	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,003	0,008
SLV orizzontale	1,0	0,038	2,639	0,279	1,500	1,600	1,000	1,500	1,500	0,149	0,447	1,752	0,057	0,100
SLV verticale	1,0	0,038	2,639	0,279	1,500	1,600	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,010	0,018
SLC orizzontale	1,0	0,046	2,690	0,305	1,500	1,550	1,000	1,500	1,500	0,158	0,473	1,782	0,068	0,122
SLC verticale	1,0	0,046	2,690	0,305	1,500	1,550	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,013	0,024

6 LIQUEFAZIONE

Secondo le norme NTC 2018 la verifica alla liquefazione può essere omessa nel caso si verifichino una delle seguenti condizioni:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 14 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 15 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

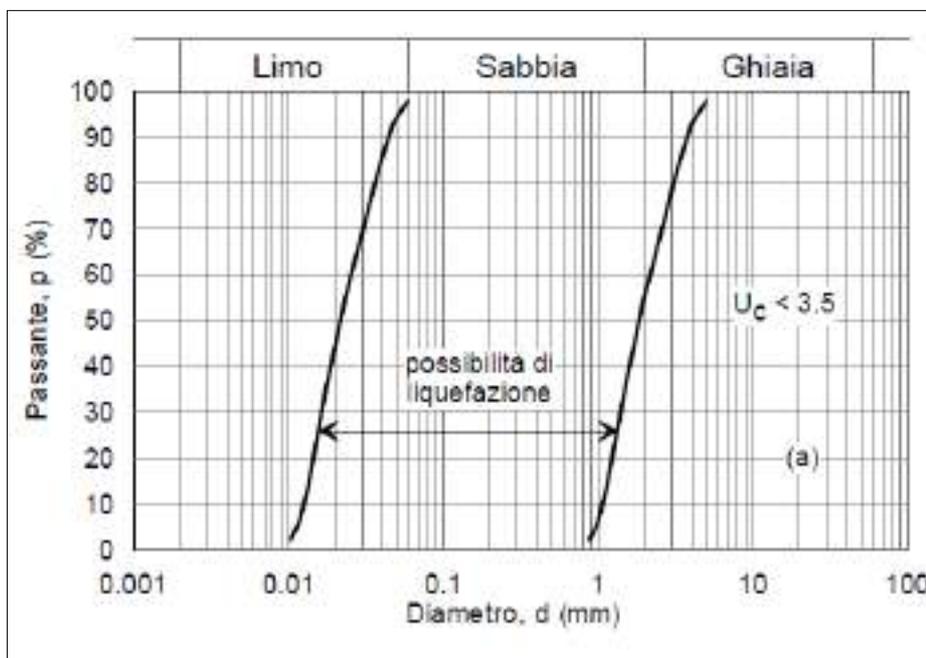


Figura 14: Fuso granulometrico di terreni suscettibili di liquefazione.

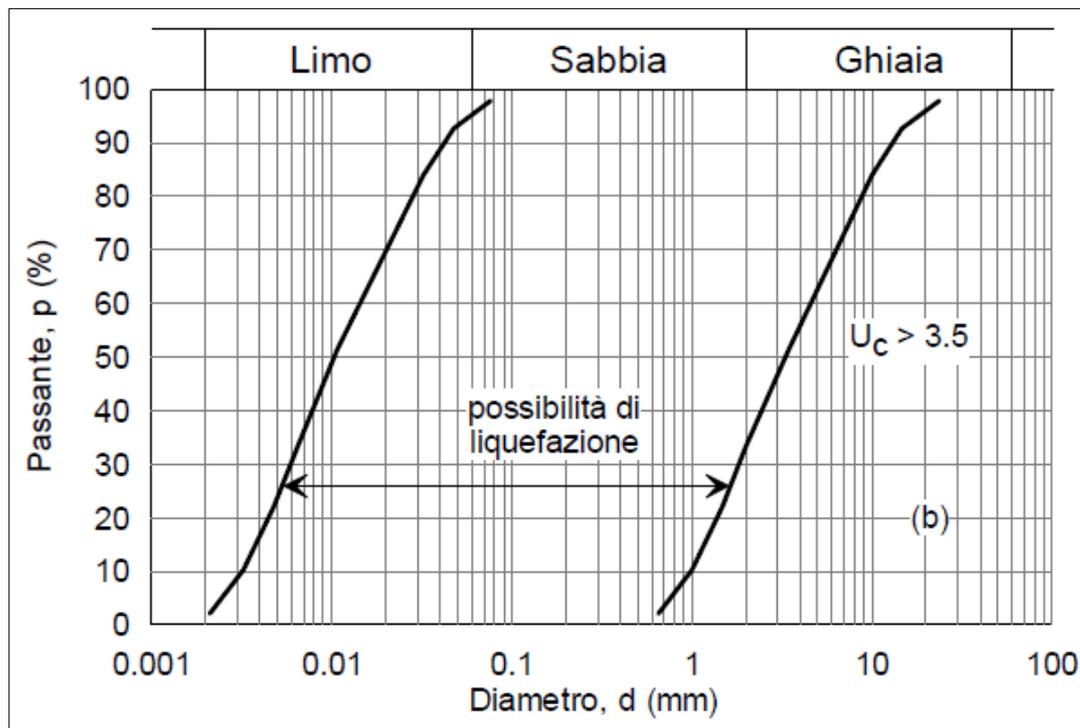


Figura 15: Fuso granulometrico di terreni suscettibili di liquefazione.

Le accelerazioni massime che fanno riferimento al territorio oggetto di studio sono inferiori a 0,1g. Quindi, la verifica alla liquefazione è stata omessa.

7 PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO

Di seguito si riportano i parametri geotecnici utilizzati per le verifiche:

Strato	Denominazione	Parametri di progetto			
		γ (kN/m ³)	c' (kg/cm ²)	c_u (kg/cm ²)	φ' (°)
1	Sabbia limosa	20.0	0.0	0.0	26
2	Scogliera	26.0	0.0	0.0	47

dove:

γ = peso di volume

c' = coesione efficace

c_u = coesione non drenata

φ' = angolo d'attrito efficace

Le verifiche sono state effettuate in condizioni sismiche considerando un coefficiente sismico orizzontale k_h pari a 0.011 ed un coefficiente sismico verticale k_v pari a 0.006 nel rispetto del D.M. 17 gennaio 2018.

8 ANALISI DI STABILITÀ

Per la verifica di stabilità delle opere e dei versanti sono state condotte verifiche secondo quanto riportato dal D.M. 17 gennaio 2018.

Secondo tale normativa deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq R_d$$

Dove

E_d = valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione

R_d = valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico

Le verifiche statiche sono state effettuate secondo l'Approccio 1:

Combinazione 2: **(A2+M2+R2)**

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle seguenti.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale γ_F o (γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 9: Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni (Tab. 6.2.I NTC 2018)

Dove

- γ_{G1} = coefficiente parziale del peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno e dell'acqua
- γ_{G2} = coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali
- γ_{Qi} = coefficiente parziale delle azioni variabili

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan\varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

Tabella 10: Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (Tab. 6.2. II NTC 2018)

Verifica	Coefficiente	R2
Statica	γ_R	1,1
Sismica	γ_R	1,2

Tabella 11: Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo (cap. 6.8.2 e cap. 7.11.4 delle NTC 2018)

Per le verifiche sono stati considerati due scenari differenti a cui corrispondono parametri geotecnici diversi:

- Analisi statica considerando i parametri geotecnici fattorizzati secondo la combinazione (A2+M2).
- Analisi sismica in cui secondo le vigenti Norme Tecniche *“Le verifiche degli stati limite ultimi in presenza di azioni sismiche devono essere eseguite ponendo pari a 1 i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici”* (cap. 7.11.1 delle NTC 2018);

Le analisi di stabilità sono state eseguite utilizzando il programma PC STABL7 "Computer Analysis for General Slope Stability Problems", sviluppato nella Università di Purdue (Indiana) nel 1975 da Ronald A. Siegel (Graduate Instructor), nell'ambito del progetto di ricerca Joint Highway Research Project della Engineering Experiment Station in cooperazione con la Indiana State Highway Commission.

Esso è stato successivamente aggiornato con una serie di opzioni che riguardano sia la modellazione del pendio sia l'algoritmo di calcolo nell'ambito degli studi inerenti la stabilità dei pendii.

Il programma è in grado di fornire una soluzione generale ai problemi bidimensionali di stabilità dei pendii, analizzando superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

L'approccio utilizzato è del tipo all'equilibrio limite e rappresenta una variante del metodo Bishop. Il calcolo del fattore di sicurezza relativo alla stabilità del versante viene condotto ripartendo in conci verticali il corpo di scorrimento potenziale ed assumendo orizzontali le forze di interfaccia tra i conci verticali.

PCSTABL7 è programmato per tener conto dei terreni variamente stratificati, dell'eventuale falda idrica, della presenza di pressioni neutre diverse dalle idrostatiche e di sollecitazioni sismiche con il metodo pseudostatico.

Quest'ultimo rappresenta gli effetti del sisma con una forza di inerzia orizzontale pari al prodotto del peso del terreno individuato dalla superficie di scorrimento considerata per il coefficiente di intensità sismica.

8.1 DESCRIZIONE DELL'ALGORITMO

Le forze agenti sul generico concio sono rappresentate nella figura seguente. La geometria di ciascun concio è descritta dalla sua altezza h misurata lungo la verticale baricentrica, dalla sua larghezza x , e dall'inclinazione del segmento di base e di quello di sommità, rispettivamente α e β .

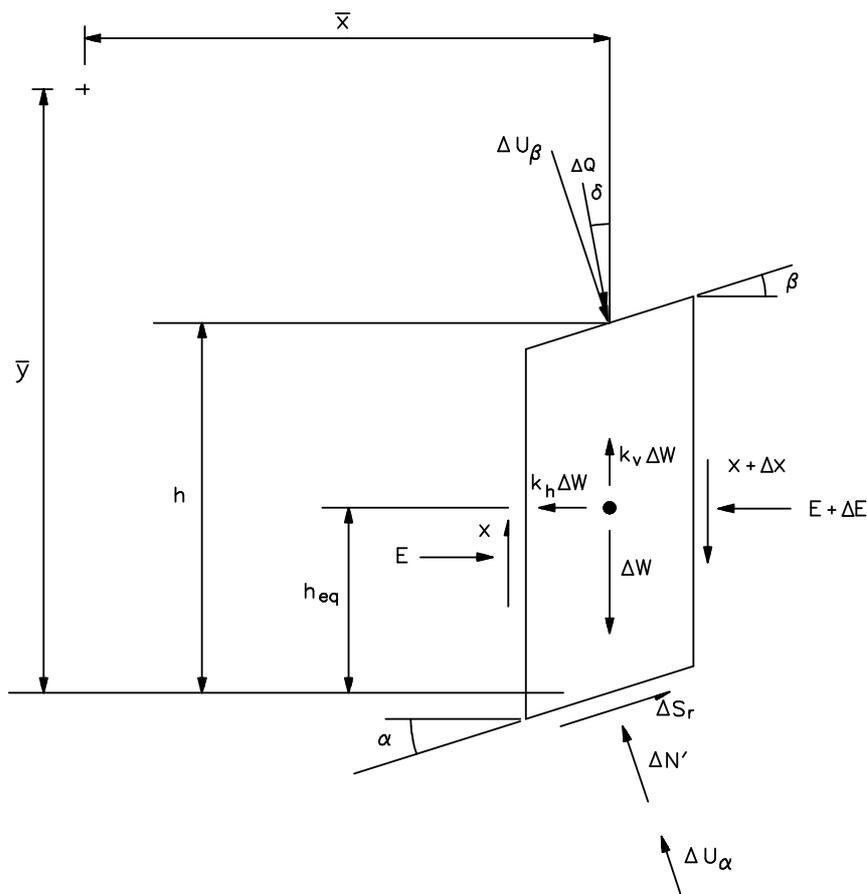


Figura 16 : Forze considerate nel modello

L'equilibrio di tutte le forze attorno ad un arbitrario punto 0 viene espresso dalla seguente equazione:

$$\sum_1^n [(\Delta N' + \Delta U_\alpha)(\bar{y} \sin \alpha - \bar{x} \cos \alpha) + \Delta U_\beta (\bar{x} \cos \beta - \bar{a} \sin \beta) + \Delta Q (\bar{x} \cos \delta - \bar{a} \sin \delta) + \Delta W (1 - k_v) \bar{x} + k_h \Delta W (\bar{y} - h_{eq}) - \Delta S r (\bar{x} \sin \alpha + \bar{y} \cos \alpha)] = 0$$

dove:

- ΔU_α e ΔU_β sono le spinte idrostatiche alla base ed alla sommità di ciascun concio;
- ΔQ è la risultante di un sovraccarico uniformemente distribuito sulla superficie del pendio;
- δ ne misura l'angolo di incidenza;
- k_v e k_h sono i coefficienti sismici verticali ed orizzontali relativi al peso del concio;
- h_{eq} è la distanza tra la base di ciascun concio e la componente orizzontale dell'azione sismica;
- \bar{a} $\bar{y} - h$

L'equilibrio delle forze verticali applicate al concio è espresso da

$$(\Delta N' + \Delta U_\alpha) \bar{x} \cos \alpha + \Delta S r \sin \alpha + \Delta X - \Delta W (1 - k_v) - \Delta U_\beta \cos \beta - \Delta Q \cos \delta = 0$$

Si sostituisce:

$$\Delta S r = \frac{\Delta C' \alpha + \Delta N' \tan \phi'_\alpha}{F}$$

dove:

- $\Delta N'$ sono le spinte idrostatiche alla base ed alla sommità di ciascun concio;
- $\Delta C'_\alpha$ e ϕ'_α sono rispettivamente la coesione e l'angolo di attrito caratteristici del materiale, disponibili alla base del concio.

Risolviendo l'equazione rispetto a $\Delta N'$ e sostituendo l'espressione risultante si ottiene, dopo alcuni passaggi, la seguente equazione contenente n+1 incognite, F ed i valori ΔX

dove:

$$\sum_1^n \frac{A1 - F A2}{F + A3} = \sum_1^n \Delta X \left(\frac{\tan \alpha - \tan \frac{\phi'_\alpha}{F} \frac{\bar{x}}{\bar{y}}}{1 + \tan \alpha \tan \frac{\phi'_\alpha}{F} \frac{\bar{x}}{\bar{y}}} \right)$$

dove:

$$\begin{aligned}
 A1 \quad & \frac{\Delta C'_\alpha}{\cos \alpha} + \tan \phi'_a \left[\Delta W \left(1 - k_v - k_h \left(1 - \frac{h_e}{y} \right) \tan \alpha \right) - \frac{\Delta U \alpha}{\cos \alpha} + \Delta U_\beta \left(\cos \beta + \frac{\bar{a}}{y} \tan \alpha \sin \beta \right) + \right. \\
 & \left. \Delta Q \left(\cos \delta + \frac{\bar{a}}{y} \tan \alpha \sin \beta \right) + \Delta Q \left(\cos \delta + \frac{\bar{a}}{y} \tan \alpha \sin \delta \right) \right] \\
 A2 \quad & \Delta W \left[\left(1 - k_v \right) \tan \alpha + k_h \left(1 - \frac{h_e}{y} \right) \right] + \Delta U_\beta \left(\tan \alpha \cos \beta - \frac{\bar{a}}{y} \sin \beta \right) + \Delta Q \left(\tan \alpha \cos \delta - \frac{\bar{a}}{y} \sin \delta \right) \\
 A3 \quad & \tan \alpha \tan \phi'_a
 \end{aligned}$$

Facendo uso dell'ipotesi semplificativa di Bishop

$$\Delta X = 0$$

l'espressione diventa

$$\sum_i^n y \frac{A1 - F A2}{F + A3} = 0$$

Allorché la coordinata \bar{y} del polo rispetto al quale si opera l'equilibrio alla rotazione tende all'infinito, la differenza tra i singoli valori di ogni concio diviene trascurabile e \bar{y} può essere considerato uguale per tutti i conci e quindi diventa:

$$\sum_i^n y \frac{A1 - F A2}{F + A3} = 0$$

dove l'espressione dei coefficienti A1 e A2 è semplificata.

L'equazione precedente costituisce l'algoritmo del programma di calcolo STABL, nella versione sviluppata nel 1975 da R. Siegel, che si può definire come metodo di Janbu semplificato.

Essa viene utilizzata nei casi in cui si esaminino superfici di scorrimento di forma irregolare o a cuneo.

Se, per una superficie di forma circolare, consideriamo il momento attorno al centro del cerchio,

$\bar{y} = r \cos \alpha$, l'equazione diventa

$$\sum r \cos \alpha \frac{A1 - F A2}{F + A3} = 0$$

oppure, poiché $r = \text{costante}$

$$\sum \cos \alpha \frac{A1 - F A2}{F + A3} = 0$$

dove A1, A2 ed A3 sono espressi precedentemente.

8.4 RISULTATI VERIFICHE DI STABILITÀ

Nel seguito si riportano i risultati delle analisi di stabilità della scogliera. Come si vede dalla tabella riepilogativa, la sezione analizzata risulta verificata come da Normativa di riferimento, sia in condizione statica che sismica:

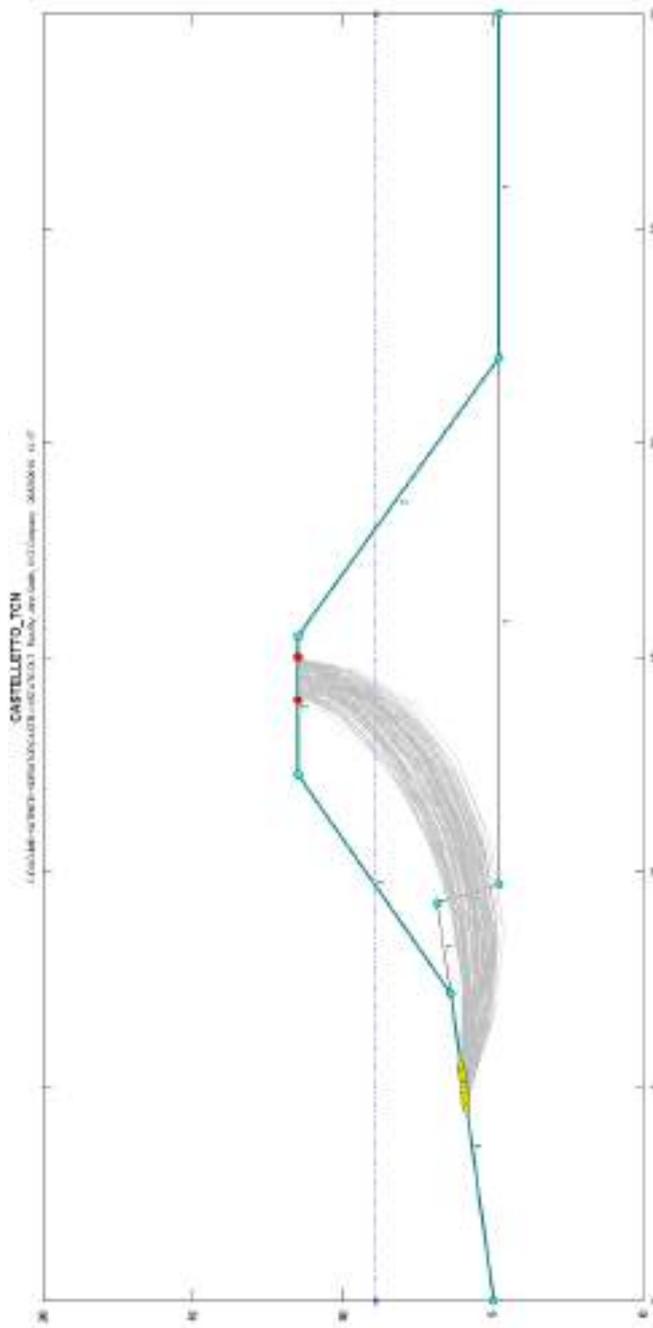
Sezione	Analisi	FS	FS _{richiesto}	Verifica
1	Statica	1.1	1.1	SI
	Dinamica	1.26	1.2	SI
2	Statica	1.17	1.1	SI
	Dinamica	1.35	1.2	SI

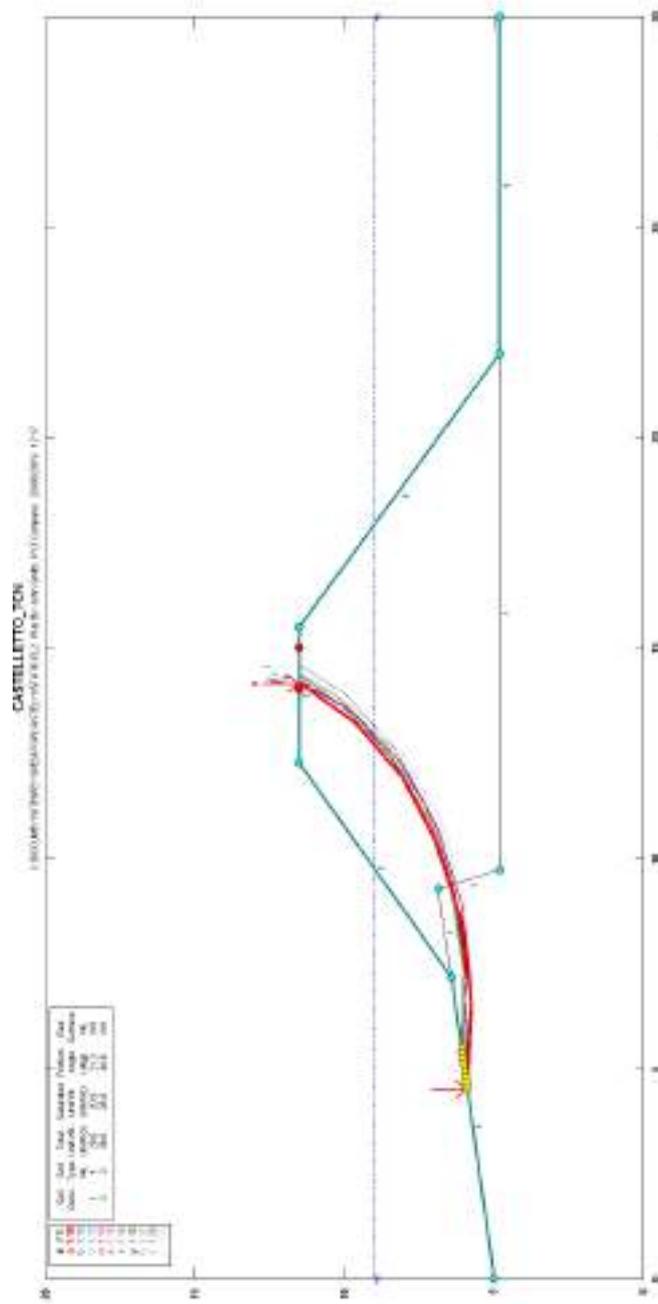
Tabella 12: Risultati verifica di stabilità

Nelle immagini seguenti, sia per la condizione statica che per la condizione sismica, sono riportate le cento superfici di scivolamento considerate e le dieci con fattore di sicurezza minore.

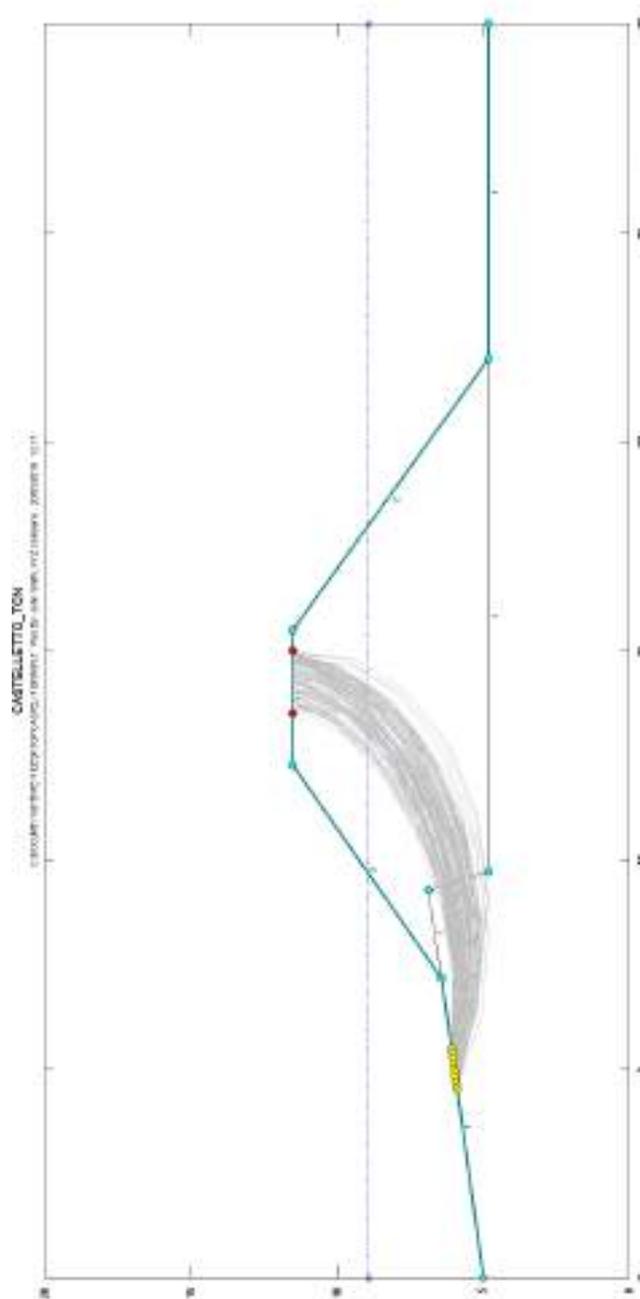
Sezione lato Porticciolo

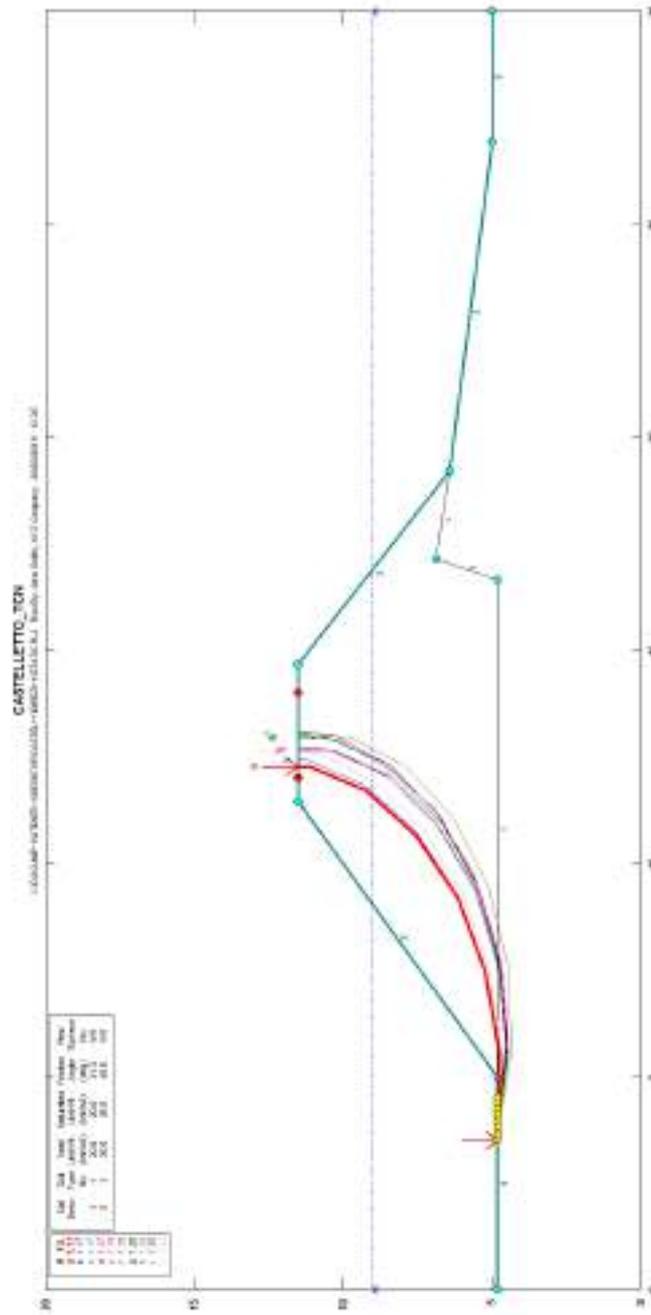
Analisi Statica



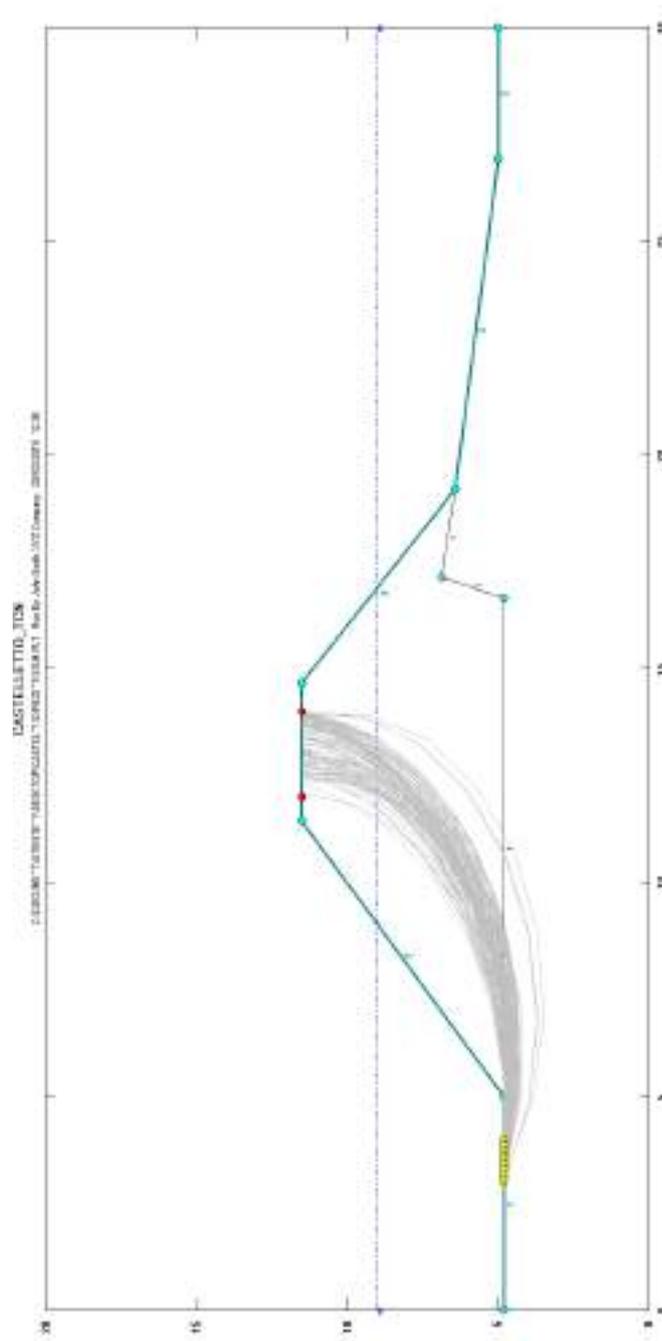


Analisi Sismica





Analisi Sismica



9 CONCLUSIONI

Dai risultati ottenuti attraverso le analisi di stabilità effettuate sulla scogliera è possibile concludere che le verifiche di stabilità risultano soddisfatte.