

COMMITTENTE:

COMUNE DI ISSIGLIO



OGGETTO:

- LAVORI DI RICOSTRUZIONE SCOGLIERE E SISTEMAZIONE IDRAULICA CONFLUENZA T. CHIUSELLA CON T. SAVENCA A PROTEZIONE DELL'ABITATO, DELLA TUBAZIONE DELL'ACQUEDOTTO E DEL DEPURATORE - INTERVENTO DI CONFLUENZA. DETERMINAZIONE N.85 del 25/10/2022;
- LAVORI DI REALIZZAZIONE SOTTOMURAZIONE SCOGLIERE A VALLE DELLA CONFLUENZA T.CHIUSELLA/ T.SAVENCA. DETERMINAZIONE N.86 del 25/10/2022;
- LAVORI DI MOVIMENTAZIONE MATERIALE D'ALVEO ZONA CONFLUENZA T.CHIUSELLA/T.SAVENCA. DETERMINAZIONE N.87 del 25/10/2022;

LOCALITÀ DELL'INTERVENTO:

COMUNE DI ISSIGLIO

CODICE AREA:

GEO

FASE PROGETTUALE:

PROGETTO ESECUTIVO

N° ELABORATO:

001

ARCHIVIO: 5751 490 GEO 001 ESE 00

SCALA:

TITOLO ELABORATO:

RELAZIONE GEOTECNICA DI CALCOLO

DATA:

Loranzè, Gennaio 2023

CONTROLLO QUALITA' ELABORATI

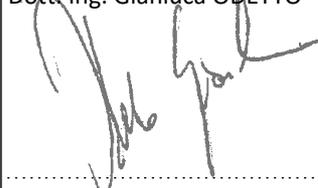
CODICE	AMBITO PROGETTUALE	RESPONSABILE D'AREA	REDATTO	VERIFICATO	RIESAMINATO	APPROVATO	REV	DATA	NOTE
ARC	ARCHITETTURA ED EDILIZIA	Arch. A. DEMARIA - Arch. M. DI PERNA	.	.	.	.	0	Gennaio/2023	EMISSIONE
GEO	AMBIENTE E TERRITORIO	Geol. P. CAMBULI	E.G.	P.C.	I.B.	G.N.	2	.	.
IDR	IDRAULICA	Ing. M. VERNETTI ROSINA	.	.	.	.	3	.	.
IEL	IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI	Ing. G. ZAPPALA'	.	.	.	.	4	.	.
IME	IMPIANTI FLUIDO MECCANICI	Ing. A. BREGOLIN	.	.	.	.	5	.	.
SIC	SICUREZZA	Ing. E. MORTELLO	.	.	.	.	6	.	.
STR	STRUTTURE E INFRASTRUTTURE	Ing. A. VACCARONE - Geom. F. TONINO	.	.	.	.	7	.	.
VVF	PREVENZIONE INCENDI	Ing. G. ZAPPALA'	.	.	.	.	8	.	.
EXT	COLLABORATORI ESTERNI	.	.	.	.	.	9	.	.

Strada Provinciale 222, n°31
10010 Loranzè (TO)
TEL. 0125.1970499
FAX 0125.564014

e-mail:
info.sertec@sertec-engineering.com

www.sertec-engineering.it

IL DIRETTORE TECNICO:
Dott. Ing. Gianluca ODETTO



PROGETTISTI:

Dott. Ing. Gianluca
NOASCONO
N° 8292 Y ALBO
INGEGNERI
PROVINCIA DI TORINO



Dott. Ing. Andrea
CIOCCA
N° 10094S ALBO
INGEGNERI
PROVINCIA DI TORINO



MORTELLO ing.
Eleonora
N° 12221H ALBO
INGEGNERI
PROVINCIA DI TORINO





Indice

1	PREMESSA.....	2
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	3
3	INTERVENTI IN PROGETTO: INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO, GEOMORFOLOGIA, INTERFERENZE COL TERRITORIO.....	4
3.1	Vincoli geomorfologici.....	9
3.2	Vincolo idrogeologico.....	16
3.3	Caratteristiche geotecniche del terreno di sedime.....	17
4	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....	18
5	METODO E CODICE DI CALCOLO.....	19
6	DATI DELLA STRUTTURA, ZONIZZAZIONE SISMICA, VITA NOMINALE, CLASSE D'USO.....	21
7	CARATTERISTICHE E RESISTENZE DI CALCOLO DEI MATERIALI UTILIZZATI.....	25
8	AZIONI.....	26
8.1	Carichi permanenti strutturali.....	26
8.2	Carichi permanenti non strutturali.....	26
8.3	Carichi variabili.....	26
9	COMBINAZIONI DI CARICO.....	27
10	MODELLO DI CALCOLO E RISULTATI DELLE VERIFICHE.....	32
10.1	Sezione tipo muro in progetto.....	33
10.1.1	Geometria di modellazione.....	33
10.1.2	Sollecitazioni agenti.....	35
10.1.3	Verifiche geotecniche.....	36
11	CONCLUSIONI.....	37



1 PREMESSA

L'Amministrazione Comunale di Issiglio ha incaricato i sottoscritti:

Ing. Gianluca Noascono dello studio SERTEC srl, P.IVA 00495550014, con sede in Strada Provinciale 222, n. 31 - 10010 Loranze (TO). CUP : B65H20000470002 _ CIG : Z8C384FFC0 con Det. n. 85 del 25/10/2022 per i "LAVORI DI RICOSTRUZIONE SCOGLIERE E SISTEMAZIONE IDRAULICA CONFLUENZA T. CHIUSELLA CON T. SAVENCA A PROTEZIONE DELL'ABITATO, DELLA TUBAZIONE DELL'ACQUEDOTTO E DEL DEPURATORE - INTERVENTO DI CONFLUENZA. Comune di Issiglio - TO_A18_710_20_034";

Ing. Eleonora Mortello con studio in via Alice n. 59 - 10010 Lessolo (TO), C.F, MTYLNR84L67E379E. CUP : B67H22000810002 _ CIG : Z053850295. Con Det. n. 86 del 25/10/2022 per i "LAVORI DI REALIZZAZIONE SOTTOMURAZIONE SCOGLIERE A VALLE DELLA CONFLUENZA T. CHIUSELLA / T. SAVENCA";

Ing. Andrea Ciocca con studio in via Provinciale n. 70 - 10010 Settimo Vittone (TO), C.F. CCCNDR71H24E379F, P.IVA 10341420015. CUP : B67H22000810002 _ CIG : ZF5385038A con Det. n. 87 del 25/10/2022 per i "LAVORI DI MOVIMENTAZIONE MATERIALE D'ALVEO ZONA CONFLUENZA T. CHIUSELLA / T. SAVENCA".

Il presente progetto, che costituisce il grado definitivo ai sensi dell'art. 23 del D.Lgs. n. 50 del 18/04/2016, risulta essere redatto, come richiesto dall'Amministrazione Comunale, per tutti e tre gli interventi dei tre professionisti incaricati ed individua compiutamente i lavori da realizzare, nel rispetto delle esigenze, dei criteri, dei vincoli, degli indirizzi e delle indicazioni stabiliti dalla stazione appaltante. Contiene tutti gli elementi necessari ai fini del rilascio delle autorizzazioni e approvazioni, nonché la quantificazione definitiva del limite di spesa per la realizzazione attraverso l'utilizzo dei prezzi predisposti dalla Regione Piemonte.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Decreto Ministeriale 17.01.2018 Testo Unitario – *“Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018”*;
- Circolare 21 gennaio 2019 n.7 ” Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Pericolosità sismica e Criteri per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n.36 del 27.07.2007;
- R.D. 3267/23;
- L.R. 45/1989 – *“Nuove norme per gli interventi da eseguire in terreni sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici”*;
- Circ. Min. LL.PP. n° 30483 del 24 Settembre 1988 *“Istruzioni relative alla 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 fondazioni”*;
- Legge n° 64 del 02/02/1974 – *“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”*;
- D.M. del 24/01/1986 – *“Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche”*;
- D.M. del 16/01/1996 – *“Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”*;
- Circolare n° 65 del 10/04/1997 – *“Istruzioni per l’applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. del 16/01/1996”*;

Conformemente a quanto previsto dal paragrafo 12 del D.M 17/01/2018 si sono considerati anche i seguenti riferimenti tecnici che si intendono coerenti con i principi del D.M. stesso:

- EUROCODICE 7 – *“Progettazione geotecnica”*;
- EUROCODICE 8 – *“Progettazione delle strutture per la resistenza sismica”* e appendice nazionale;



3 INTERVENTI IN PROGETTO: INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO, GEOMORFOLOGIA, INTERFERENZE COL TERRITORIO

L'area di intervento è ubicata nel comune di Issiglio (TO) ed interessa la zona spondale del torrente Chiusella, all'altezza della confluenza del torrente Savenca; l'altezza baricentrica è di circa 467 m s.l.m.

CTR 10000			114140
Coordinate Geografiche	UTM WGS84	Latitudine	45.532248°N
		Longitudine	7.450734° E
Altitudine			427 m s.l.m.

Si riportano di seguito delle immagini di inquadramento territoriale:

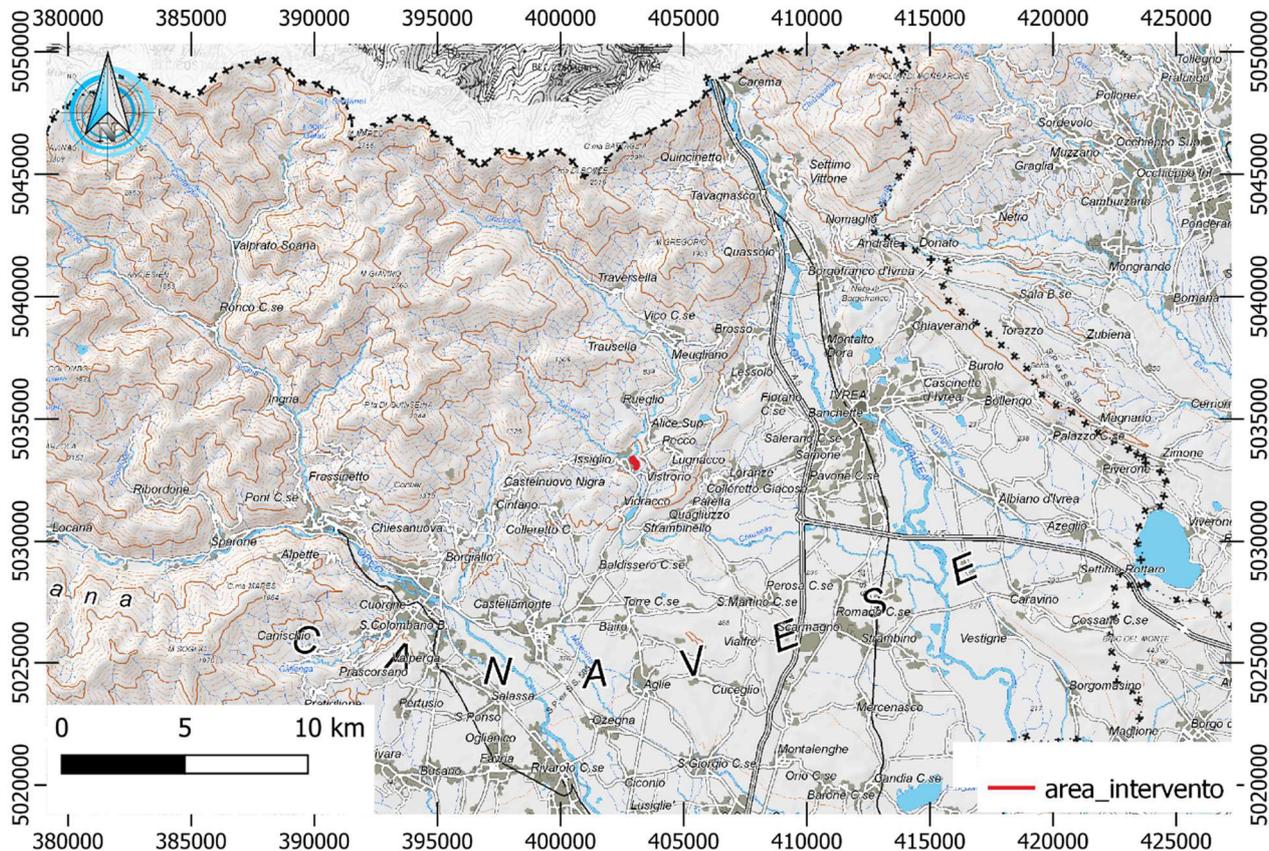


Figura 1 Inquadramento geografico su sfumo 250k

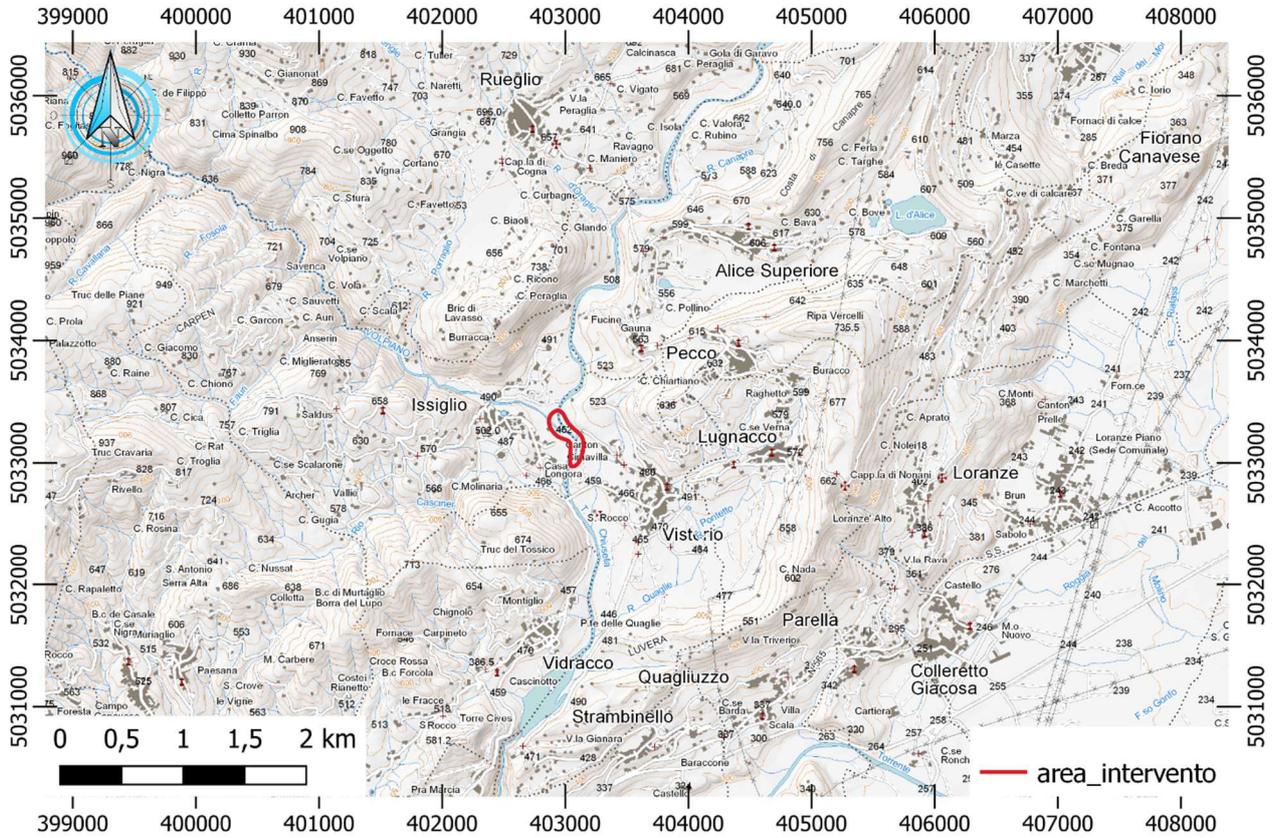


Figura 2 Inquadramento geografico su sfumo 50k

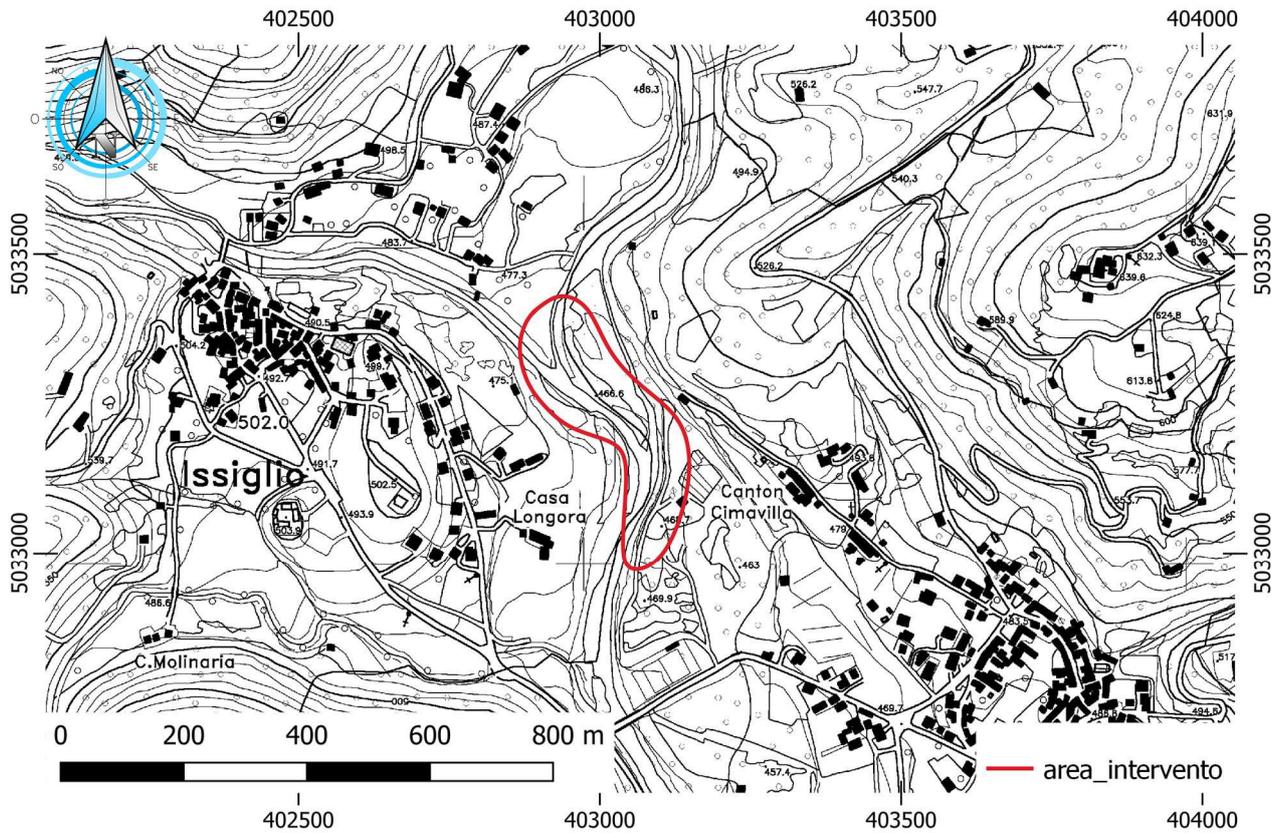


Figura 3 Inquadramento CTR 114140

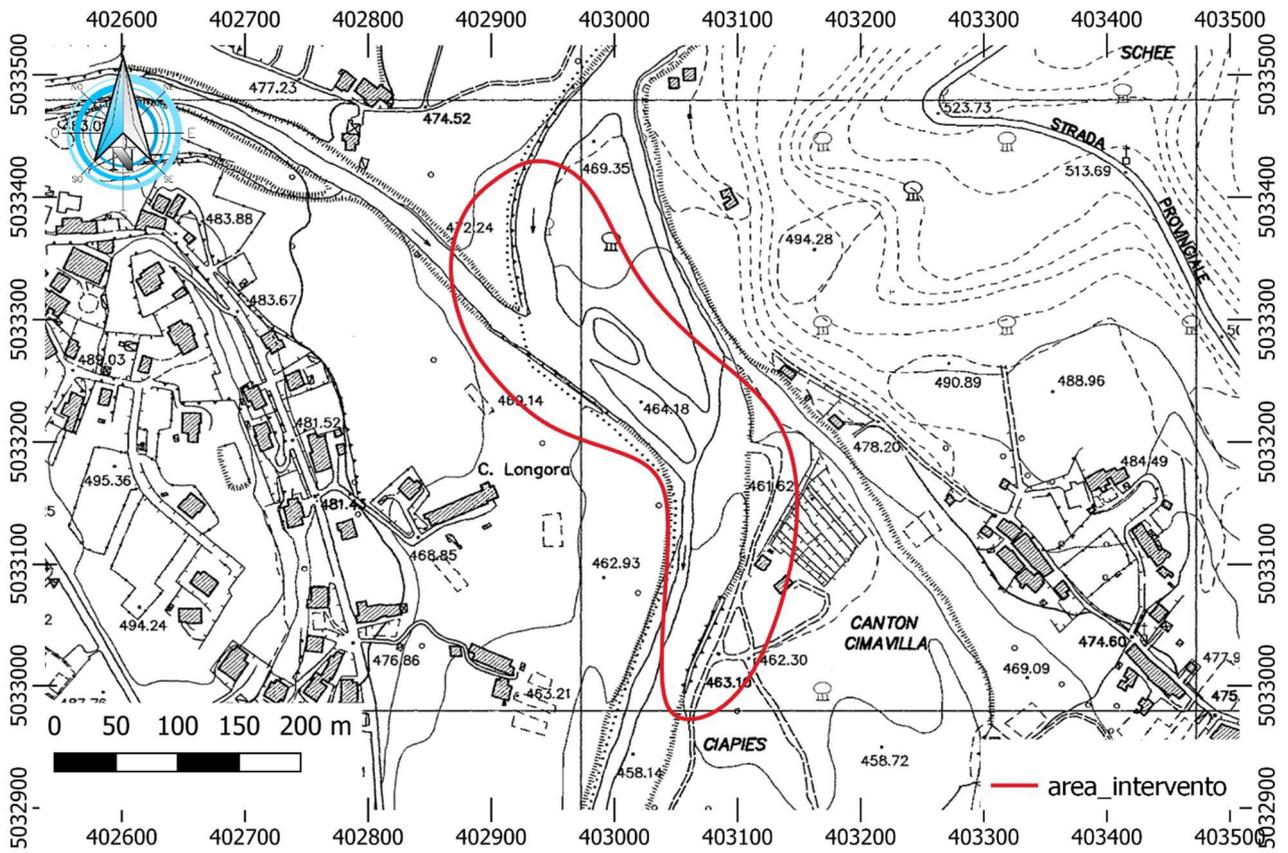


Figura 4 Tracciato intervento su CTP144144

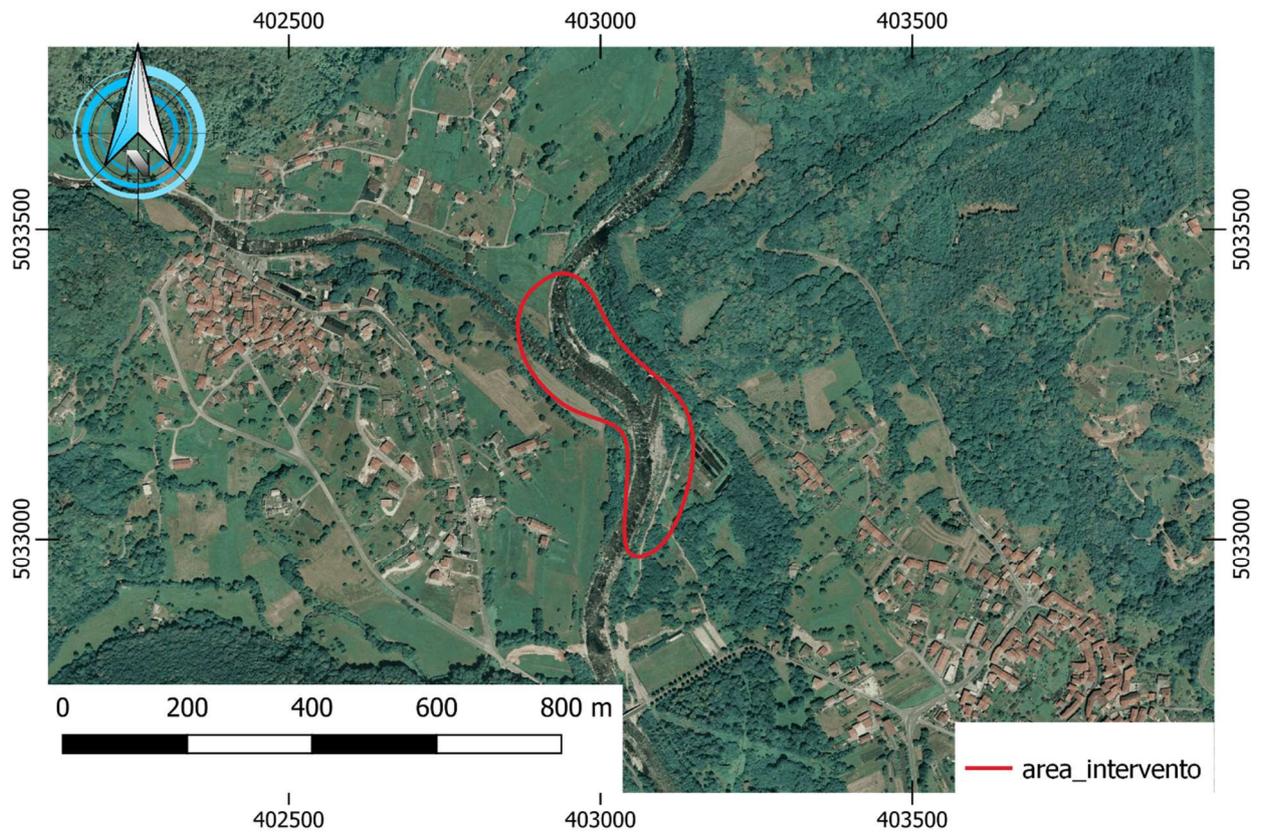


Figura 5 Inquadramento su ortofoto

3.1 Vincoli geomorfologici

L'area di intervento è ubicata nel comune di Issiglio (TO) ed interessa la zona spondale del torrente Chiusella, all'altezza della confluenza del torrente Savenca; l'altezza baricentrica è di circa 467 m s.l.m. Gli interventi in progetto consistono nella messa in sicurezza della zona spondale del torrente Chiusella in prossimità dell'immissione del Torrente Savenca, a lato del centro abitato di Issiglio.

Consultando il piano regolatore comunale, il database del Geoportale dell'Arpa Piemonte e della Regione Piemonte è stato possibile reperire la cartografia relativa ai processi geomorfologici che hanno interessato l'area oggetto di studio.

In Figura 6 è riportato un estratto del PRGI del comune di Issiglio, mentre in Figura 6 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** è riportato un estratto del PRGI del comune di Vistrorio.

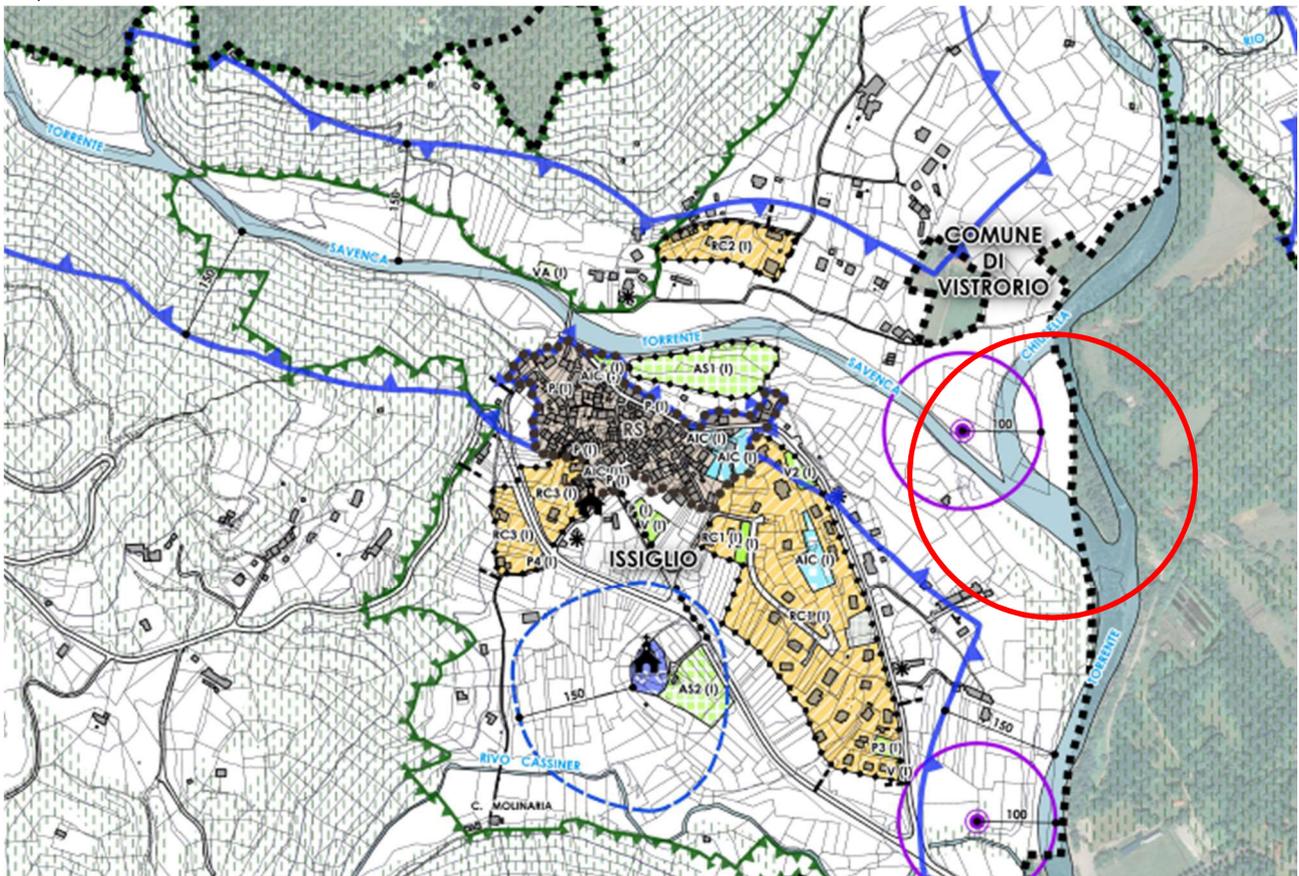




Figura 6 Estratto Tav. 1B del PRGI del comune di Issiglio con ubicazione della zona di intervento.

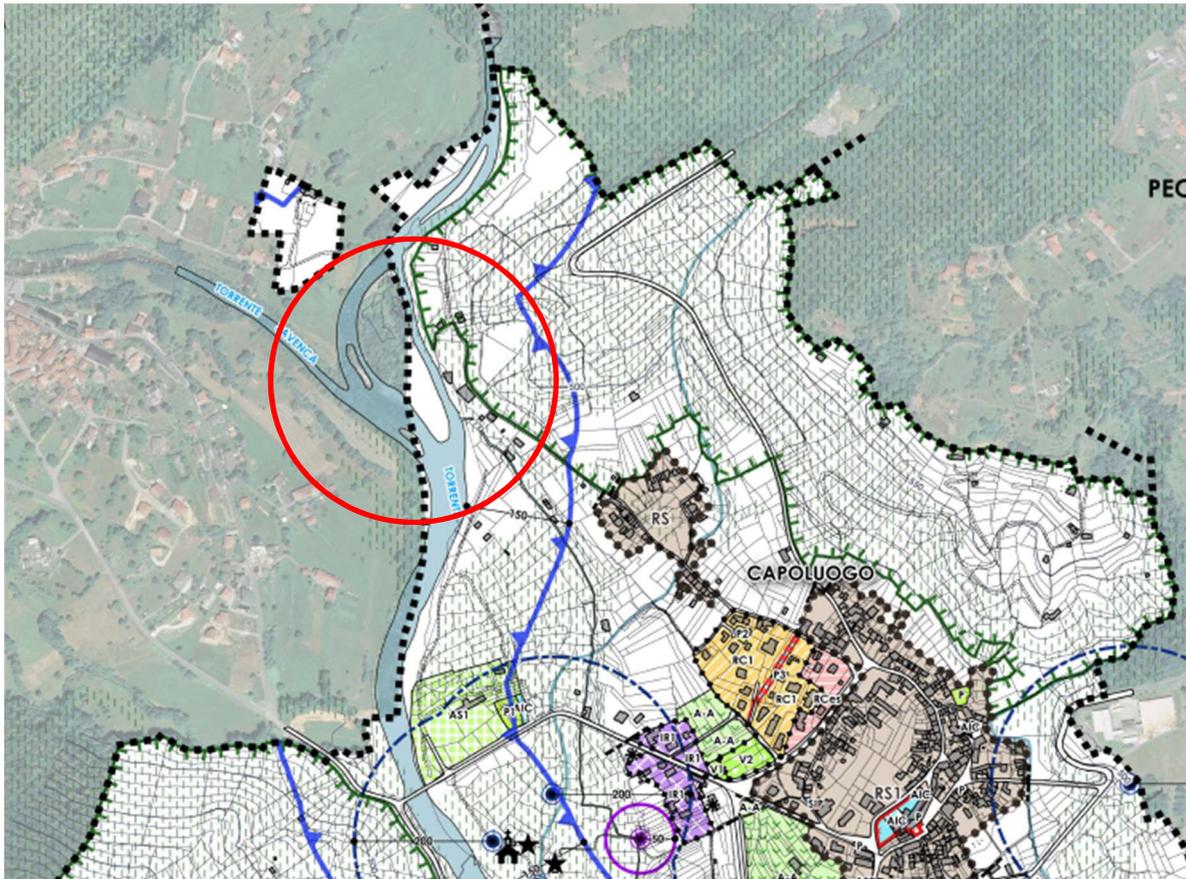




Figura 7 Estratto Tav. 12a del PRGI del comune di Vistrorio con ubicazione della zona di intervento.

Dalla Carta geomorfologia e dei dissesti del PRGI del comune di Issiglio, è possibile precisare che l'intervento è localizzato all'interno di un'area caratterizzata da *pericolosità molto elevata (EeA)*.

Si riporta in figura seguente un estratto dalla "Carta geomorfologica e del dissesto idrogeologico" con la zona di intervento circonscritta in rosso.

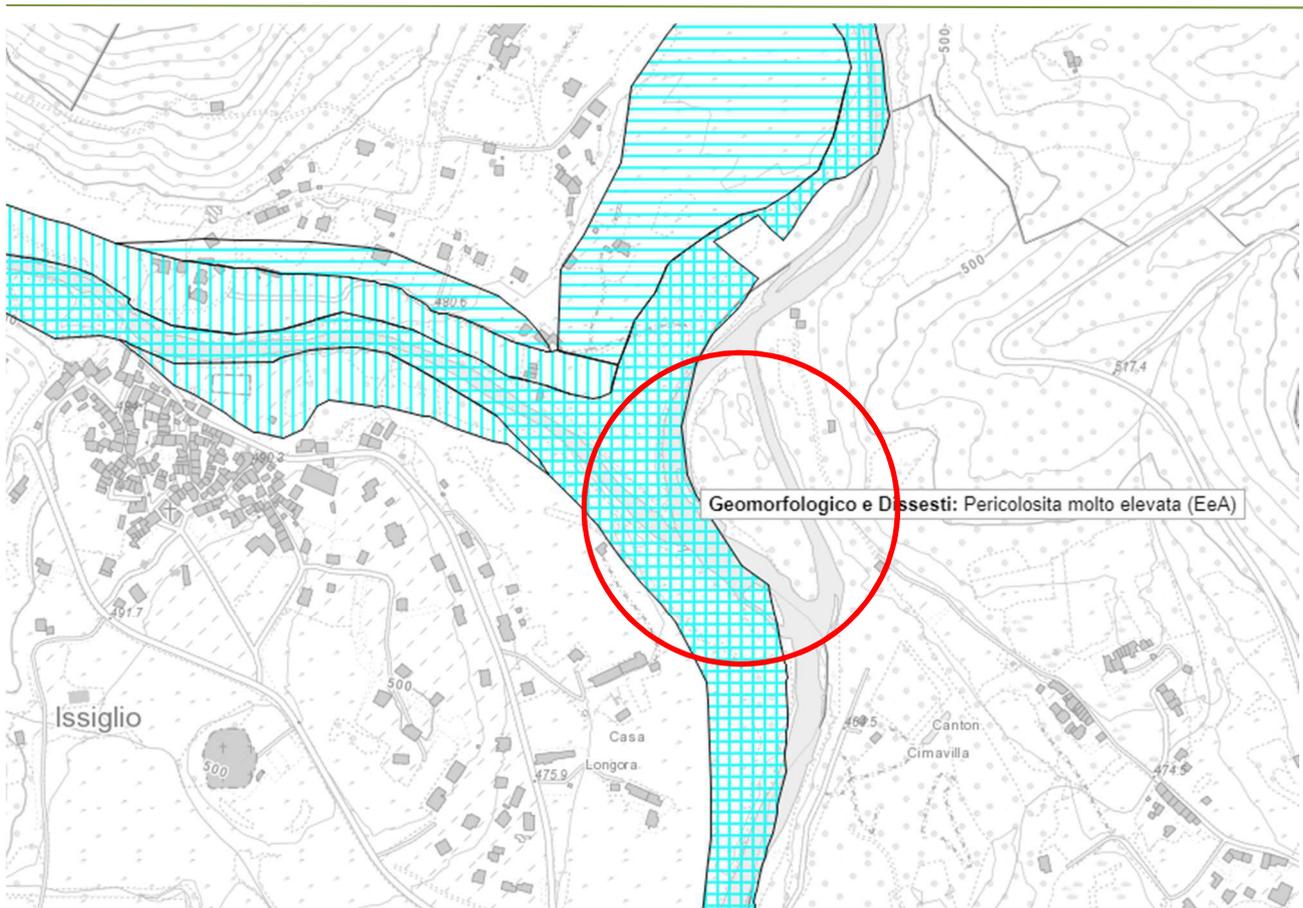


Figura 8 Estratto dalla "Carta geomorfologica e del dissesto idrogeologico" del PRGI del comune di Issiglio – cerchiata in rosso l'area di intervento.

Si riporta di seguito un estratto della "Carta di sintesi" del PRGI del comune di Issiglio, con individuazione dell'area di intervento.

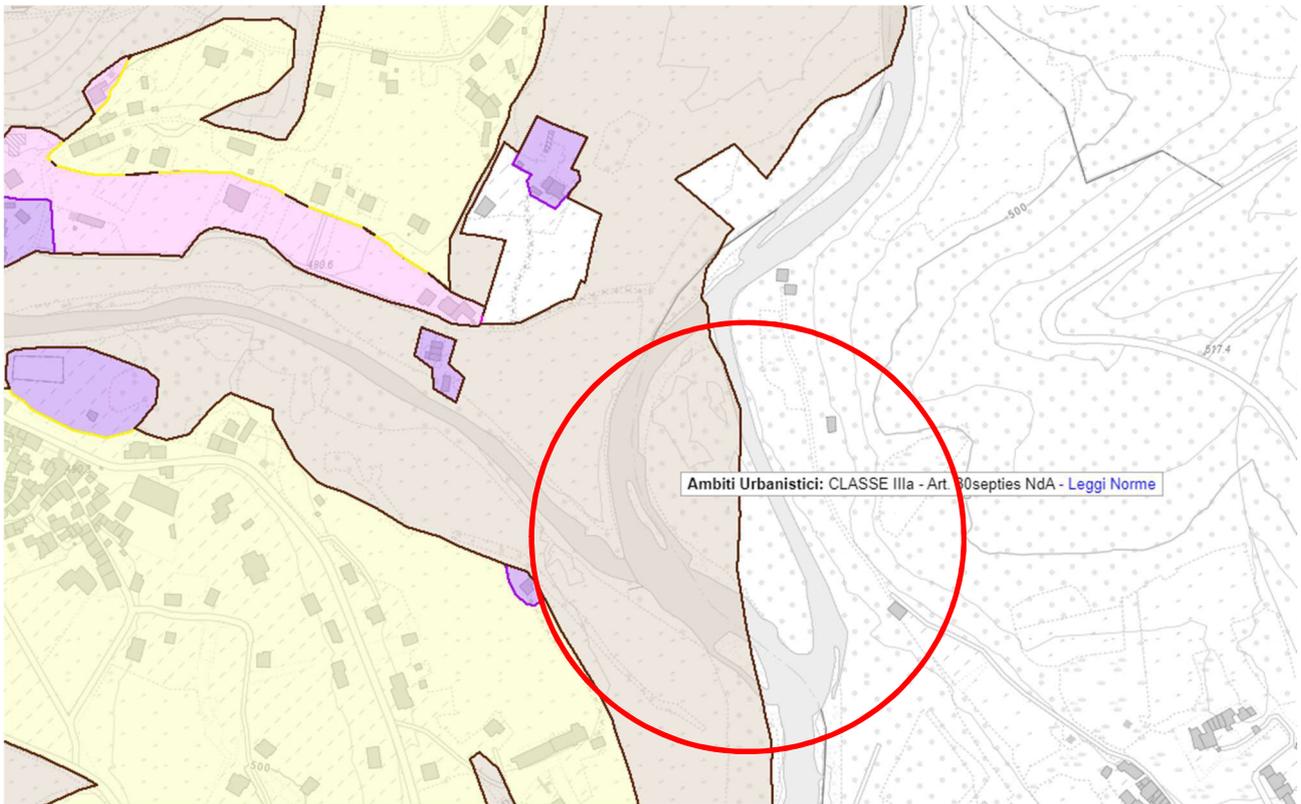


Figura 9 Estratto da “Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell’idoneità all’uso urbanistico” del PRGI del comune di Issiglio – cerchiata in rosso l’area di intervento

Come visibile dall’estratto del PRG, l’area di intervento ricade in **Classe IIIa: aree inedificate ed inedificabili, per dissesto idraulico.**

Analizzando la cartografia relativa al Piano Fasce Fluviali, l’area **RICADE** tra quelle perimetrare dal PAI come area caratterizzata da ‘*esondazione a pericolosità molto elevata*’ come riportato di seguito in un estratto cartografico.

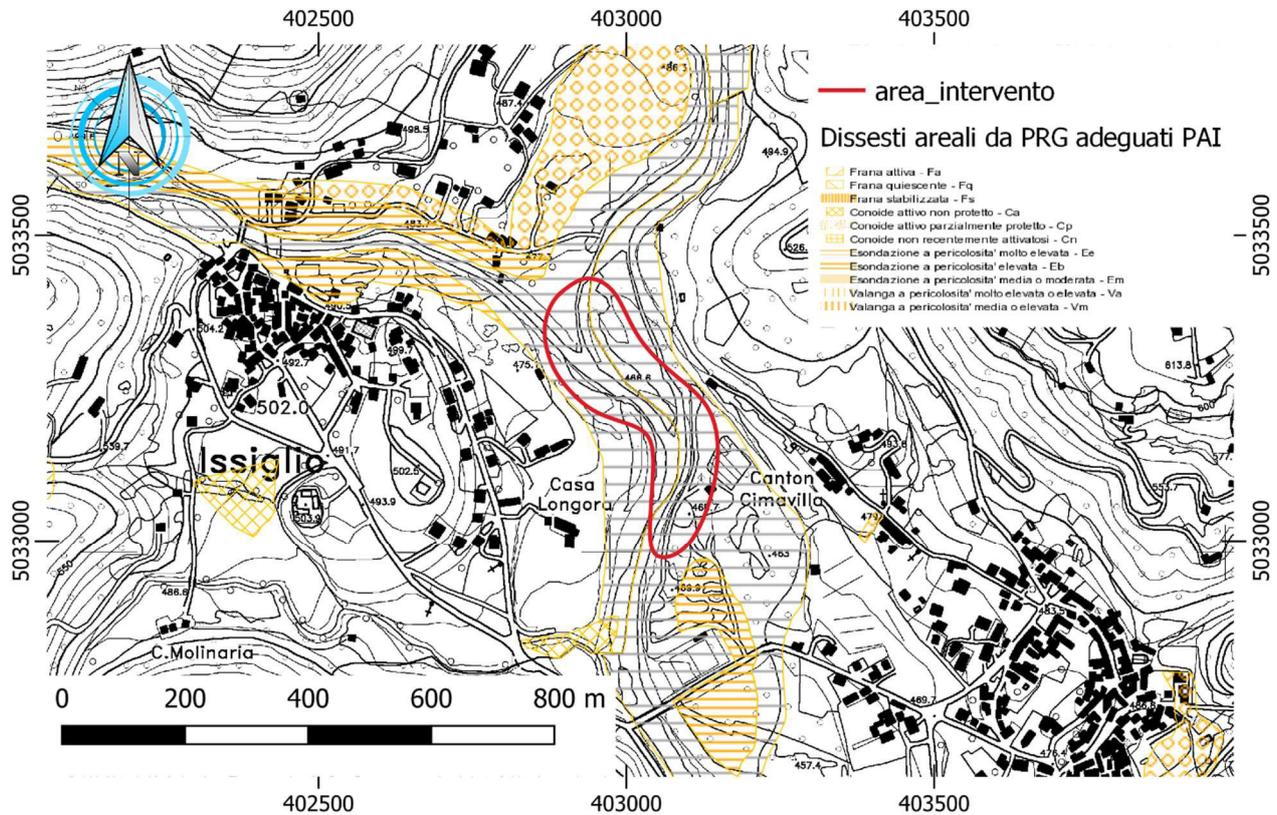


Figura 10 Estratto cartografico con individuazione delle aree perimetrate dal PAI – circoscritta in rosso l'area di intervento

L'area di intervento **RICADE** tra quelle perimetrate ai sensi della Direttiva 2007/60/CE (Direttiva alluvioni) ed è caratterizzata da *pericolosità di alluvione elevata (tr.10/20) e rischio moderato*.



3.2 Vincolo idrogeologico

L'area di intervento **NON ricade** tra quelle perimetrate ai sensi della normativa del vincolo idrogeologico.

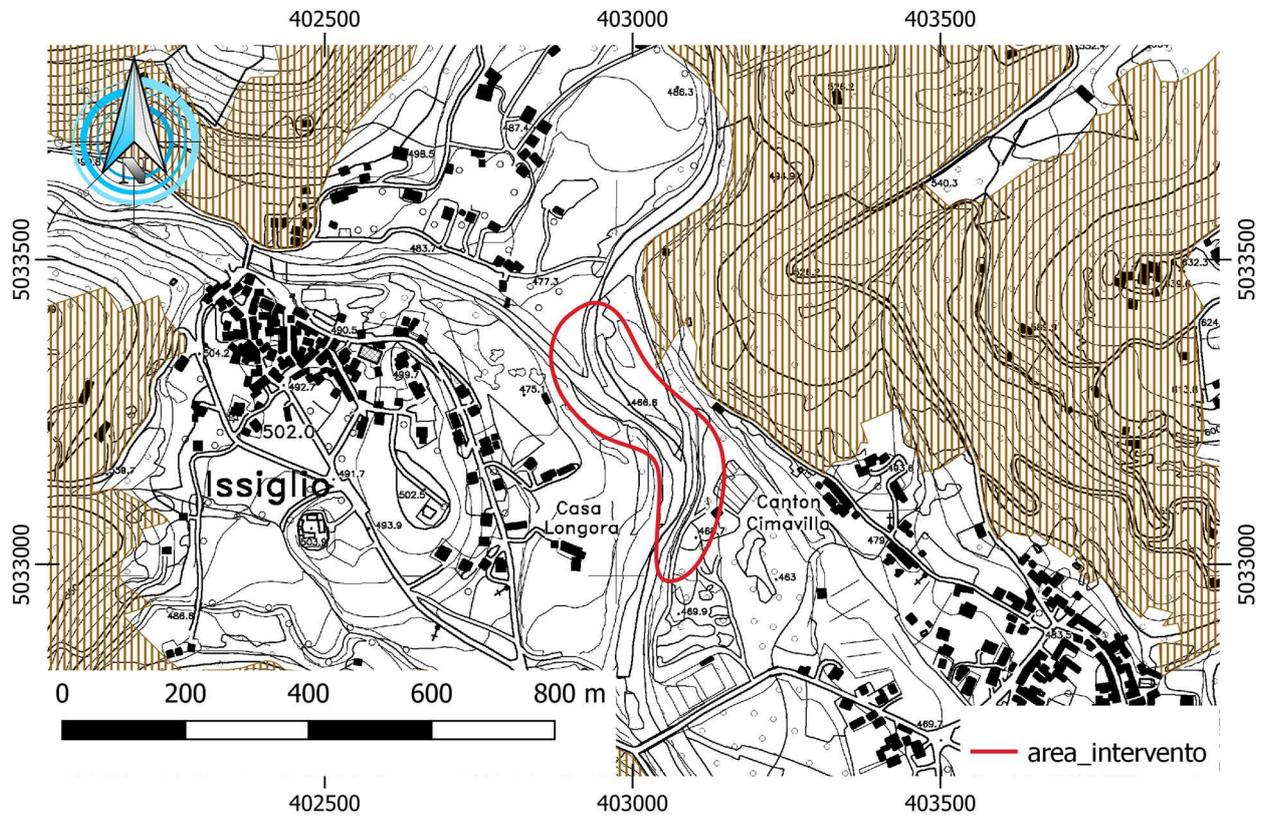


Figura 11 Vincolo idrogeologico in CTR

3.3 Caratteristiche geotecniche del terreno di sedime

Sulla base dell'analisi dei dati bibliografici, dei sopralluoghi effettuati e dell'esperienza dello scrivente in lavori eseguiti su formazioni geologiche del tutto simili a quelle interessate dai lavori in oggetto, è stato possibile assegnare cautelativamente e compiutamente i valori dei principali parametri geotecnici al mezzo geologico in cui l'opera si inserisce.

Descrizione	Peso unità di volume secco [kN/m ³]	Peso unità di volume saturo [kN/m ³]	Angolo di Attrito [°]	Coesione [KPa]
Terreno	18.00	20.00	35	0

Tabella 1 Parametri geotecnici



4 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Gli interventi in progetto consistono nella messa in sicurezza della zona spondale del torrente Chiusella in prossimità dell'immissione del Torrente Savenca, a lato del centro abitato di Issiglio.

In particolare si prevede:

RICOSTRUZIONE SCOGLIERE E SISTEMAZIONE IDRAULICA CONFLUENZA T. CHIUSELLA CON T. SAVENCA

- Cernita del materiale più grossolano presente in alveo al fine di posizionarlo a protezione della fondazione della scogliera e riutilizzo dei massi per la scogliera stessa.
- Demolizione della fondazione in c.a. esistente.
- Locali maggiori scavi e formazione savanelle per ture e deviazioni acque.
- Rifacimento della scogliera in orografica DX del Torrente Chiusella a monte della confluenza del Torrente Savenca, con fondazione in massi d'alveo cementati ed elevazione in parte con massi di cava di nuova fornitura ed elevazione in parte con utilizzo di massi d'alveo, in entrambi i casi con intasamento dei vani in calcestruzzo.
- Porzione di massicciata di consolidamento alveo e sottofondazione scogliera DX a valle dell'immissione del Savenca in parte con massi di cava di nuova fornitura ed elevazione in parte con utilizzo di massi d'alveo, in entrambi i casi con intasamento dei vani in calcestruzzo.
- Sistemazione finale dell'alveo.

SOTTOMURAZIONE SCOGLIERE A VALLE DELLA CONFLUENZA T. CHIUSELLA / T. SAVENCA

- Cernita del materiale più grossolano presente in alveo al fine di posizionarlo a protezione della fondazione della scogliera e riutilizzo dei massi per la scogliera stessa.
- Locali maggiori scavi e formazione savanelle per ture e deviazioni acque.
- Ulteriore porzione di massicciata di consolidamento alveo e sottofondazione scogliera DX a valle dell'immissione del Savenca in parte con massi di cava di nuova fornitura ed elevazione in parte con utilizzo di massi d'alveo, in entrambi i casi con intasamento dei vani in calcestruzzo.
- Sistemazione finale dell'alveo.

MOVIMENTAZIONE MATERIALE D'ALVEO ZONA CONFLUENZA T. CHIUSELLA / T. SAVENCA

- Formazione di pista di cantiere necessaria per tutti e tre gli interventi compreso tratto iniziale di accesso in alveo da sponda sx provenienza da viabilità esistente lato Vistrorio, e tratto in alveo.
- Disalveo del Torrente Chiusella con sistemazione del materiale a protezione della fondazione della scogliera e riutilizzo dei massi per le opere dei due interventi precedentemente descritti.

Sistemazione finale dell'alveo e smantellamento della pista di cantiere.

5 METODO E CODICE DI CALCOLO

I calcoli per il dimensionamento strutturale dell'opera sono stati condotti adottando il metodo semiprobabilistico agli stati limite, verificandone i requisiti di sicurezza allo stato limite ultimo (anche sotto l'azione sismica) e allo stato limite di esercizio. L'analisi delle azioni sismiche ha comportato inoltre la valutazione delle relative deformazioni.

La schematizzazione della procedura progettuale adottata può essere sinteticamente così riassunta:

- Individuazione della classe d'uso dell'opera e della sua vita utile;
- Definizione delle azioni agenti in condizioni statiche e dinamiche attraverso l'individuazione delle condizioni di carico;
- Predisposizione delle combinazioni di carico, con i relativi coefficienti di combinazione allo SLU, SLE, SLV, SLD;
- Analisi dell'involuppo delle azioni agenti;
- Dimensionamento degli elementi strutturali e verifica della funzionalità delle strutture progettate.

La sicurezza e le prestazioni sono state garantite verificando gli stati limite sopra definiti in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme.

L'analisi strutturale condotta è stata del tipo: **SISMICA STATICA EQUIVALENTE**.

Ai sensi del par. 6.5.3.1.1 delle NTC 2018, la verifica delle opere di sostegno è stata effettuata con riferimento ai seguenti stati limite, accertando che la condizione [6.2.1] della norma sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

- *SLU di tipo geotecnico (GEO)*
 - scorrimento sul piano di posa;
 - collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno;
 - ribaltamento;
 - stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;
- *SLU di tipo strutturale (STR)*
 - raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata, analogamente a quanto previsto al § 6.8, secondo l'Approccio 1, con la Combinazione 2 (A2+M2+R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I.

Nella verifica a ribaltamento i coefficienti R3 della Tab. 6.5.I delle NTC 2018 si applicano agli effetti delle azioni stabilizzanti.

Tab. 6.5.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$
Ribaltamento	$\gamma_R = 1,15$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,4$



La verifica è stata condotta con l'ausilio del software di calcolo Max 16.0, prodotto da Aztec Informatica s.r.l.

Il software MAX è dedicato all'analisi e al calcolo dei muri di sostegno. I tipi di muro che è possibile analizzare con il programma Max sono:

- Muri a gravità;
- Muri a semigravità;
- Muri in calcestruzzo armato.

Possono essere inoltre considerati, in funzione del tipo di muro e del materiale che lo costituisce, muri con:

- Contrafforti;
- Mensole di contrappeso e di marciapiede;
- Pali di fondazione;
- Tiranti di ancoraggio.

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

La sicurezza e le prestazioni sono state garantite verificando gli stati limite sopra definiti in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme.

6 DATI DELLA STRUTTURA, ZONIZZAZIONE SISMICA, VITA NOMINALE, CLASSE D'USO

La classificazione sismica del territorio nazionale ha introdotto normative tecniche specifiche per le costruzioni di edifici, ponti ed altre opere in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico.

Si riporta di seguito la mappatura del Piemonte che riporta la classificazione sismica del territorio regionale, redatta ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 – “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale del Piemonte n. 11-13058 del 19.01.2010, entrata in vigore con la D.G.R. n. 4-3084 del 12.12.2011 ed in seguito modificate con la D.G.R. n. 65-7656 del 21 maggio 2014 ed in seguito aggiornata nuovamente con l'entrata in vigore della Deliberazione della Giunta Regionale 30 dicembre 2019, n. 6-887 OPCM 3519/2006. Presa d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte, di cui alla D.G.R. del 21 maggio 2014, n. 65-7656.

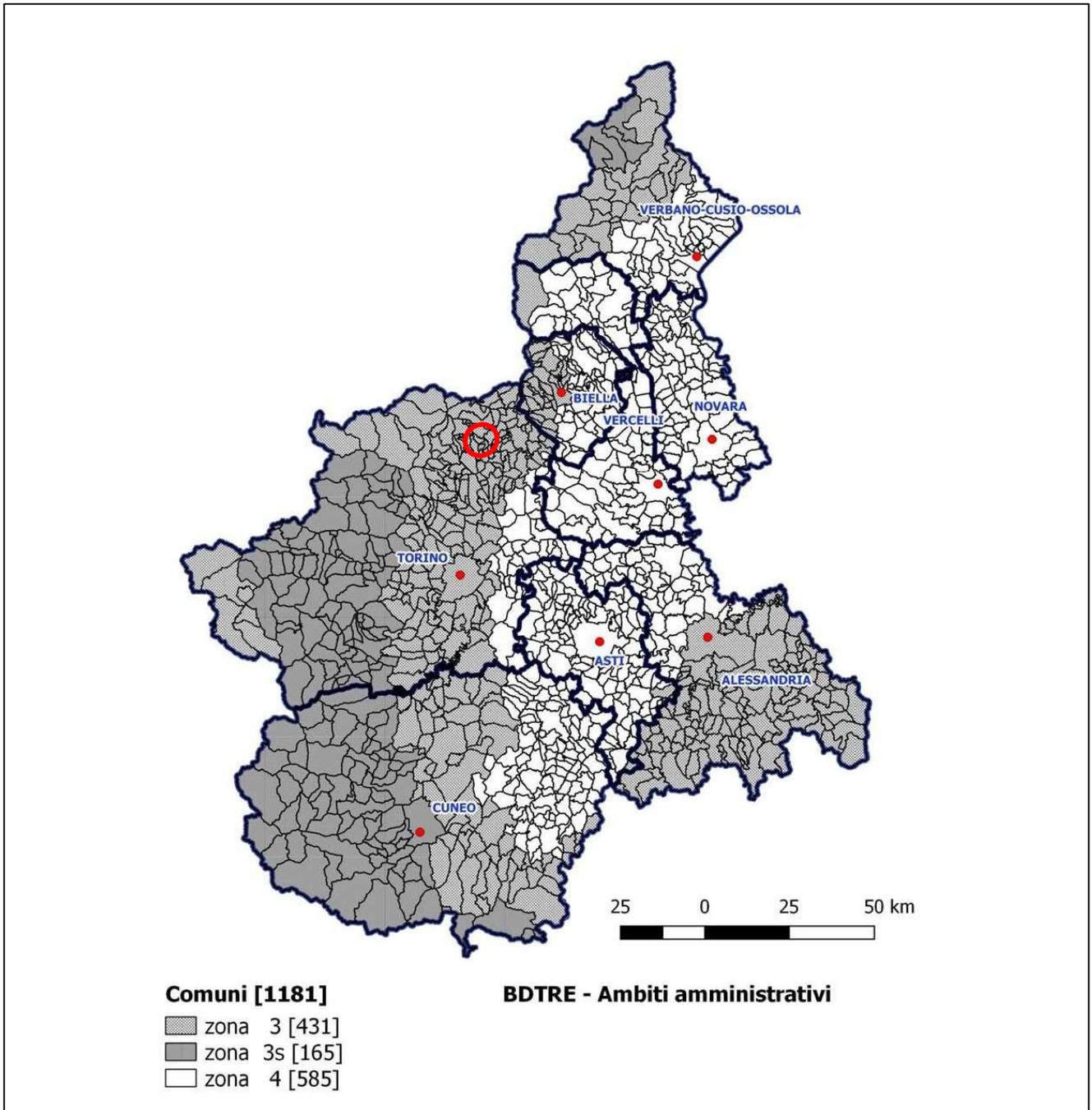


Figura 12 Mappatura delle aree sismiche in Piemonte.

Il Comune di Issiglio (TO) rientra tra le aree classificate in Zona 3: Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti.

Regione		PIEMONTE
Provincia		TORINO
Comune		ISSIGLIO
Coordinate Geografiche del cantiere	Latitudine	45.532248°N
	Longitudine	7.450734° E
Altitudine		427 m s.l.m.
Zona sismica		ZONA 3
Tipo di opera	Tab. 2.4.1 D.M. 17/01/2018	ORDINARIA
Vita nominale V_N	P.to 2.4.1 D.M. 17/01/2018	50 ANNI
Classe d'uso	P.to 2.4.2 D.M. 17/01/2018	II
Coefficiente d'uso C_U	P.to 2.4.3 D.M. 17/01/2018	1
Periodo di riferimento per azione sismica V_R	P.to 2.4.3 D.M. 17/01/2018	50 ANNI

Tabella 2 Dati della struttura e zona sismica

Le Norme Tecniche per le Costruzioni individuano le azioni sismiche di progetto a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. Le NTC2018 definiscono al par. 3.2 la pericolosità sismica in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} . Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il calcolo delle opere in oggetto è stato realizzato facendo riferimento ai seguenti parametri:

	a_g [m/s ²]	F_0	T_c^* [s]
SLO	0.192	2.600	0.162
SLD	0.237	2.592	0.190
SLV	0.453	2.694	0.280
SLC	0.535	2.760	0.296

Tabella 3 Parametri sismici di progettazione

L’analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi di analisi dinamica.

Nelle analisi si deve tenere conto dei comportamenti di tipo fragile che si manifestano nei terreni a grana fine sovraconsolidati e nei terreni a grana grossa addensati con una riduzione della resistenza al taglio al crescere delle deformazioni. Inoltre si deve tener conto dei possibili incrementi di pressione interstiziale indotti in condizioni sismiche nei terreni saturi. Nei metodi pseudostatici l’azione sismica è rappresentata da un’azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile.

Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza. Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come $F_h = k_h \times W$ ed $F_v = k_v \times W$, con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:



$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

Per tenere conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale è necessario individuare il valore del coefficiente topografico S_T , dipendente dalle categorie topografiche illustrate nella seguente tabella:

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

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

Tabella 4 Categorie topografiche - Tabella 3.2.III D.M. 17/01/2018

Il caso in studio è stato associato alla categoria topografica T3, alla quale corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica S_T pari a 1.2 (tabella 3.2.V D.M. 17/01/2018).

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si rende necessario inoltre valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento illustrate nella seguente tabella:

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

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

Tabella 5 Categorie di sottosuolo da Tabella 3.2.II D.M. 17/01/2018

Nel caso in progetto, a vantaggio di sicurezza ed in mancanza di indagini dirette e puntuali, si assume che la categoria di sottosuolo sia la D, alla quale corrisponde il massimo valore di coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s pari a 1.8.

Si valuta infine il valore del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito β_m , che risulta quantificato come segue:

$\beta_m=0.38$ nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV)

$\beta_m=0.47$ nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD)

Per muri non liberi di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume valore unitario.

Lo stato limite di ribaltamento deve essere trattato impiegando coefficienti parziali unitari sulle azioni e sui parametri geotecnici (7.11.1 del D.M. 17/01/2018) e utilizzando valori di β_m incrementati del 50% rispetto a quelli innanzi indicati e comunque non superiori all'unità.

7 CARATTERISTICHE E RESISTENZE DI CALCOLO DEI MATERIALI UTILIZZATI

Massi di cava cementati: materiale litoide proveniente da disalveo o da cava, non friabile né gelivo, ad elevato peso specifico. Le caratteristiche meccaniche vengono riportate nella seguente tabella:

Resistenza a compressione	(kPa)	30000
Angolo di attrito interno	(°)	45
Resistenza a taglio	(kg/cm ²)	5
Peso di volume	(kg/m ³)	2300

Tabella 6 – Parametri pietrame



8 AZIONI

In accordo con la normativa citata al capitolo 2 della presente relazione, in linea generale vanno considerati nei calcoli le seguenti azioni:

- Carichi permanenti strutturali;
- Carichi permanenti NON strutturali;
- Carichi variabili.

8.1 Carichi permanenti strutturali

I carichi permanenti strutturali sono dati dai pesi propri delle strutture e vengono calcolati automaticamente dal software di calcolo. Si considera la massa volumica dei massi di cava cementati pari a 2300 kg/m^3 .

8.2 Carichi permanenti non strutturali

Sulla scogliera non insistono carichi permanenti non strutturali, se non la spinta attiva del terreno a monte di cui sono stati riportati i parametri geotecnici al capitolo 3.

8.3 Carichi variabili

Non sono presenti carichi variabili agenti sulla struttura.

9 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico utilizzate sono quelle previste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni. Si elencano in seguito i coefficienti di combinazione, con riferimento alla tabella 2.6.1. del DM, e le relative combinazioni delle azioni:

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1, fav}$	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.30	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2, fav}$	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
	Sfavorevoli	$\gamma_{G2, sfav}$	1.30	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sfavorevoli	$\gamma_{Q, sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sfavorevoli	$\gamma_{QT, sfav}$	1.50	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

Tabella 7– Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche.

Ai fini delle verifiche agli stati limite, con riferimento al par. 2.5.3 si sono definite le seguenti combinazioni delle azioni:

- SLU – Combinazione di carico fondamentale;

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\gamma_{Qi} \cdot \psi_{oi} \cdot Q_{ki})$$

- SLE – Combinazione caratteristica rara;

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{oi} \cdot Q_{ki})$$

- SLE – Combinazione frequente;

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

- SLE – Combinazione quasi permanente;

$$G_1 + G_2 + P + \sum_{i=1}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

- Combinazione sismica;

$$E + G_1 + G_2 + P + \sum_{i=1}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

I coefficienti parziali per le verifiche per i parametri geotecnici del terreno sono riassunti nella seguente tabella:

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00



Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	γ_{γ}	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabella 8 – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

I coefficienti parziali per le verifiche agli stati limite ultimi per le fondazioni superficiali sono riassunti nella seguente tabella:

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Tabella 9 – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Si riportano di seguito tutte le combinazioni di carico delle azioni sollecitanti, generate automaticamente dal codice di calcolo, in conformità con le disposizioni della Normativa Tecnica.

Combinazioni di carico

Simbologia adottata

F/S Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)

γ Coefficiente di partecipazione della condizione

Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole



Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - EQU (A1-M1-R3) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - EQU (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 15 - SLEQ

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 16 - SLEQ H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 17 - SLEQ H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole



10 MODELLO DI CALCOLO E RISULTATI DELLE VERIFICHE

Per il modello di calcolo è stata considerata una sezione corrispondente alla sezione del muro in progetto; le verifiche sono state eseguite con il software di calcolo MAX 16.0. A seguire si riportano i risultati ottenuti.



Figura 13. Sezione generica per il modello di calcolo

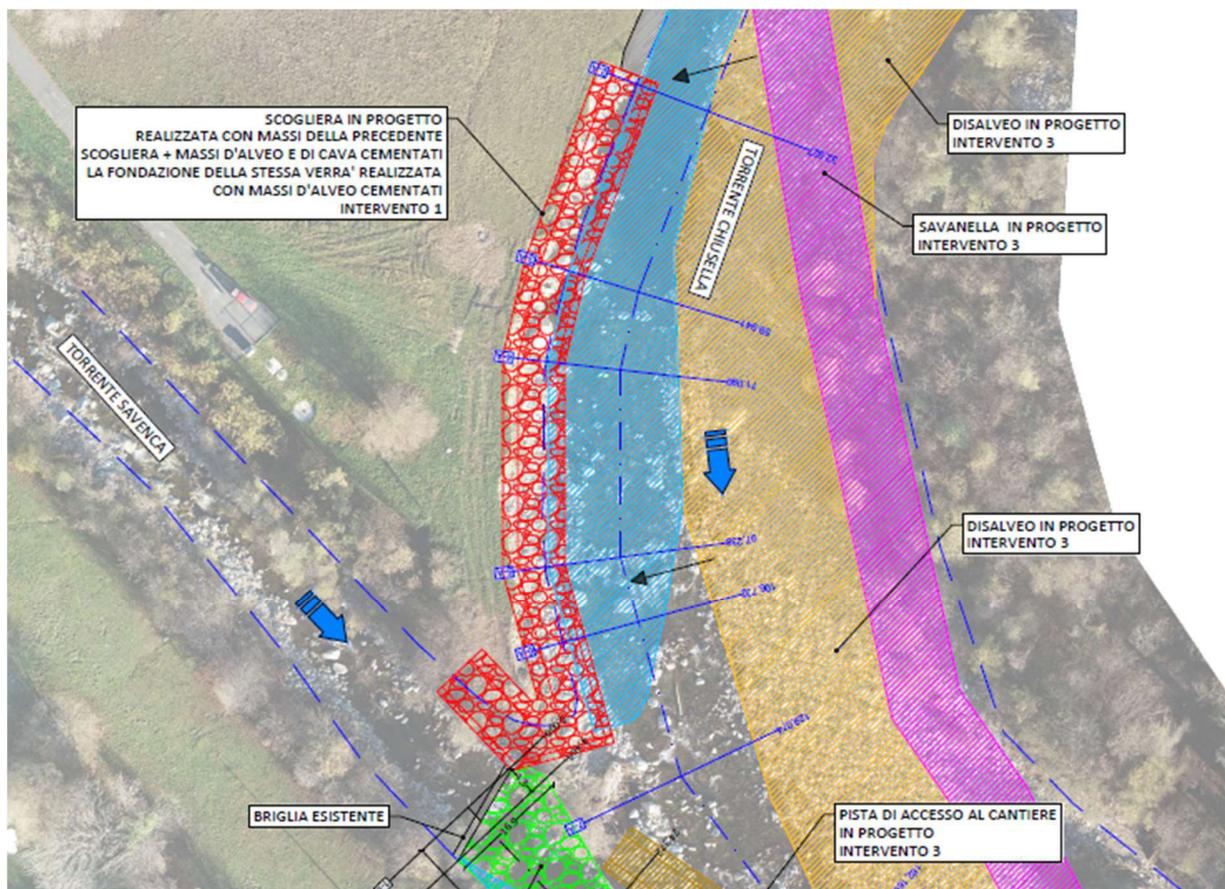


Figura 14. Planimetria progetto approvata nel progetto definitivo – Scogliera in progetto in rosso

10.1 Sezione tipo muro in progetto

10.1.1 Geometria di modellazione

Il muro avrà una mensola a valle di 1.00 m, una altezza di paramento di 5.50 m, uno spessore in testa di 2.10 m, con una altezza di fondazione di 1.50 m per una larghezza totale di 3.10 m.

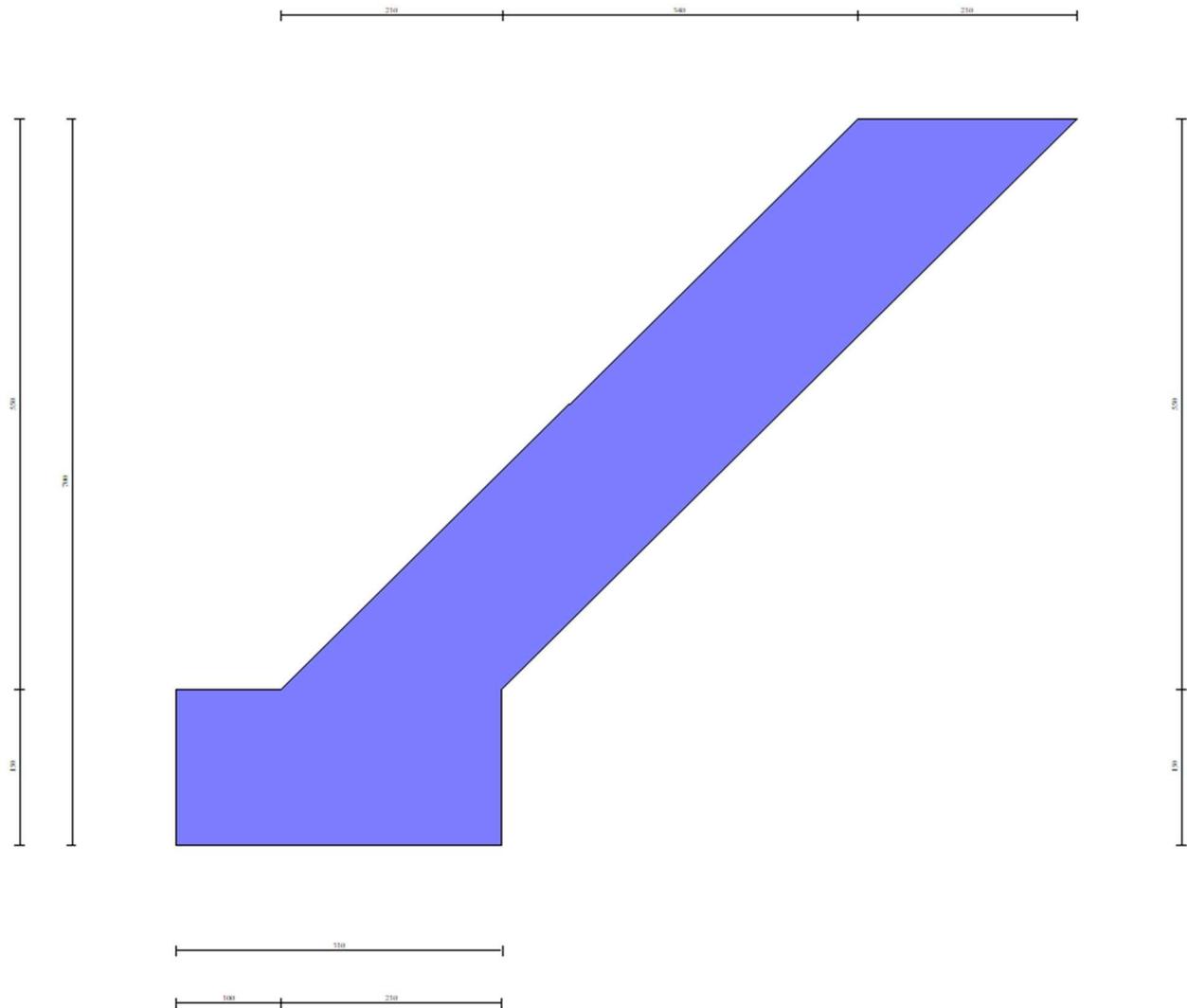


Figura 15 Estratto dal software di calcolo MAX 16.0 – Geometria di modellazione in sezione

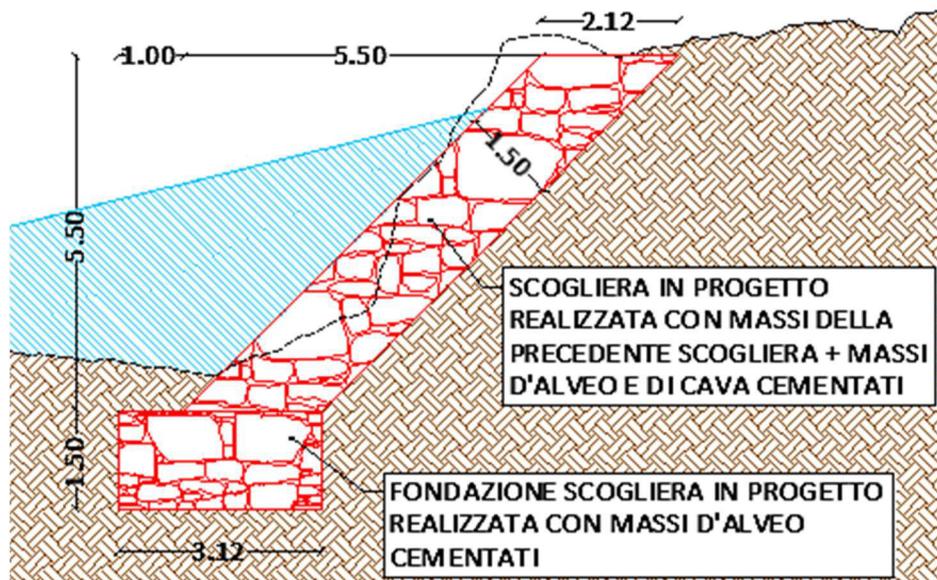


Figura 16. Sezione di Tipo

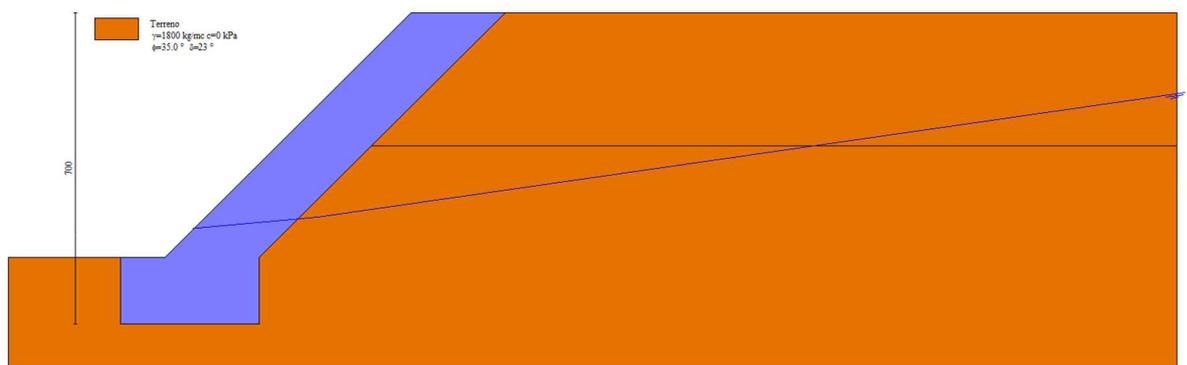


Figura 17 Estratto dal software di calcolo MAX 16.0 – Geometria di modellazione in sezione, condizione stratigrafica e di carico

10.1.2 Sollecitazioni agenti

Si riporta di seguito l'involuppo delle sollecitazioni agenti sull'opera di sostegno.

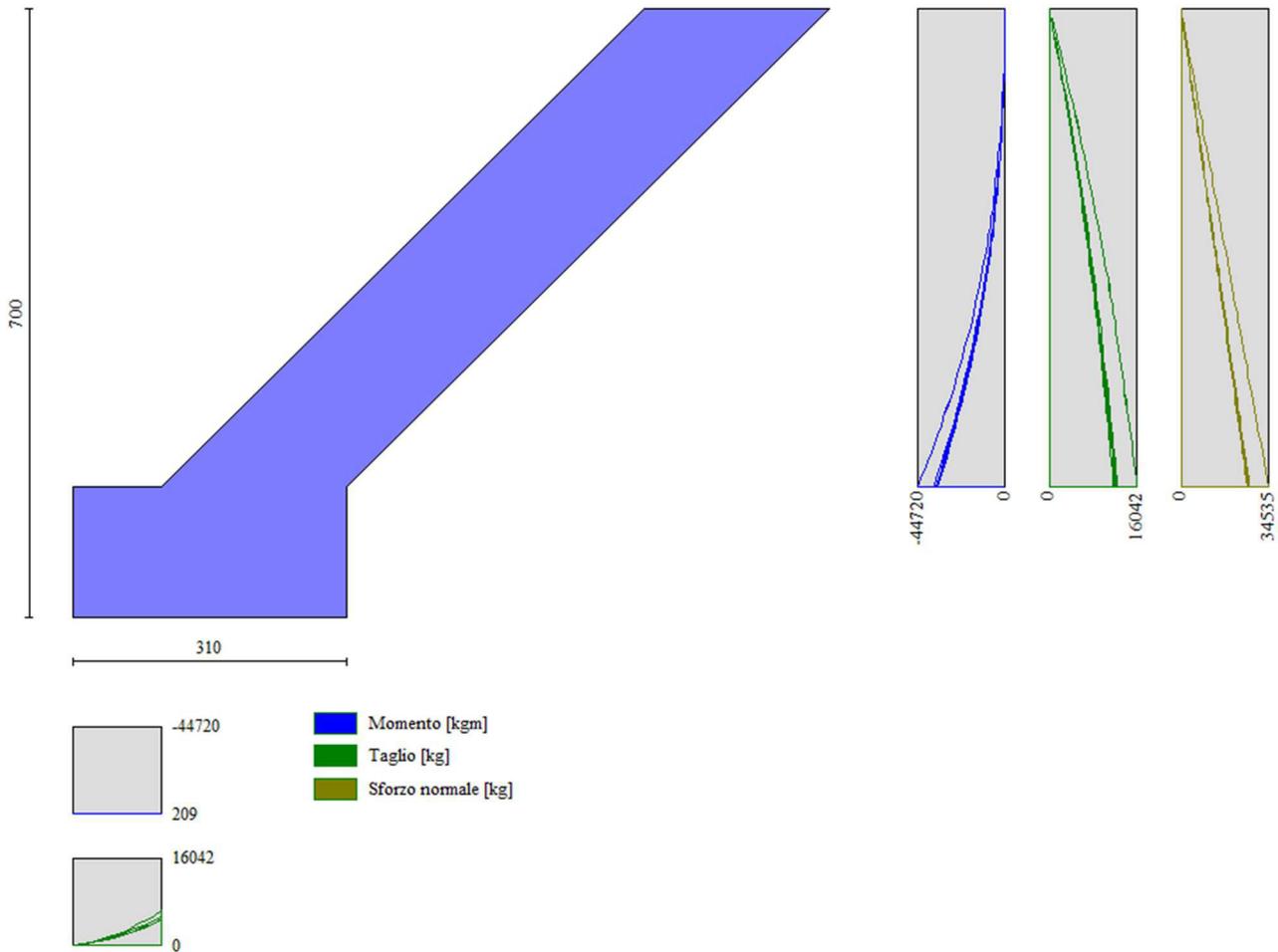


Figura 18 Involuppo sollecitazioni agenti–Momento [kgm], Taglio [kg], Sforzo normale [kg]



10.1.3 Verifiche geotecniche

Nella tabella seguente si riportano i minimi coefficienti di sicurezza delle verifiche geotecniche tenendo conto di tutte le combinazioni risultanti dal calcolo.

Tipo di verifica	Fattori di sicurezza minimi
Verifica al ribaltamento	3.97 (12)
Verifica allo scorrimento	1.43 (1)
Verifica al carico limite	4.57 (6)
Stabilità globale	1.77 (7)

Tabella 10 - Risultati delle verifiche geotecniche

I valori minimi dei fattori di sicurezza risultano maggiori di quelli prescritti dalla normativa per i muri di sostegno (NTC 2018).

11 CONCLUSIONI

Nel presente elaborato, dopo un breve inquadramento topografico, geologico e geomorfologico dell'area di intervento, sono stati illustrati i risultati delle verifiche geotecniche e strutturali dell'opera in progetto del tipo "muro di sostegno a gravità", da realizzarsi nell'ambito del progetto di ricostruzione di scogliere e sistemazione idraulica alla confluenza tra il torrente Chiusella ed il torrente Savenca, a protezione dell'abitato, della tubazione dell'acquedotto e del depuratore.

L'area di intervento ricade in **Classe IIIa**: *aree inedificate ed inedificabili, per dissesto idraulico*.

Analizzando la cartografia relativa al Piano Fasce Fluviali, l'area **RICADE** tra quelle perimetrate dal PAI come area caratterizzata da *'esondazione a pericolosità molto elevata'* come riportato di seguito in un estratto cartografico.

L'area di intervento **RICADE** tra quelle perimetrate ai sensi della Direttiva 2007/60/CE (Direttiva alluvioni) ed è caratterizzata da *pericolosità di alluvione elevata (tr.10/20) e rischio moderato*.

L'area oggetto di studio **NON ricade** tra quelle perimetrate ai sensi del R.D.L. 30 dicembre 1923, n. 3267 – L.R. n. 45/89 *"Nuove norme per gli interventi da eseguire in terreni sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici"*.

Le strutture in progetto sono state dimensionate e verificate mediante l'ausilio del programma di calcolo Max 16 di Aztec, facendo riferimento all'attuale normativa vigente, il D.M. 17/01/2018.

Dai risultati ottenuti tutte le verifiche effettuate su ciascun elemento risultano **SODDISFATTE**, dunque la corretta esecuzione delle opere in progetto garantirà la sicurezza della viabilità da essa sottesa.