STUDIO GEOLOGICO TECNICO AMBIENTALE

Dott. Geol. ANDREA VALENTE ARNALDI

Geotecnica - Geofisica - Prove geotecniche e geomeccaniche in sito e di laboratorio
Sondaggi geognostici - Palificazioni - Tiranti - Consolidamenti - Monitoraggio geotecnico e strutturale
Verifiche di stabilità di pendii e di fronti di scavo - Bonifiche movimenti franosi
Idrogeologia - Pozzi per acqua - Geotermia - Opere sotterranee (Tunnel) - Discariche - Cave - Dighe
Idrologia e Idraulica - Sistemazioni fluviali e marittime - Ingegneria naturalistica
Valutazione d'Impatto Ambientale (VIA) - Valutazione Ambientale Strategica (VAS)
Studi di Prefattibilità e Fattibilità Ambientale - Valutazione d'Incidenza Ambientale
Caratterizzazioni, bonifiche e recuperi ambientali - Consulenze ambientali - Utilizzazione terre e rocce da scavo
Pianificazione territoriale - Piani di Protezione Civile
Valutazione rischio sismico, idrogeologico e ambientale

Provincia	IMPERIA	**Comune**	MOLINI DI TRIORA
Oggetto	**Impianto idroelettrico torrente Gavano** **RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**		

Dati catastali	**Riferimenti normativi nazionali**	**Riferimenti normativi locali**
Foglio: vedasi elab. progetto Mappale: vedasi elab. progetto	D.M.LL.PP. 16.01.1996 Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003 D.M. 14.01.2008	L.R. 29/83 Piano di Bacino del torrente Argentina – Ambito di Bacino n. 4 Argenitna P.U.C.

Committenti	**Denominazione**	Spett. REMNA s.r.l.
	Indirizzo	Via Appiani 12 – 20121 Milano (MI)
	Progettista	Dott. Ing. Stefana ROSSI
	Indirizzo	Via XX Settembre 34 – 18038 Sanremo (IM)
Il Tecnico	Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI	
Codice documento	12.MOL.REMNA	

Rev.	Copie	Data	Redazione	Verifica	Approvazione	Descrizione
00	n. 5	26.09.2012	Geol. Valente Arnaldi	Geol. Valente Arnaldi	Geol. Valente Arnaldi	1° emissione
01	n. 5	30.04.2013	Geol. Valente Arnaldi	Geol. Valente Arnaldi	Geol. Valente Arnaldi	Modifica progettuale

18038 SANREMO (IM) - Via Manzoni 61 (Piazza Colombo) - Tel./Fax 0184.570051
10126 TORINO - Via Denina 3 (Giardini Reali) - Tel./Fax 011.6960115
12042 BRA (CN) - Strada San Michele 14 - Tel./Fax 0172.44016
335.6458897
E-mail : geostudiovalente@tiscali.it
www.geostudiovalente.com

INDICE

1 PREMESSA Pag. 3

2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE Pag. 5

3 PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA Pag. 5

4 CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE Pag. 5

5 CARATTERI SISMICI LOCALI Pag. 6

6 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE ED IDROLOGICHE Pag. 8

7 MODELLO GEOTECNICO Pag. 9

8 OPERE DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO Pag. 11

9 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE Pag. 14

10 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI Pag. 19

11 ALLEGATI Pag. 20

- Inquadramento topografico (scala 1:20.000)
- Documentazione fotografica (foto aerea dell'area d'indagine)
- Inquadramento geologico (estratto dalla "Carta Geologica d'Italia – foglio 258 – 271 Sanremo, scala 1:50.000)
- Estratto dalla "Carta della suscettività al dissesto dei versanti" del vigente Piano di Bacino del torrente Argentina (scala 1:10.000)
- Carta geologico – tecnica e geomorfologica (scala 1:5.000)

1. PREMESSA

La presente **relazione geologica e geotecnica a supporto di un progetto di costruzione di un impianto idroelettrico sul torrente Gavano**, da eseguirsi all'interno di un'area sita in Comune di **MOLINI DI TRIORA (IM)**, fa seguito ad un sopralluogo e ad un'indagine geologico - tecnica di superficie, eseguita in sito, su incarico conferito allo scrivente dalla **REMNA s.r.l.**

Le indagini, eseguite, estese ad un significativo intorno dell'area interessata dagli interventi, in ottemperanza al Testo Unitario - Norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14.01.2008), sono state finalizzate alla definizione delle condizioni geologiche e geomorfologiche del sito ed alle caratteristiche geotecniche dei materiali ricadenti nel volume significativo dei manufatti in progetto, verificando i possibili scenari di rischio e le problematiche esecutive, con il preciso intento di definirne le potenzialità di fruizione in relazione all'assetto territoriale, verificando le condizioni di stabilità, l'eventuale presenza di elementi morfogenici dissestivi e lo stato di fatto, traendone le opportune valutazioni sulla compatibilità degli interventi con la situazione idrogeologica, geomorfologica e litologica locale.

L'insieme dei dati sopra riportati ha come finalità quella di fornire al Progettista dell'intervento utili indicazioni sui caratteri di portanza dei termini litologici presenti in sito, nonché sulla scelta del più idoneo piano di appoggio alle strutture di nuova realizzazione ed alcune indicazioni di carattere tecnico sulle modalità d'esecuzione delle opere interagenti con il sottosuolo.

Più precisamente è stato definito un modello geologico - tecnico del volume di sottosuolo interagente con le opere da realizzare, determinando le proprietà geotecniche - geomeccaniche iniziali per i diversi litotipi e le diverse zone d'omogeneità con riferimento al volume significativo, al fine ottenere la corretta classificazione del sottosuolo.

Si è pertanto proceduto all'esecuzione di una serie di indagini di natura geologica, le risultanze delle quali sono state riportate nella ***relazione geologica***, quest'ultima finalizzata alla costruzione del ***modello geologico***; nella ***relazione geotecnica***, sulla base del modello geologico e delle indagini geotecniche eseguite in sito, seguendo i dettami della normativa vigente (Decreto Ministeriale 14.01.2008) e dello stato dell'arte, è stato poi ricostruito il locale ***modello geotecnico***.

Il sito interessato dall'intervento, posto in corrispondenza dell'incisione del torrente Gavano (affluente in destra del torrente Argentina), comprende un settore della valle di sviluppo prossimo a 2,0 km.

In particolare, l'intervento in progetto si strutturerà come di seguito descritto:

- in corrispondenza del torrente Gavano, a S della località S. Vincenzo, verrà realizzata l'opera di presa delle acque, sfruttando un salto naturale in roccia di altezza pari a 2 m circa. Da questa l'acqua intercettata passerà attraverso un canale dissabbiatore, per poi collegarsi alla condotta forzata;
- dal canale sopra citato partirà una condotta forzata, costituita da una tubazione in acciaio DN 250, posata all'interno di una trincea appositamente scavata e poi successivamente interrata pressochè per tutto il suo sviluppo, pari a circa 1.700 m. Il tracciato si svilupperà quasi esclusivamente lungo la viabilità esistente;
- al termine della condotta, a monte della confluenza del torrente Gavano nell'Argentina, verrà collocato, immediatamente a valle della sede della strada comunale, l'edificio della centrale, collegato alla rete di distribuzione della MT.

L'intervento, come rappresentato negli elaborati progettuali, comporterà l'esecuzione di significativi scavi e movimenti terra, soprattutto finalizzati alla posa della condotta forzata, per i quali andrà prevista la realizzazione di opere di sostegno provvisionali di tipo ordinario.

Come evidenziato nell'estratto della "Carta della suscettività al dissesto dei versanti" del Piano di Bacino del torrente Argentina riportato in allegato, l'area interessata dalle opere in progetto ricade interamente in Classe Pg2 – area a pericolosità media.

Il presente studio è stato sviluppato in modo tale da costituire un utile elemento di riferimento per il Progettista al fine di inquadrare le eventuali problematiche geologiche - geotecniche e per definire il programma delle eventuali ulteriori indagini sui terreni. Si elencano di seguito i contenuti principali del presente elaborato:

- Inquadramento normativo di riferimento ed esame dell'intervento nel contesto degli strumenti di pianificazione vigenti con analisi del quadro conoscitivo esistente.
- Caratteristiche generali del progetto e suo inquadramento in ambito territoriale.
- Definizione delle caratteristiche tettonico - strutturali dell'area d'intervento.
- Definizione dei lineamenti geomorfologici della zona ed analisi dei processi morfogenetici con specifico riferimento ai dissesti in atto o potenziali ed alla loro tendenza evolutiva al fine di una valutazione delle reali incidenze dell'intervento sulle condizioni di stabilità pre e post-intervento.
- Definizione della caratteristiche geologiche del sito: caratterizzazione della successione litostratigrafia del sito per un intorno areale significativo al fine di caratterizzare il "volume significativo".
- Definizione della distribuzione areale e volumetrica dei litotipi, il loro stato di fratturazione e alterazione ed un primo giudizio qualitativo sulle loro caratteristiche geomeccaniche.
- Definizione delle condizioni idrogeologiche del sito, tenendo conto dello schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea, dei livelli piezometrici dell'acquifero superficiale e delle indicazioni sulla loro escursione stagionale (misurata o stimata sulla base dei valori medi conosciuti oppure derivata da dati bibliografici o dalle carte dello strumento urbanistico vigente).
- Cenni sulle metodologie di scavo per la realizzazione delle opere in progetto.
- Valutazioni specifiche degli effetti indotti complessivamente dalle opere in progetto anche in relazione a tutti gli interventi necessari per la loro realizzazione (scavi, riporti e drenaggi).
- Definizione di "zona nota" o "zona non nota" in relazione alla stabilità complessiva struttura/opera-terreno.
- Risultanze di eventuali prove ed indagini geognostiche e geotecniche eseguite in siti limitrofi o ricavati da bibliografia, particolarmente per le "zone note".
- Considerazioni circa la stabilità delle aree interessate dagli interventi in progetto, con particolare riferimento alle operazioni di scavo previste da progetto.
- Definizione della Zona sismica d'appartenenza e della Categoria di suolo di fondazione del sito in relazione alla normativa adottata.
- Valutazioni sulle problematiche sismiche locali presenti nel sito anche in riferimento agli elementi di pericolosità sismica locali e valutazione delle condizioni predisponenti per la suscettibilità a liquefazione dei terreni nei casi previsti dalla normativa vigente.

La presente indagine è eseguita ai sensi della seguente Normativa di riferimento:

- D.M.LL.PP. 16.01.1996;
- Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003;
- D.M. 14.01.2008;
- L.R. 29/83;
- Piano di Bacino del torrente Argentina – Ambito di Bacino n. 4 Argentina;
- P.U.C.

Preliminarmente all'esecuzione dell'indagine in sito, è stata condotta una ricerca dei dati bibliografici e della cartografia tecnica disponibili riguardanti l'area in oggetto, nonché degli elaborati geologico - tecnici allegati al vigente P.U.C. ed al Piano di Bacino di riferimento.

Vengono di seguito esposte alcune note circa le caratteristiche geomorfologiche, geolitologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche dell'area d'indagine.

2. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

L'area oggetto d'indagine ricade nel territorio comunale di Molini di Triora (IM), all'interno del territorio delle Alpi Marittime. Essa è compresa nella cartografia ufficiale del Foglio n° 102 "Sanremo" dell'Istituto Geografico Militare (I.G.M.) alla scala 1:100.000.

La zona interessata dall'indagine ha come principale caratteristica, dal punto di vista **geomorfologico**, quella di formare un ambiente di tipo montano. Essa è ubicata in corrispondenza dell'incisione del torrente Gavano, affluente in destra del torrente Argentina, ed è compresa tra le quote di 450 m e 640 m circa s.l.m. In particolare, l'area in esame comprende il tratto finale della valle di Gavano, presentando uno sviluppo lineare di circa 1,7 km lungo il versante destro della valle, avente immersione media volta verso N.

3. PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

I rilievi eseguiti, nonché le informazioni storiche acquisite non hanno evidenziato il verificarsi di fenomeni dissestivi (erosione accelerata o mobilizzazione) di particolare entità riguardanti i versanti ove verranno interessate le opere previste da progetto. Si evidenzia, valutata la prossimità della zona ove verrà realizzata l'opera di presa all'alveo del torrente Gavano, che questa risulterà essere soggetta al regime idraulico del corso d'acqua, variabile in funzione degli apporti meteorici stagionali.

I diversi manufatti presenti nell'area in esame ed in un suo intorno significativo non manifestano lesioni significative. La presenza di piccole lesioni in alcuni fabbricati è, presumibilmente, attribuibile ad assestamenti strutturali degli edifici stessi.

Alla luce di quanto esposto, l'area in oggetto è da ritenersi complessivamente stabile, escludendo, al momento dell'indagine, fenomeni morfogenici dissestivi in atto o potenziali di particolare entità.

Si rappresenta che in corrispondenza di alcuni settori circoscritti, quali la zona ove verrà realizzata l'opera di presa e l'area dove verrà costruita la centrale, andranno previsti specifici interventi di sistemazione superficiale del versante, volti ad assicurare nel lungo termine la stabilità dei luoghi in oggetto.

In relazione alle potenziali problematiche legate a fenomeni di trasporto solido in corrispondenza del torrente Gavano, si evidenzia che tale corso d'acqua, nel tratto ove verrà collocata l'opera di presa e per un tratto a monte significativo, non risulta soggetto a fenomeni di importanza rilevante, in quanto in tale zona l'alveo risulta impostato prevalentemente in roccia e non si rileva in questo la presenza di importanti accumuli di depositi potenzialmente mobilizzabili. Alla luce di tali considerazioni, si rappresenta che l'intervento in progetto, con particolare riferimento all'opera di presa, non presenterà particolari problematiche in fase d'esercizio, con specifico riferimento, ma non solo, al trasporto solido.

4. CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE

Dal punto di vista **geolitologico**, in base al rilievo effettuato ed a quanto riportato sul Foglio n° 102 "Sanremo" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, nonché nella Carta Geologica D'Italia alla scala 1.50.000 – foglio 258 - 271 "Sanremo", i terreni costituenti il substrato roccioso nell'area d'intervento sono di origine marina e sono rappresentati da termini asseribili ai Flysch di Baiardo e di Ventimiglia. Entrambe le unità, benché appartenenti a differenti domini, risultano costituite da arenarie da grossolane a fini, con locali intercalazioni di livelli siltoso – arenacee e siltoso – argillose.

Il substrato roccioso, nei livelli superficiali, risulta essere interessato da un grado d'alterazione e fratturazione di tipo medio, con possibile formazione di blocchi di dimensione anche metrica generati dall'intersezione di diversi sistemi di fratturazione, quest'ultimi derivanti da fenomeni di deformazione fragile medio – recente del substrato. In generale, si rappresentano locali fenomeni di distacco di blocchi, caratterizzanti solo limitate porzioni dell'ammasso roccioso, il quale presenta mediamente un buon comportamento geomeccanico.

Relativamente alle coperture quaternarie, si evidenzia che i processi di alterazione e degradazione (azioni pedogenetiche), sui termini litoidi affioranti e sub-affioranti nell'area, danno luogo a locali coltri di copertura, a composizione prevalente argilloso - sabbiosa, di origine colluvio - eluviale (terreno vegetale), disposta in modo discontinuo lungo i versanti. Tale coltre, in alcuni settori circoscritti (così come rappresentato in cartografia), può raggiungere potenze di ordine superiore a 1 m, mentre in diverse zone dei versanti indagati risulta avere spessori molto limitati (di ordine decimetrico, se non assente).

In aggiunta alle suddette coltri, in corrispondenza del reticolo idrografico locale si segnalano locali accumuli di depositi di origine torrentizia, i quali, mediamente, presentano composizione sabbioso – ghiaiosa.

5. CARATTERI SISMICI LOCALI

Introduzione

Secondo l'Ordinanza 3274 della Presidenza del Consiglio dei Ministri, aggiornata con le comunicazioni fornite dalle Regioni, vengono individuate, nelle "norme tecniche", 4 valori di accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Ag/g). Ciascuna zona viene individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (Ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (Ag/g).

Zona	**Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [Ag/g]**	**Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [Ag/g]**
1	> 0,25	0,35
2	0,15 – 0,25	0,25
3	0,05 – 0,15	0,15
4	< 0,05	0,05

In aggiunta a quanto sopra indicato, come riportato nell'O.P.C.M. 3519/2006 "Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Liguria", sono state inserite ulteriori zone, funzione di appositi studi, così distinte:

Zona	**Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [Ag/g]**	**Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [Ag/g]**
3S	0,15 – 0,18	0,18
3A	0,10 – 0,15	0,15
3B	0,05 – 0,10	0,10

Il Comune di Molini di Triora, interessato dall'intervento in esame, ricade nella classificazione sismica dei Comuni italiani in **Zona 3S**. Tale zona corrisponde a:

Accelerazione orizz. con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [Ag/g] = 0,15 – 0,18
Accelerazione orizz. di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [Ag/g] = 0,18

Categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto, come riportato nel D.M. delle Infrastrutture 14.01.2008, punto 3.2.2 "Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche", si definiscono le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (Tabella 3.2.II - le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni superficiali, oppure alla quota di testa dei pali nel caso di fondazioni speciali):

Categoria	Descrizione
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, 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* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	*Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m,* posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s).

In aggiunta a queste categorie, se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare (Tabella 3.2.III):

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Nelle definizioni precedenti V_s 30 è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \text{ [m/s]}$$

La resistenza penetrometrica dinamica equivalente $N_{SPT,30}$ è definita dall'espressione:

$$N_{SPT,30} = \frac{\sum_{i=1,M} h_i}{\sum_{i=1,M} \frac{h_i}{N_{SPT,i}}}$$

La resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ è definita dall'espressione:

$$c_{u,30} = \frac{\sum_{i=1,K} h_i}{\sum_{i=1,K} \frac{h_i}{c_{u,i}}}$$

dove:

h_i	spessore (in metri) dell'i-esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;
$V_{S,i}$	velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
$N_{SPT,i}$	numero di colpi NSPT nell'i-esimo strato;
$c_{u,i}$	resistenza non drenata nell'i-esimo strato;
N	numero di strati compresi nei primi 30 m di profondità;
M	numero di strati di terreni a grana grossa compresi nei primi 30 m di profondità;
K	numero di strati di terreni a grana fina compresi nei primi 30 m di profondità;
h_i e V_i	indicano la potenza (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio < 10^{-6}) dello strato iesimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Le aree interessate dalle opere in progetto, in base alle caratteristiche geotecniche dei litotipi presenti in sito nonché da quanto emerso dalle indagini eseguite, rientrano all'interno della **categoria A***: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

6. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE ED IDROLOGICHE

Dal punto di vista **idrogeologico**, l'indagine eseguita non ha evidenziato, nelle aree d'intervento e nelle zone circostanti, la presenza di emergenze idriche (sorgenti) significative. Solo localmente, si segnalano zone caratterizzate da fenomeni d'imbibizione dei terreni superficiali, le quali presentano, in genere, un accentuato sviluppo di vegetazione idrofila.

L'area in oggetto rivela caratteri di permeabilità strettamente legati alla natura dei terreni presenti in sito, che evidenziano un substrato litoide caratterizzato da una bassa permeabilità primaria e da una secondaria, in presenza di livelli parzialmente alterati, degradati, fessurati e fratturati, localmente media. I depositi sciolti di copertura, distribuiti in misura discontinua, sono interessati da una permeabilità per porosità a grado medio, dando origine, talvolta, a sottili veli acquei (fortemente influenzati dalle precipitazioni meteoriche), la cui soglia sottoposta è costituita dal substrato integro e compatto. La circolazione idrica profonda è resa possibile in funzione dell'entità e della frequenza delle discontinuità strutturali e stratigrafiche presenti nell'ammasso roccioso.

Alla luce delle risultanze dei rilevamenti di terreno, si evidenzia che le operazioni di scavo previste da progetto, con particolare riferimento a quelle volte alla posa della condotta forzata, potranno intercettare in alcune zone (specie in quelle prossime alle aree di imbibizione superficiale) locali venute idriche sotterranee, al momento non quantificabili: andrà pertanto posta particolare attenzione, in fase esecutiva, nei confronti di tale problematica, predisponendo i dovuti accorgimenti tecnici per rimuovere eventuali acque ed assicurare la stabilità dei luoghi oggetto d'intervento.

Dal punto di vista **idrologico**, come già indicato in precedenza, si rappresenta che il sito d'intervento, nella zona ove verrà posta l'opera di presa, risulta essere soggetto alla dinamica idraulica del torrente Gavano: valutata la natura del manufatto in progetto (opera fluviale), nonché le caratteristiche geologiche e geomorfologiche del sito, si rappresenta che tale opera risulta

compatibile con le condizioni di pericolosità idraulica locali, non modificando in misura sensibile il deflusso delle acque superficiali e, di conseguenza, non incrementando il livello di rischio idraulico.

Sempre in merito a tali aspetti, si evidenzia che le aree interessate dalla posa della condotta forzata fuori dalla sede della strada comunale e dalla costruzione della centrale dovranno essere oggetto di apposite sistemazioni superficiali per la corretta gestione delle acque di precipitazione diretta, finalizzate ad evitare l'insorgere di potenziali fenomeni di ruscellamento e/o erosione diffusa dei terreni di copertura.

7. MODELLO GEOTECNICO

Le indagini eseguite hanno evidenziato la presenza, nella maggior parte delle aree interessate dall'intervento, del substrato roccioso pre – quaternario in affioramento o sub - affioramento, in genere caratterizzato da moderate condizioni di alterazione e fratturazione. Tali termini, caratterizzati da buone caratteristiche geotecniche, rappresenteranno il piano d'appoggio ed immorsamento delle strutture di fondazione sia dell'opera di presa che del locale della centrale, nonché di parte della condotta forzata. Quest'ultima, in alcuni settori, verrà invece realizzata all'interno dei termini incoerenti della copertura quaternaria, composta da accumuli di coltre eluvio – colluviale e depositi torrentizi.

Al fine della ricostruzione del modello geotecnico dell'area d'intervento, finalizzato a fornire tutti i dati geotecnici necessari per il progetto e le verifiche di stabilità e delle fondazioni, nonché per l'impostazione delle successive attività di monitoraggio, si riportano i parametri **geotecnici**, da verificare eventualmente in fase esecutiva, da attribuire ai terreni presenti in sito, desunti da indagini e prove svolte dallo scrivente in terreni simili in aree limitrofe e dalla letteratura, confermati da valori tabellari.

				VALORI MEDI		
Unità litologica	**Litologia**	**Tipo**	**Classificazione A.G.I.**	γ_m	φ'_m	Cu_m
				t/m³	°	**kg/cm²**
1	Substrato roccioso, passante da alterato e fratturato nei livelli superficiali a mediamente integro e compatto in profondità (valori medi validi per le diverse litologie affioranti in sito):	Coesivo	Consistente	2,2 – 2,4	35	0,5 - 1
2	Depositi di copertura (coltre eluvio – colluviale e depositi torrentizi)	Incoerente	Da poco a moderatamente addensato	1,7 – 1,9	20	0

dove:
γ_m: peso di volume;
φ'_m: angolo di attrito interno efficace;
Cu_m: coesione non drenata.

Di seguito si riportano i valori caratteristici coincidenti con i valori medi da adottare nei calcoli ove vengano previste Combinazioni contenenti M1, ai sensi del D.M. 14.01.2008.

				VALORI CARATTERISTICI		
Unità litologica	**Litologia**	**Tipo**	**Classificazione A.G.I.**	**γ_k**	**φ'_k**	**Cu_k**
				t/m³	°	**kg/cm²**
1	Substrato roccioso, passante da alterato e fratturato nei livelli superficiali a mediamente integro e compatto in profondità (valori medi validi per le diverse litologie affioranti in sito):	Coesivo	Consistente	2,2 – 2,4	35	0,75
2	Depositi di copertura (coltre eluvio – colluviale e depositi torrentizi)	Incoerente	Da poco a moderatamente addensato	1,7 – 1,9	20	0

dove:
γ_k: peso di volume;
φ'_k: angolo di attrito interno efficace;
Cu_k: coesione non drenata.

Di seguito si riportano i valori di progetto coincidenti con i valori medi da adottare nei calcoli ove vengano previste Combinazioni contenenti M2, dividendo i valori caratteristici per un coefficiente riduttivo parziale secondo quanto indicato nell'Eurocodice 7 e nel D.M. 14.01.2008 – NTC. Tali parametri sono stato ottenuti dividendo i valori caratteristici per i seguenti coefficienti di riduzione:

$\gamma_d = \gamma_k/1$;
$\varphi'_d = \varphi'_k/1,25$;
$C_d = Cu_k/1,4$.

				VALORI DI PROGETTO		
Unità litologica	**Litologia**	**Tipo**	**Classificazione A.G.I.**	**γ_d**	**φ'_d**	**Cu_d**
				t/m³	°	**kg/cm²**
1	Substrato roccioso, passante da alterato e fratturato nei livelli superficiali a mediamente integro e compatto in profondità (valori medi validi per le diverse litologie affioranti in sito):	Coesivo	Consistente	2,2 – 2,4	28	0,54
2	Depositi di copertura (coltre eluvio – colluviale e depositi torrentizi)	Incoerente	Da poco a moderatamente addensato	1,7 – 1,9	16	0

dove:
γ_d: peso di volume;
φ'_d: angolo di attrito interno efficace;
Cu_d: coesione non drenata.

8. OPERE DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO

8.1 Premessa

Una volta ottenuti i predetti valori caratteristici e di progetto da utilizzarsi nelle diverse tipologie di verifiche da parte del Progettista, tutte le opere e le componenti strutturali dovranno essere progettate, eseguite, collaudate e soggette a manutenzione in modo tale da consentirne la prevista utilizzazione in forma economicamente sostenibile e con il livello di sicurezza previsto dalla normativa vigente.

Le opere e le varie tipologie strutturali dovranno possedere i seguenti requisiti:

- sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU);
- capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone, o comportare la perdita di beni, o provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera;
- sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- robustezza nei confronti di azioni eccezionali: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescanti quali incendio, esplosioni, urti.

Il superamento di uno stato limite ultimo (SLU) ha carattere irreversibile e si definisce collasso. Il superamento di uno stato limite di esercizio (SLE) può avere carattere reversibile o irreversibile.

Il superamento di uno stato limite di esercizio (SLE) ha carattere reversibile nel caso che si esamini una situazione in cui la deformazione o il danno cessino con l'estinguersi della causa che ha determinato il superamento dello stato limite. Se, pur non avendosi il collasso, l'opera subisce lesioni tali da renderla inutilizzabile, in quest'ultimo caso siamo in presenza di danni irreversibili o di deformazioni permanenti inaccettabili. Ad esempio, nel caso di una fondazione superficiale ciò può verificarsi quando i cedimenti del terreno superano una soglia critica, provocando delle distorsioni angolari non accettabili negli elementi della sovrastruttura.

Per le opere esistenti è possibile fare riferimento a livelli di sicurezza diversi da quelli delle nuove opere ed è anche possibile considerare solo gli stati limite ultimi (SLU).

La verifica della sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) di resistenza si ottiene con il "Metodo semiprobabilistico dei Coefficienti parziali" di sicurezza tramite l'equazione:

$$Rd > Ed$$

con:

Rd = resistenza di progetto, valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali e ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate (di pertinenza del geotecnico e dello strutturista);
Ed = valore di progetto dell'effetto delle azioni, valutato in base ai valori di progetto nelle varie combinazioni di carico (di pertinenza dello strutturista).

Disponendo dei carichi indotti dalle strutture in progetto sul terreno di fondazione e delle spinte esercitate dai terreni a monte di tali manufatti in fase d'esercizio, nonché dei parametri caratteristici e di progetto forniti, dovranno essere effettuate dal Progettista le verifiche ai diversi stati limite del sistema geotecnico per le combinazioni A1+M1+R1, A2+M2+R2 e A1+M1+R3, suddivise nei 2 approcci previsti, applicando i coefficienti parziali sui parametri del D.M. 14.01.2008 indicati nelle tabelle seguenti.

PARAMETRO	COEFF. PARZIALE	
	A1	A2
Carichi permanenti	γ_G = 1,3	γ_G = 1,0
Carichi variabili	γ_Q = 1,5	γ_Q = 1,3

PARAMETRO		COEFF. PARZIALE	
		M1	M2
Angolo di attrito	tanϕ'	$\gamma_{\phi'}$ = 1,00	$\gamma_{\phi'}$ = 1,25
Coesione	c'	$\gamma_{c'}$ = 1,00	$\gamma_{c'}$ = 1,25
Resistenza non drenata	c_u	γ_{cu} = 1,00	γ_{cu} = 1,40
Peso di volume	γ	γ_γ = 1.00	γ_γ = 1.00

PARAMETRO	COEFF. PARZIALE		
	R1	R2	R3
Carico limite	γ_R = 1,0	γ_R = 1,8	γ_R = 2.3

8.2 Opere di fondazione

In base al modello geologico evidenziato ed a quello geotecnico sopradescritto, si evince come tutte le opere di fondazione previste per l'opera di presa e della centrale dovranno trasferire le azioni ai termini del substrato litoide. La condotta forzata, a seconda delle aree attraversate, verrà realizzata nei terreni della copertura o del substrato.

Non disponendo, allo stato attuale, dei valori dei carichi ed azioni indotti dai manufatti in progetto, nonché dell'esatte caratteristiche delle opere fondazionali, per le verifiche di tali opere si rimanda alla *Relazione sulle opere fondazionali* a firma del Progettista delle strutture.

Nel caso il Progettista delle verifiche delle opere fondazionali nei confronti dei diversi Stati Limite strutturali (STR) e geotecnici (GEO) utilizzi i seguenti approcci: DA1.1 - Approccio 1 - Combinazione 1: (A1+M1+R1) e DA1.2 - Approccio 2 - Combinazione 1: (A1+M1+R3) i parametri di riferimento che dovranno essere utilizzati saranno quelli *caratteristici* (γ_k,Cu_k,φ'_k). Nel caso venga invece utilizzato il seguente approccio: DA1.1 - Approccio 1 - Combinazione 2: (A2+M2+R2), i parametri da utilizzare saranno quelli di *progetto* (γ_d,Cu_d,φ'_d).

8.3 Opere di sostegno

Gli scavi previsti, come desunto dagli elaborati progettuali, saranno finalizzati al raggiungimento della quota di imposta del piano fondazionale delle opere di presa e della centrale, nonché per la posa della condotta forzata.

Alla luce delle verifiche di stabilità eseguite in contesti analoghi, le operazioni di scavo e sbancamento, specie laddove prevale la presenza dei terreni di copertura quaternaria, dovranno essere precedute dalla realizzazione di opere di contenimento temporanee (provvisionali) in modo da confinare la zona soggetta al detensionamento indotto dalle operazioni di scavo.

Alla luce dell'entità degli scavi in progetto, nonché della natura incoerente dei materiali costituenti la copertura quaternaria, le principali problematiche annesse all'intervento in progetto saranno quindi da prevedersi durante le operazioni di scavo, le quali potranno raggiungere profondità prossime a 2 m rispetto al piano di campagna.

Per la realizzazione degli scavi in progetto, alla luce delle risultanze delle indagini eseguite, sarà necessario provvedere al sostegno dei fronti di scavo con opere di sostegno provvisionali e definitive opportunamente dimensionate e calcolate da Tecnico Progettista, in modo da minimizzare gli effetti deformativi indotti dal terreno.

L'intervento di sostegno sarà rivolto al contenimento dei depositi sciolti, nonché di eventuali livelli particolarmente alterati e fratturati del substrato.

Le armature dovranno essere tali da resistere alle sollecitazioni indotte da:

- pressione del terreno;
- strutture adiacenti;
- carichi addizionali e vibrazioni (attrezzature, movimenti di mezzi d'opera, materiale di stoccaggio, etc.).

Le strutture di sostegno dovranno essere installate a diretto contatto con la facciata degli scavi e, ove necessario, dovrà essere inserito del materiale di rincalzo tra la facciata dello scavo e l'armatura, per garantire la continuità del contrasto. Le armature dovranno essere opportunamente progettate e realizzate con elementi in materiale adeguato. Se si utilizzano puntelli di acciaio disposti perpendicolarmente ai montanti o ai pannelli in legno, occorrerà sempre verificare la compatibilità del carico trasmesso dall'acciaio al legno stesso. Nella predisposizione degli elementi delle armature in legno occorrerà seguire precisi metodi per la scelta delle loro caratteristiche geometriche, nonché opportune procedure, al fine di rendere sicure le opere di contrasto.

A questo proposito si rappresenta che esistono apposite tabelle tecniche, riferite alle condizioni e al tipo di terreno nonché alla profondità e larghezza dello scavo, che forniscono le dimensioni di traverse, montanti, puntoni, pannelli in legno. La scelta del tipo di armatura da disporre nello scavo e del materiale da utilizzare da parte del Tecnico Progettista dovrà quindi tener conto sostanzialmente dalla natura del terreno, dal contesto ambientale e dal tipo di scavo da eseguire. L'armatura deve comunque rispettare sempre le seguenti tre condizioni:

- essere realizzata in modo da evitare il rischio di seppellimento; in particolare, nel terreno incoerente o poco coerente presente in sito, la procedura dovrà consentire di disporre armature parziali tali da permettere di raggiungere in sicurezza la profondità richiesta nel terreno;
- essere sufficientemente resistente da opporsi, senza deformarsi o rompersi, alla pressione esercitata dal terreno sulle pareti dello scavo;
- essere realizzata in modo da poter sopportare, senza deformarsi, anche carichi asimmetrici del terreno.

Il rispetto di queste condizioni sarà finalizzato a rendere tutti gli elementi dell'armatura (pannelli, montanti, puntoni) un modulo unitario simile ad una gabbia di sicurezza. Si dovranno comunque evitare tutte quelle procedure non sicure, allorché la pressione del terreno che si sviluppa in direzione diversa rispetto ai puntoni potrebbe provocare pericolosi franamenti.

Il comportamento dell'opera di sostegno, intesa come complesso struttura-terreno, dovrà essere esaminato tenendo conto in particolare:

- della successione e delle caratteristiche fisico - meccaniche dei terreni di fondazione,
- del profilo della superficie topografica del terreno prima e dopo l'inserimento dell'opera,
- dei manufatti circostanti,
- delle caratteristiche di resistenza e di deformabilità dell'opera,
- dei drenaggi e dispositivi per lo smaltimento delle acque superficiali e sotterranee,
- delle modalità di esecuzione dell'opera e del rinterro.

Dovrà essere verificata, inoltre, la stabilità delle opere di sostegno e del complesso opera - terreno. Le verifiche dovranno essere effettuate nelle condizioni corrispondenti alle diverse fasi costruttive ed al termine della costruzione. Dovrà inoltre essere verificata anche la stabilità del fondo nei riguardi della rottura per sollevamento.

I lavori di scavo dovranno comunque essere eseguiti in periodi di scarse precipitazioni, ponendo l'usuale attenzione per le pareti verticalizzate ove potrebbero verificarsi dei dissesti, evitando lunghe esposizioni dei fronti di scavo agli agenti atmosferici. Una certa cautela dovrà essere posta nella rimozione di eventuali blocchi rocciosi originatisi dall'intersezione di famiglie di discontinuità con piani di stratificazione.

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno - terreno dovrà essere effettuata secondo l'approccio: DA1.1 - Approccio 1 - Combinazione 2: (A2+M2+R2), utilizzando i parametri di *progetto* (γ_d,Cu_d,φ'_d).

Le rimanenti verifiche dovranno essere effettuate secondo almeno uno dei seguenti approcci: DA1.1 - Approccio 1 - Combinazione 1: (A1+M1+R1) (STRU) utilizzando i parametri di *progetto* (γ_k,Cu_k,φ'_k) e DA1.2 - Approccio 1 Combinazione 2: (A2+M2+R2) (GEO) utilizzando i parametri di *progetto* (γ_d,Cu_d,φ'_d) oppure DA1.2 - Approccio 2 - Combinazione 1: (A1+M1+R3) utilizzando i parametri di *progetto* (γ_k,Cu_k,φ'_k).

9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Alla luce delle risultanze delle indagini geologiche e geotecniche di superficie eseguite sul terreno in oggetto e sull'area ad esso circostante, all'interno di un volume significativo, riportate nella presente *Relazione Geologica e Geotecnica,* si può concludere che il sito debba ritenersi **idoneo** ad accogliere le opere in progetto nell'assoluto rispetto delle raccomandazioni geotecniche fornite.

Si attesta, pertanto, la fattibilità geologica e geotecnica dell'intervento in progetto.

Le indagini eseguite, estese ad un significativo intorno dell'area interessata dagli interventi, in ottemperanza al Testo Unitario – Norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14.01.2008), sono state finalizzate alla definizione delle condizioni geologiche e geomorfologiche del sito e alle caratteristiche geotecniche dei materiali ricadenti nel volume significativo dei manufatti, verificando i possibili scenari di rischio e le problematiche esecutive, con il preciso intento di definirne le potenzialità di fruizione in relazione all'assetto territoriale, verificando le condizioni di stabilità, l'eventuale presenza di elementi morfogenici dissestivi e lo stato di fatto, traendone le opportune valutazioni sulla compatibilità degli interventi con la situazione idrogeologica, geomorfologica e litologica locale.

Alla luce delle indagini eseguite è possibile affermare quanto segue:

- Trattandosi della realizzazione di interventi prevalentemente interrati, di poco interferenti con il locale ambiente torrentizio, si ritiene che gli effetti indotti sull'ambiente saranno limitati.
- I rilievi eseguiti, nonché le informazioni storiche acquisite non hanno evidenziato il verificarsi di fenomeni dissestivi (erosione accelerata o mobilizzazione) di particolare entità riguardanti i versanti ove verranno interessate le opere previste da progetto. Si evidenzia, valutata la prossimità della zona ove verrà realizzata l'opera di presa all'alveo del torrente Gavano, che questa risulterà essere soggetta al regime idraulico del corso d'acqua, variabile in funzione degli apporti meteorici stagionali.

  I diversi manufatti presenti nell'area in esame ed in un suo intorno significativo non manifestano lesioni significative. La presenza di piccole lesioni in alcuni fabbricati è, presumibilmente, attribuibile ad assestamenti strutturali degli edifici stessi.

  Alla luce di quanto esposto, l'area in oggetto è da ritenersi complessivamente stabile, escludendo, al momento dell'indagine, fenomeni morfogenici dissestivi in atto o potenziali di particolare entità.

  Si rappresenta che in corrispondenza di alcuni settori circoscritti, quali la zona ove verrà realizzata l'opera di presa e l'area dove verrà costruita la centrale, andranno previsti specifici interventi di sistemazione superficiale del versante, volti ad assicurare nel lungo termine la stabilità dei luoghi in oggetto.
- In relazione alle potenziali problematiche legate a fenomeni di trasporto solido in corrispondenza del torrente Gavano, si evidenzia che tale corso d'acqua, nel tratto ove verrà

collocata l'opera di presa e per un tratto a monte significativo, non risulta soggetto a fenomeni di importanza rilevante, in quanto in tale zona l'alveo risulta impostato prevalentemente in roccia e non si rileva in questo la presenza di importanti accumuli di depositi potenzialmente mobilizzabili. Alla luce di tali considerazioni, si rappresenta che l'intervento in progetto, con particolare riferimento all'opera di presa, non presenterà particolari problematiche in fase d'esercizio, con specifico riferimento, ma non solo, al trasporto solido.

- Dal punto di vista sismico il Comune di Molini di Triora, interessato dall'intervento in esame, ricade nella classificazione sismica dei Comuni italiani in Zona 3S. Tale zona corrisponde a:
  - Acc. orizz. con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [Ag/g] = 0,15 – 0,18
  - Acc. orizz. di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [Ag/g] = 0,18
- Sulla base delle risultanze delle indagini eseguite in corrispondenza del lotto in esame, i terreni interessati dagli interventi in progetto ricadono esclusivamente all'interno della Categoria A - *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
- Dal punto di vista idrogeologico, l'indagine eseguita non ha evidenziato, nelle aree d'intervento e nelle zone circostanti, la presenza di emergenze idriche (sorgenti) significative. Solo localmente, si segnalano zone caratterizzate da fenomeni d'imbibizione dei terreni superficiali, le quali presentano, in genere, un accentuato sviluppo di vegetazione idrofila.
  L'area in oggetto rivela caratteri di permeabilità strettamente legati alla natura dei terreni presenti in sito, che evidenziano un substrato litoide caratterizzato da una bassa permeabilità primaria e da una secondaria, in presenza di livelli parzialmente alterati, degradati, fessurati e fratturati, localmente media. I depositi sciolti di copertura, distribuiti in misura discontinua, sono interessati da una permeabilità per porosità a grado medio, dando origine, talvolta, a sottili veli acquei (fortemente influenzati dalle precipitazioni meteoriche), la cui soglia sottoposta è costituita dal substrato integro e compatto. La circolazione idrica profonda è resa possibile in funzione dell'entità e della frequenza delle discontinuità strutturali e stratigrafiche presenti nell'ammasso roccioso.
  Alla luce delle risultanze dei rilevamenti di terreno, si evidenzia che le operazioni di scavo previste da progetto, con particolare riferimento a quelle volte alla posa della condotta forzata, potranno intercettare in alcune zone (specie in quelle prossime alle aree di imbibizione superficiale) locali venute idriche sotterranee, al momento non quantificabili: andrà pertanto posta particolare attenzione, in fase esecutiva, nei confronti di tale problematica, predisponendo i dovuti accorgimenti tecnici per rimuovere eventuali acque ed assicurare la stabilità dei luoghi oggetto d'intervento.
- Dal punto di vista geolitologico, in base al rilievo effettuato ed a quanto riportato sul Foglio n° 102 "Sanremo" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, nonché nella Carta Geologica D'Italia alla scala 1.50.000 – foglio 258 - 271 "Sanremo", i terreni costituenti il substrato roccioso nell'area d'intervento sono di origine marina e sono rappresentati da termini asseribili ai Flysch di Baiardo e di Ventimiglia. Entrambe le unità, benché appartenenti a differenti domini, risultano costituite da arenarie da grossolane a fini, con locali intercalazioni di livelli siltoso – arenacee e siltoso – argillose.
  Il substrato roccioso, nei livelli superficiali, risulta essere interessato da un grado d'alterazione e fratturazione di tipo medio, con possibile formazione di blocchi di dimensione anche metrica generati dall'intersezione di diversi sistemi di fratturazione, quest'ultimi derivanti da fenomeni di deformazione fragile medio – recente del substrato. In generale, si rappresentano locali fenomeni di distacco di blocchi, caratterizzanti solo limitate porzioni dell'ammasso roccioso, il quale presenta mediamente un buon comportamento geomeccanico.
  Relativamente alle coperture quaternarie, si evidenzia che i processi di alterazione e degradazione (azioni pedogenetiche), sui termini litoidi affioranti e sub-affioranti nell'area, danno luogo a locali coltri di copertura, a composizione prevalente argilloso - sabbiosa, di

origine colluvio - eluviale (terreno vegetale), disposta in modo discontinuo lungo i versanti. Tale coltre, in alcuni settori circoscritti (così come rappresentato in cartografia), può raggiungere potenze di ordine superiore a 1 m, mentre in diverse zone dei versanti indagati risulta avere spessori molto limitati (di ordine decimetrico, se non assente).

In aggiunta alle suddette coltri, in corrispondenza del reticolo idrografico locale si segnalano locali accumuli di depositi di origine torrentizia, i quali, mediamente, presentano composizione sabbioso – ghiaiosa.

- Le indagini eseguite hanno evidenziato la presenza, nella maggior parte delle aree interessate dall'intervento, del substrato roccioso pre – quaternario in affioramento o sub - affioramento, in genere caratterizzato da moderate condizioni di alterazione e fratturazione. Tali termini, caratterizzati da buone caratteristiche geotecniche, rappresenteranno il piano d'appoggio ed immorsamento delle strutture di fondazione sia dell'opera di presa che del locale della centrale, nonché di parte della condotta forzata. Quest'ultima, in alcuni settori, verrà invece realizzata all'interno dei termini incoerenti della copertura quaternaria, localmente distinguibili in termini della coltre eluvio – colluviale e depositi torrentizi.
- Saranno da evitarsi accuratamente fenomeni di appoggio differenziato su materiali con caratteristiche geotecniche non similari. In sede esecutiva dovrà comunque essere attentamente verificata la persistenza, su tutta l'area d'intervento, della situazione geologico - tecnica descritta nella presente relazione, con verifica dell'omogeneità del piano di fondazione.
- Non disponendo, allo stato attuale, dei valori dei carichi ed azioni indotti dai manufatti in progetto, nonché dell'esatte caratteristiche delle opere fondazionali, per le verifiche di tali opere si rimanda alla *Relazione sulle opere fondazionali* a firma del Progettista delle strutture.
  Nel caso il Progettista delle verifiche delle opere fondazionali nei confronti dei diversi Stati Limite strutturali (STR) e geotecnici (GEO) utilizzi i seguenti approcci: DA1.1 - Approccio 1 - Combinazione 1: (A1+M1+R1) e DA1.2 - Approccio 2 - Combinazione 1: (A1+M1+R3) i parametri di riferimento che dovranno essere utilizzati saranno quelli *caratteristici* (γ_k,Cu_k,φ'_k). Nel caso venga invece utilizzato il seguente approccio: DA1.1 - Approccio 1 - Combinazione 2: (A2+M2+R2), i parametri da utilizzare saranno quelli di *progetto* (γ_d,Cu_d,φ'_d).
- Alla luce delle verifiche di stabilità eseguite in contesti analoghi, le operazioni di scavo e sbancamento, specie laddove prevale la presenza dei terreni di copertura quaternaria, dovranno essere precedute dalla realizzazione di opere di contenimento temporanee (provvisionali) in modo da confinare la zona soggetta al detensionamento indotto dalle operazioni di scavo. Alla luce dell'entità degli scavi in progetto, nonché della natura incoerente dei materiali costituenti la copertura quaternaria, le principali problematiche annesse all'intervento in progetto saranno quindi da prevedersi durante le operazioni di scavo, le quali potranno raggiungere profondità prossime a 2 m rispetto al piano di campagna.
- Per la realizzazione degli scavi in progetto, alla luce delle risultanze delle indagini eseguite, sarà necessario provvedere al sostegno dei fronti di scavo con opere di sostegno provvisionali e definitive opportunamente dimensionate e calcolate da Tecnico Progettista. Il corretto dimensionamento e la regolare esecuzione di tali opere permetterà di conferire al sito in oggetto un adeguato grado di stabilità, nel rispetto delle norme tecniche di settore.
- Si dovrà procedere con tutte le cautele necessarie atte a prevenire ed evitare scoscendimenti e dissesti, nel rispetto delle norme in materia.
- I lavori di scavo dovranno essere eseguiti a campioni di ridotte dimensioni ed in periodi di scarse precipitazioni, ponendo l'usuale attenzione per le pareti verticalizzate, specie se in coltre, ove potrebbero verificarsi dei dissesti, evitando lunghe esposizioni dei fronti di scavo agli agenti atmosferici.
- Dal punto di vista idrologico, come già indicato in precedenza, si rappresenta che il sito d'intervento, nella zona ove verrà posta l'opera di presa, risulta essere soggetto alla dinamica

idraulica del torrente Gavano: valutata la natura del manufatto in progetto (opera fluviale), nonché le caratteristiche geologiche e geomorfologiche del sito, si rappresenta che tale opera risulta compatibile con le condizioni di pericolosità idraulica locali, non modificando in misura sensibile il deflusso delle acque superficiali e, di conseguenza, non incrementando il livello di rischio idraulico.

Sempre in merito a tali aspetti, si evidenzia che le aree interessate dalla posa della condotta forzata fuori dalla sede della strada comunale e dalla costruzione della centrale dovranno essere oggetto di apposite sistemazioni superficiali per la corretta gestione delle acque di precipitazione diretta, finalizzate ad evitare l'insorgere di potenziali fenomeni di ruscellamento e/o erosione diffusa dei terreni di copertura.

Stante quanto indicato in precedenza, si riportano alcune prescrizioni da seguire obbligatoriamente in fase di progettazione esecutiva e di realizzazione dei lavori, al fine di garantire la sicurezza e la stabilità dei luoghi e delle opere in oggetto.

In fase di progettazione esecutiva si dovrà scrupolosamente rispettare quanto segue:

- Il Tecnico incaricato dovrà avvalersi della collaborazione del Geologo, al fine di definire la corretta soluzione esecutiva delle opere, con attenta valutazione dell'interazione delle stesse con il terreno e della stabilità dell'area in esame e del suo intorno, alla luce degli interventi in oggetto.
- Il Tecnico incaricato dovrà avvalersi della collaborazione del Geologo, al fine di valutare l'eventuale necessità di eseguire indagini e/o prove geotecniche in funzione delle soluzioni esecutive previste.
- Il Tecnico incaricato, con il supporto del Geologo, dovrà dimensionare, in modo cautelativo, tutte le opere controterra, sia di tipo provvisionale che definitivo, al fine che le stesse siano in grado di opporsi e contrastare adeguatamente la spinta del terreno; andrà quindi verificata la buona stabilità di tali opere, sia in fase esecutiva che a lavori ultimati, anche valutando l'effetto di possibili apporti idrici (superficiali e/o sub – superficiali, puntuali e/o diffusi) e, se necessario, in prospettiva sismica.
- Il Tecnico incaricato dovrà definire le opere di intercettazione, raccolta e smaltimento di tutti i possibili apporti idrici nell'area di cantiere ed in quella di sua influenza, garantendone il corretto recapito in idoneo ricettore.

In fase esecutiva si dovrà scrupolosamente rispettare quanto segue:

- Andrà prevista la figura del Geologo coadiutore del Direttore Lavori, al fine di:
  - valutare eventuali problematiche di carattere geologico - tecnico ed idrogeologico emerse, non previste in fase progettuale, fornendone le adeguate soluzioni tecniche;
  - supportare la D.L. circa possibili varianti resesi necessarie in corso d'opera;
  - valutare la corretta esecuzione di tutte le attività coinvolgenti la componente geologica l. s.;
  - Effettuare un'attenta analisi visiva dei terreni di fondazione per accertare la presenza di eventuali disomogeneità di questi e, se rilevate, fornire adeguate soluzioni esecutive atte a garantire il buon esito dell'intervento in oggetto.
- Evitare fenomeni di appoggio differenziato delle strutture di fondazione su porzioni del sottosuolo a diverso grado d'addensamento e consolidamento, il tutto al fine di evitare cedimenti o dissesti.
- Ogni fronte aperto dovrà essere adeguatamente contrastato e sostenuto dalle necessarie opere controterra, sia di tipo provvisionale che definitivo, al fine di garantire la sicurezza in fase esecutiva ed a lavori ultimati dell'area d'intervento e di un suo congruo intorno. Nel caso si verifichino situazioni di disomogeneità, sarà necessario procedere a sistemazioni differenziate.
- Andranno evitate lunghe esposizioni dei fronti aperti agli agenti atmosferici.

- I riporti, temporanei e/o definitivi, dovranno essere stabilizzati, anche con gli opportuni interventi, in considerazione dell'angolo di natural declivio delle terre, al fine di garantire la sicurezza in fase esecutiva ed a lavori ultimati.
- I riporti, temporanei e/o definitivi, andranno depositati in aree la cui stabilità, puntuale e del loro intorno, sia stata oggetto di attenta verifica in fase esecutiva, al fine di garantire la sicurezza dei luoghi nel tempo.
- Dovranno essere realizzate tutte le opere di intercettazione, raccolta e smaltimento di tutti i possibili apporti idrici nell'area di cantiere ed in quella di sua influenza, garantendone il corretto recapito in idoneo ricettore, al fine di evitare ogni possibile problematica dissestiva.
- Osservare attentamente, da parte dell'Impresa esecutrice, sotto il controllo del Responsabile della sicurezza e della D.L., l'assoluto rispetto delle norme in materia di sicurezza nei cantieri.
- Andranno posti in essere tutti gli interventi, gli accorgimenti e le cautele atte a garantire la sicurezza dei luoghi.

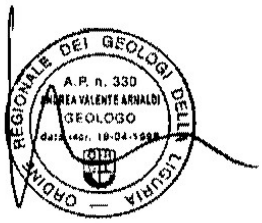
Si rappresenta che, realizzato l'intervento in oggetto, dovrà essere redatta un'apposita relazione geologico e geotecnica di fine lavori, che attesti:

- Il rispetto delle prescrizioni geologiche l.s., con particolare riferimento a quelle fornite in fase esecutiva.
- L'assenza di problematiche morfogeniche dissestive, idrogeologiche e geotecniche evidenziatesi a seguito dell'intervento in oggetto.
- La necessità di eventuali varianti progettuali con implicazioni geologiche l.s. emerse in corso d'opera.

La presente relazione costituisce adempimento alle Norme Tecniche di cui al D.M. 14.01.2008.

Sanremo, 30 Aprile 2013

Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI



10. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Cestari F. (1990) “Prove geotecniche in sito" Ed. Geo-Graph snc. Segrate (MI).
- Cortesogno L., Dallagiovanna G., Di Giulio A., Gaggero L., Galbiati B., Geddo G., Laureti L.,
- Lualdi A., Peloso G., Poluzzi M., Santi G., Seno S., Vanossi M., Verzellati F. (1990) “Guide Geologiche Regionali – Alpi Liguri” Società Geologica Italiana – Roma.
- D. Ministero LL.PP. "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate (...)" Suppl. Ord. alla Gazzetta Ufficiale n. 4 del 1.06.1988.
- D. Ministero Infrastrutture e Trasporti 14.09.2005 “Testo Unitario delle Norme Tecniche per le costruzioni” Suppl. Ord. n. 159 alla Gazzetta Ufficiale n. 222 del 23.09.2005.
- EN 1998-1 (rev. 2003) “Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance” CEN/TC250/SC-8.
- Lupini J.F., Skinner A.E., Vaughan P.R. (1981) “The Drained Residual Strength of Cohesive Soils” Geotechnique 31, n. 2, pp 181-213.
- Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 – “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zone sismiche”.
- Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 "Criteri generali da utilizzare per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" Gazzetta Ufficiale n. 108 del 11.05.2006.
- Provincia di Imperia “Piano di Bacino del torrente Armea e rio Fonti”.
- P.R.G.C.
- Decreto Ministeriale 14.01.2008 “Norme tecniche per le costruzioni”.

11. ALLEGATI

INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

scala 1:20.000

N



LEGENDA

Ubicazione area d'intervento

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
(Foto aerea dell'area d'intervento)

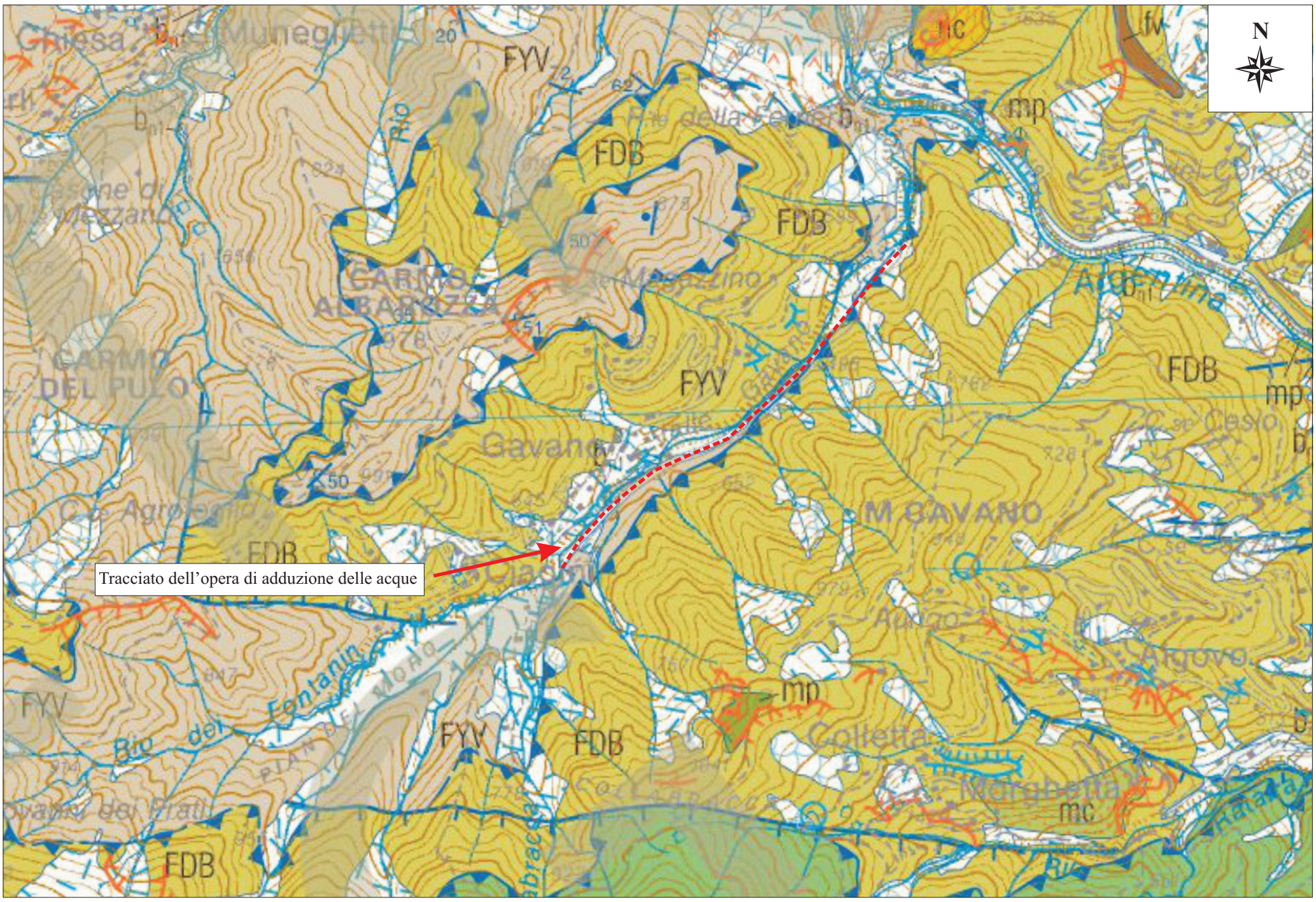
N



LEGENDA

Ubicazione area d'intervento

INQUADRAMENTO GEOLOGICO
(estratto dalla "Carta Geologica d'Italia" - Foglio 258 - 271 Sanremo, scala 1:50.000)



LEGENDA

UNITA' TETTONICA BAIARDO - TRIORA

FLYSCH DI BAIARDO

FDB

Arenarie fini con intercalazioni siltoso arenacee e siltoso argillose inglobanti microbrecce e brecce. Sono presenti, immersi in una matrice siltoso-arenacea, olistoliti di dimensioni variabili, da decimetriche a decametriche, che si possono presentare sotto forma di depositi caotici e di scaglie tettoniche. Essi sono costituiti da elementi sia dell'Unità San Remo-Monte Saccarello, sia dalle sequenze eoceniche del Dominio Delfinese-Provenzale e del Dominio Brianzonese.

PRIABONIANO INF.

COPERTURE DELFINESI PROVENZALI

FLYSCH DI VENTIMIGLIA

FYV

FYV_1

Arenarie grossolane granoclassate e arenarie fini in banchi e strati con intercalazioni siltoso arenacee e siltoso argillose. Sono inoltre presenti livelli argilloso-marnosi a luoghi calcareo-marnosi;

banchi marnoso-argillitici (FYV_1: membro "Molini di Triora")

BARTONIANO SUP. - PRIABONIANO INF. (Intervallo NP17 - NP20 - associazione a Cribrocentrum reticulatum, Cyclicargolithus floridanus, Dictyococcites bisectus, Ericsonia formosa, Zyghrablithus bijugatus)

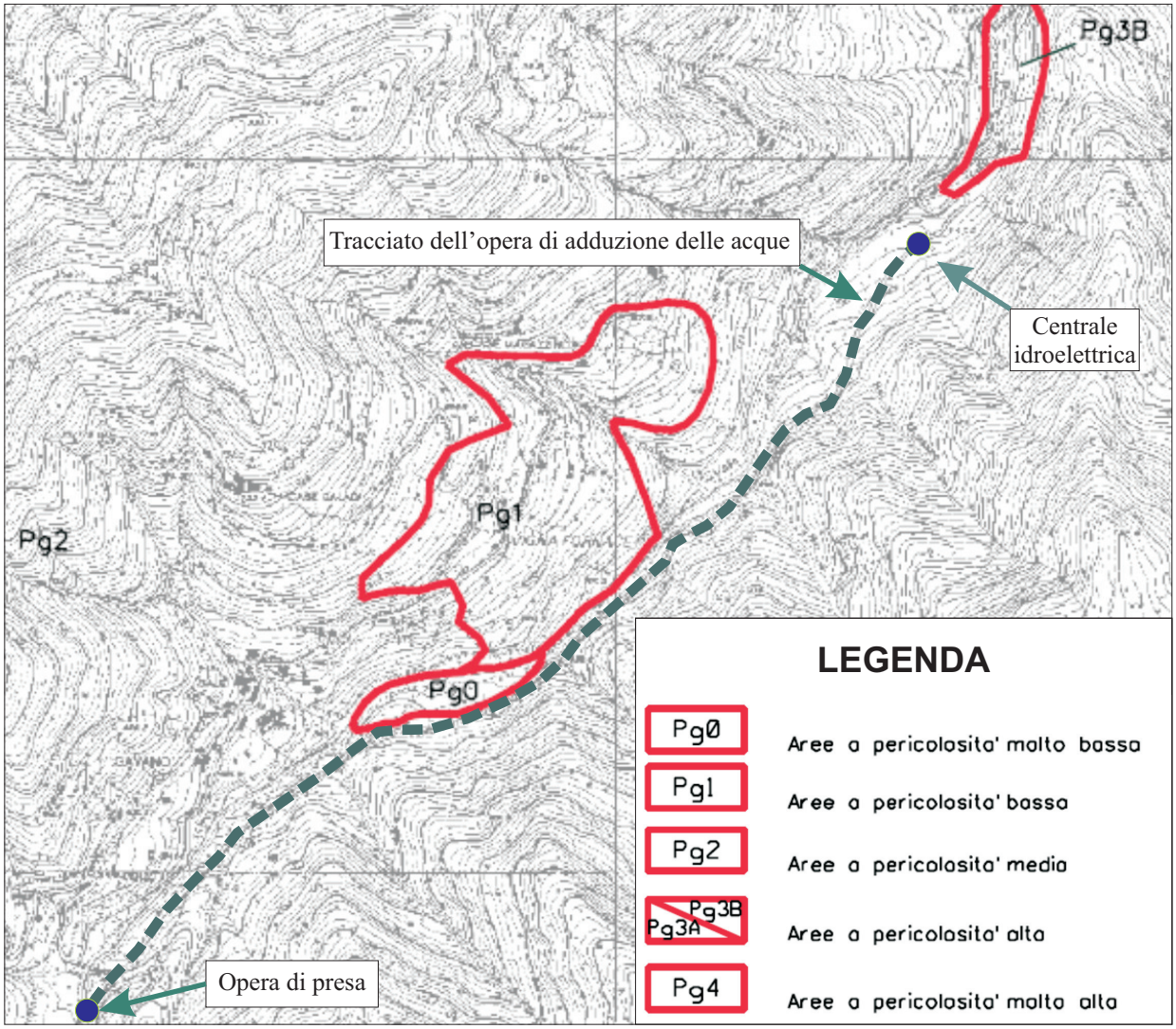
sovrascorrimento

faglia diretta

ESTRATTO DALLA “CARTA DELLA SUSCETTIVITA’ AL DISSESTO DEI VERSANTI” DEL VIGENTE PIANO DI BACINO DEL TORRENTE ARGENTINA

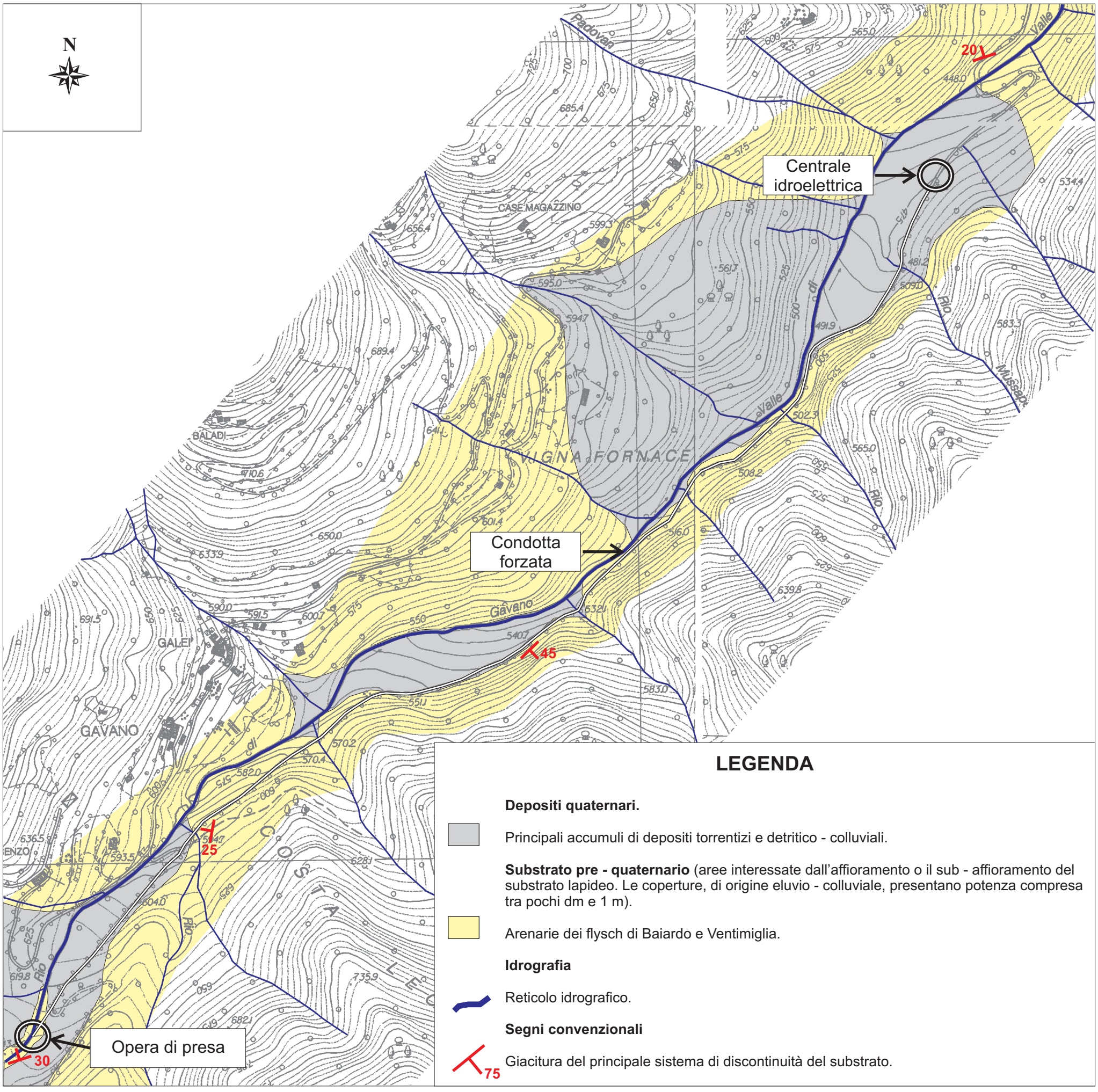
Scala 1:10.000

N



CARTA GEOLOGICO - TECNICA E GEOMORFOLOGICA

Scala 1:5.000



LEGENDA

Depositi quaternari.

Principali accumuli di depositi torrentizi e detritico - colluviali.

Substrato pre - quaternario (aree interessate dall'affioramento o il sub - affioramento del substrato lapideo. Le coperture, di origine eluvio - colluviale, presentano potenza compresa tra pochi dm e 1 m).

Arenarie dei flysch di Baiardo e Ventimiglia.

Idrografia

Reticolo idrografico.

Segni convenzionali

Giacitura del principale sistema di discontinuità del substrato.