

**CONSORZIO DI BONIFICA DELLA  
BARAGGIA BIELLESE E VERCELLESE**

**RIFACIMENTO INVASO SUL TORRENTE SESSERA IN SOSTITUZIONE  
DELL'ESISTENTE PER IL SUPERAMENTO DELLE CRISI  
IDRICHE RICORRENTI, IL MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA IDRICA  
DEGLI INVASI ESISTENTI SUI TORRENTI RAVASANELLA ED OSTOLA,  
LA VALORIZZAZIONE AMBIENTALE DEL COMPENSORIO**

DATA PROGETTO

APRILE 2010

AGGIORNAMENTO  
PROGETTO

ATTIVITÀ DI PROGETTAZIONE



(dott. ing. Domenico Castelli)

*CONDOTTA PRIMARIA ED UTILIZZAZIONE  
IDROELETTRICA*

**STUDIO GEOLOGICO CONDOTTA  
RELAZIONE GEOLOGICA**

ELABORATO N.

RC5.1

ATTIVITÀ SPECIALISTICA

**Dr.Geol. Roberto LESCA**  
Via Moro 22 - Caresanablot (VC)  
Tel/fax 0161.235238

--

**Dr.Geol. Fabio LAMANNA**  
Via Envie 1 - Torino  
Tel/fax 011.19715842

**PROGETTO DEFINITIVO**

PRATICA N°10131D

ARCH. N° IB080

MODIFICHE  
AGGIORNAMENTI

Aggiornamento

Data

CONTROLLO

Firma

OPERATORE

RL

CONTROLLO

RL

APPROVAZIONE

DC

## PREMESSA

La presente relazione concerne il progetto *"RIFACIMENTO INVASO SUL TORRENTE SESSERA IN SOSTITUZIONE DELL'ESISTENTE PER IL SUPERAMENTO DELLE CRISI IDRICHE RICORRENTI, IL MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA IDRICA DEGLI INVASI ESISTENTI SUI TORRENTI RAVASANELLA ED OSTOLA, LA VALORIZZAZIONE AMBIENTALE DEL COMPRESORIO"*.

Lo studio, in particolare, concerne gli aspetti geologici e geologico-applicativi relativi alla posa di una condotta in acciaio  $\varnothing = 1.600$  mm., da collocarsi tra lo sbocco della galleria in progetto in località Masseranga e la diga sul T.te Ravasanella.

Trattandosi di un'opera agente sul territorio in modo modesto dal punto di vista areale, ma con significativo sviluppo longitudinale, è stata prodotta una cartografia geologica relativa ad una fascia di ampiezza ritenuta adeguata in asse alla condotta, riportante una qualificazione delle litologie interessate, con un'indicazione delle metodologie da utilizzarsi in scavo ed una stima delle percentuali di utilizzo degli approcci tecnologici (essenzialmente, scavo con escavatore a benna rovescia, con martello idraulico con utilizzo di esplosivi o malte reoplastiche autoespandenti). Quanto sopra esposto trova affinamento sui profili longitudinali della condotta, alle scale di 1:1.000/500.

# 1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'assetto geologico dell'area studiata è desumibile dall'esame della cartografia geologica ufficiale, nella fattispecie rappresentata dai fogli 30 Varallo (vecchia ed., cfr. Figura 1) e 43 Biella (edizione più recente, cfr. Figura 2) della carta Geologica d'Italia in scala 1/100.000 e dal foglio 1 del nuovo Modello Strutturale d'Italia<sup>1</sup> in scala 1/500.000 (Figura 4).

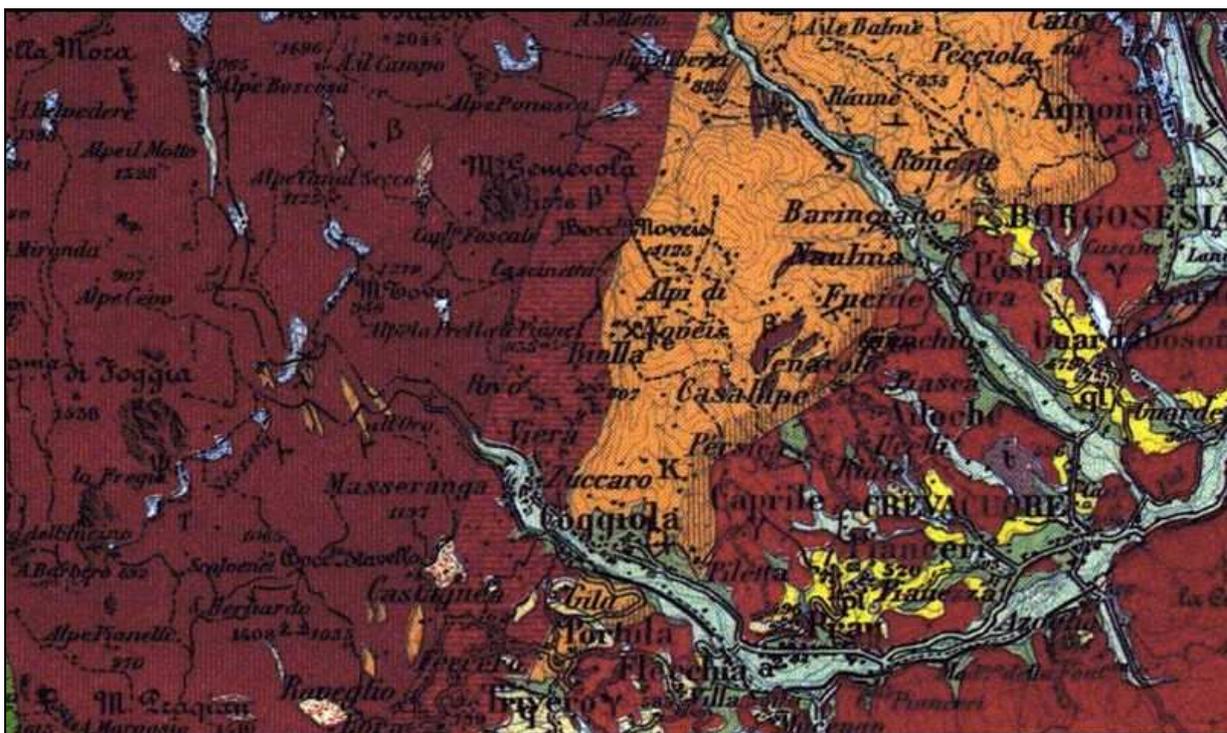


Figura 1 – Stralcio del Foglio “Varallo” della C.G.I. (vecchia ed.)

La Valle del Sessera si snoda con un decorso medio NW-SE, a tratti molto irregolare, attraversando in successione da SE verso NW sia il Dominio Sudalpino che la pila di falde del Dominio Alpino (cfr. “Schema tettonico-strutturale”, cfr. Figura 3).

I due grandi domini sono separati da un lineamento tettonico a scala regionale denominato genericamente “Linea Insubrica”, comprendente in realtà una fascia di fratturazione a livello crostale profondo che nel settore in esame prende il nome di “Linea del Canavese”.

---

<sup>1</sup> C.N.R., Progetto finalizzato geodinamica, Sottoprogetto: MODELLO STRUTTURALE TRIDIMENSIONALE, scala 1/500.000 (S.E.L.C.A. Firenze, 1990)

Questo grande complesso di faglie si accompagna ad un'intensa fratturazione superficiale e laminazione tettonica delle rocce, fortemente condizionante le caratteristiche geomorfologiche del territorio.

A monte di questa fascia, sviluppata in direzione NE-SW, la valle penetra nella pila della falde a vergenza europea che nella fattispecie è rappresentata dal suo elemento tettonostratigraficamente inferiore, la Zona Sesia-Lanzo (Australpino).

A valle, invece, compare il vasto corpo basico principale della Zona Ivrea-Verbanò e le sequenze basamento - copertura del Dominio Sudalpino, entro le quali si sviluppa il tracciato di progetto delle condotte.

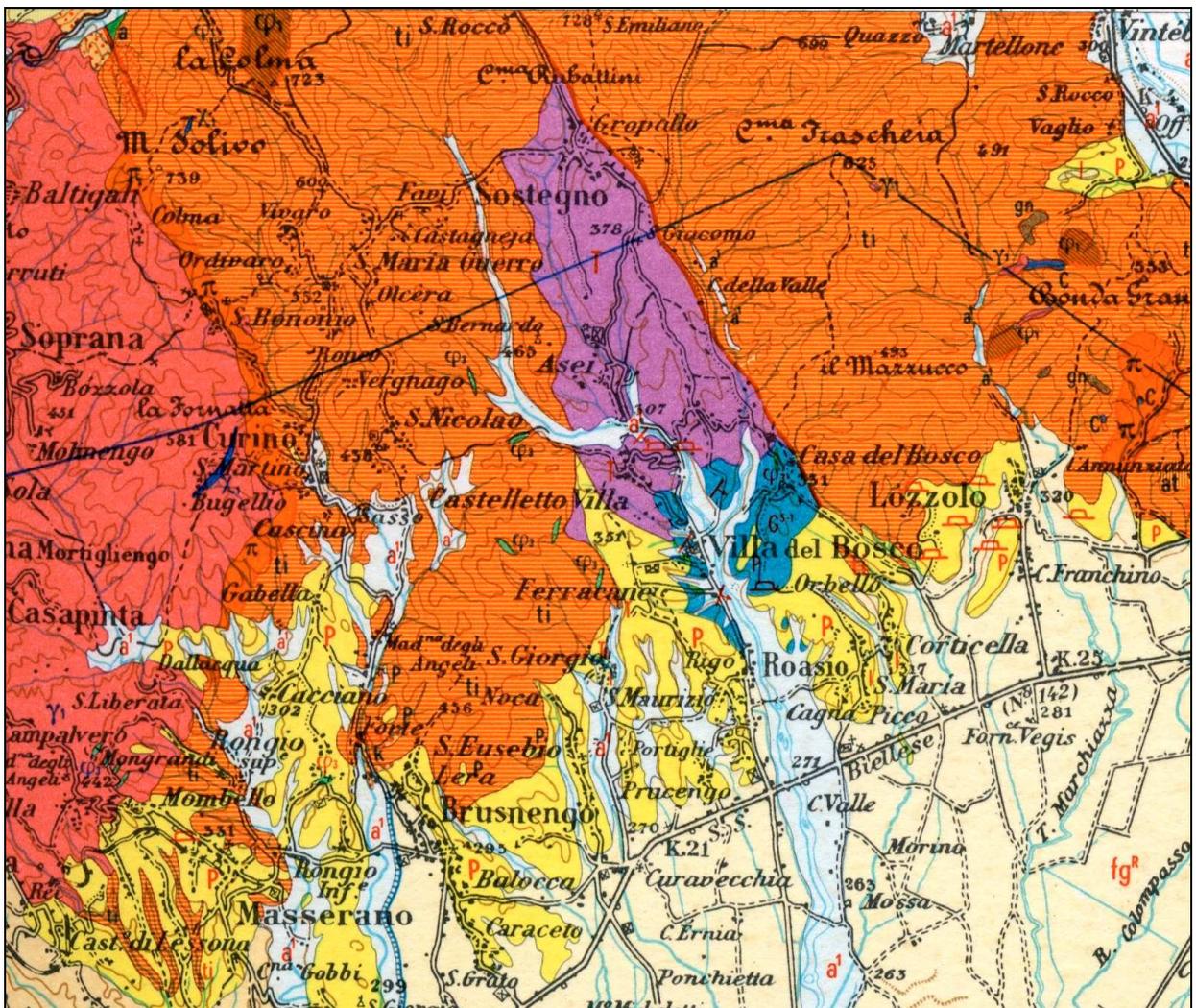
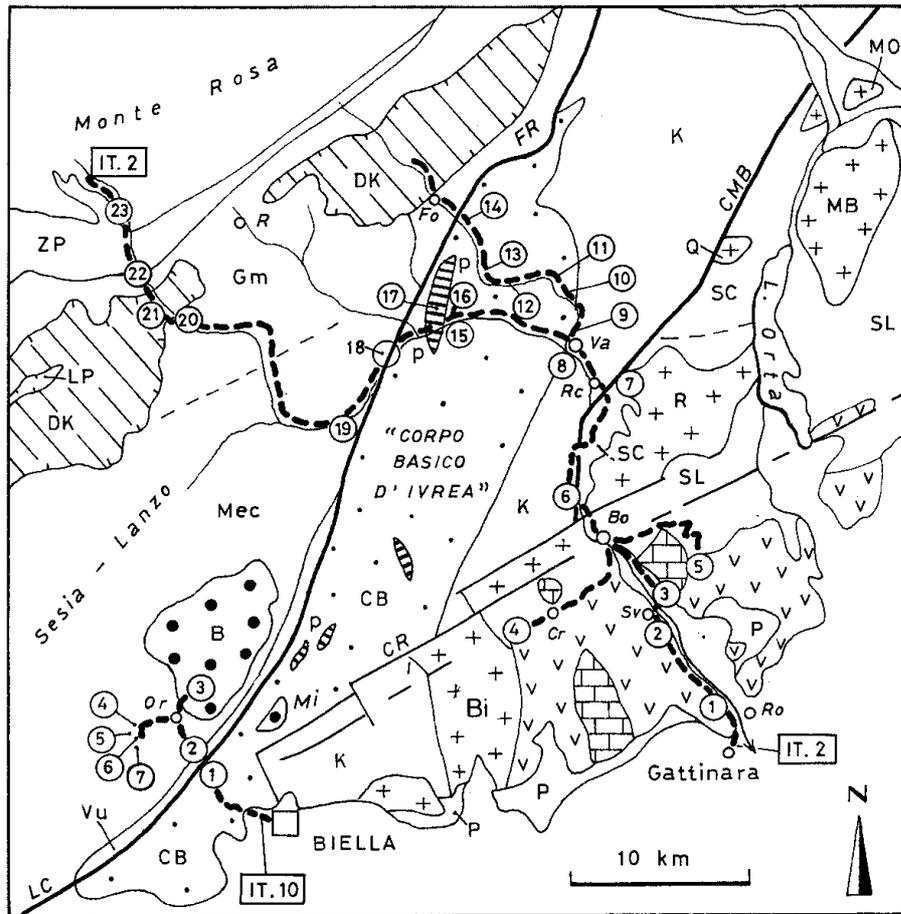


Figura 2 – Stralcio del Foglio "Biella" della C.G.I.



Tracciato degli itinerari 2 (Valsesia: 23 soste) e 10 (Biella-Oropa-M. Mucrone: 7 soste). (1) Alpi Meridionali: 1a) Serie dei Laghi: depositi pliocenici (P), coperture triassico-liassiche, vulcaniti permiane (v) e basamento metamorfico (SL), intruso dai graniti dei Laghi (Bi: Biellese; R: Rocca Pietra; Q: Quarna; MB: Mottarone-Baveno; MO: Montorfano); zona Strona-Ceneri (SC); 1b) Zona Ivrea-Verbanò: complesso kinzigitico (k), corpo basico (CB) e peridotiti di mantello (p). (2) Zona Sesia-Lanzo: elemento inferiore (Mec: complesso dei micascisti eclogitici; Gm: gneiss minuti) e superiore (DK: 2a Zona diorito-kinzigitica; LP: lembo eclogitico di Punta Plaia); Scisti di Fobello e Rimella (FR); magmatismo oligocenico: vulcaniti (vu) e plutoni di Biella (B) e Miagliano (Mi). (3) Zona Piemontese dei calcescisti con pietre verdi (ZP). LC: linea del Canavese; CR: Linea della Cremonina, trascorrente; CMB: linea Cossat-Mergozzo-Brissago. Località: Bo: Borgosesia, Cr: Crevacuore, Fo: Fobello, Or: Oropa, R: Rima S. Giuseppe, Rc: Rocca Pietra, Ro: Romagnano, Sv: Serravalle, Va: Varallo.

**Figura 3** – Schema tettonico-strutturale della Valsesia (tratto da “Guide Geologiche Regionali – Le Alpi dal M: Bianco al Lago Maggiore”, S.G.I. – 1992)

**LATE AND POST-OROGENIC DEPOSITS AND MAGMATIC ROCKS**

- 6 Periadriatic calcalkaline postcollisional magmatic belt: unconformable volcanoclastic cover (a), andesite to shoshonite and minor K-lamprophyre (b) dykes, mainly *Oligocene*
- 7 Periadriatic Traversella, Biella, Bergell, Adamello, Vedrette di Ries plutons and minor bodies: granitoid gabbroite, gabbroite-tonalite (b), tonalite (c) and quartzofenite-monzonite (d), mainly *Oligocene*

**Alpine Units**

**CANAVESE SYSTEM**

Paleoalpine ophiolite-lacking cover and basement slices strongly deformed between the exhumed Austroalpine system and the Southern Alps. Weak early-Alpine anchizone to greenschist metamorphism.

- 8 Sedimentary cover with Lower Austroalpine affinity (a), *Lower Cretaceous-Triassic*; rhyolites (b) and metalelastic deposits (c), *Permian*
- 9 Basement rocks: high-grade to retrogressed paragneisses and metabasites (a), *pre-Westphalian*; deformed granites (b), *Upper Paleozoic*; upper-mantle serpentinized peridotite slices (c)

**Austroalpine system of the Western Alps**

Dent Blanche and Sesia-Lanzo composite nappe-system of paleoalpine provenance. Early-Alpine and Lepontine tectonometamorphic events.

**VALPELLINE AND 2nd DIORITE-KINZIGITE UPPER UNITS**

- 10 Rootless sheets of granulite to amphibolite facies lower continental crust, locally overprinted by early-Alpine and Lepontine metamorphic assemblages

**LOWER UNITS**

- 11 Adherent to detached sedimentary cover (a), *Middle Jurassic-Triassic*; Arolla-Chiessè Mirinù basement complex, mainly greenschist orthogneisses from late-Hercynian granulites (b); layered gabbros (248 myf) (c); Fobello-Rimolla mylonitic schists (d)
- 12 Eclogite-Micaschists complex: early-Alpine eclogite para- and orthoschists derived from HT paragneisses and late-Hercynian granulites (a); associated metagabbros (b) and marbles (c); main orthogneiss bodies (d)

**Southern Alpine Units**

**CLASTIC DEPOSITS, SEDIMENTARY AND MAGMATIC ROCKS pre-dating the Messinian-Pleistocene tectonic events (eastern sector) or Tortonian tectonic event (western and central sectors) and post-dating the upper Cretaceous and/or Eocene tectonic phases**

**HERCYNIAN AND PRE-HERCYNIAN BASEMENT**

Lower continental crust and upper mantle (Ivrea-Verbania Zone), *Paleozoic-Upper Proterozoic*

- 108 Layered gabbro body; diorites (a), cumulus gabbros (b) and peridotites (c)
- 109 Granulite to amphibolite facies rocks: metapelites (a), metabasites (b), marbles (c), mantle peridotite slices (d)

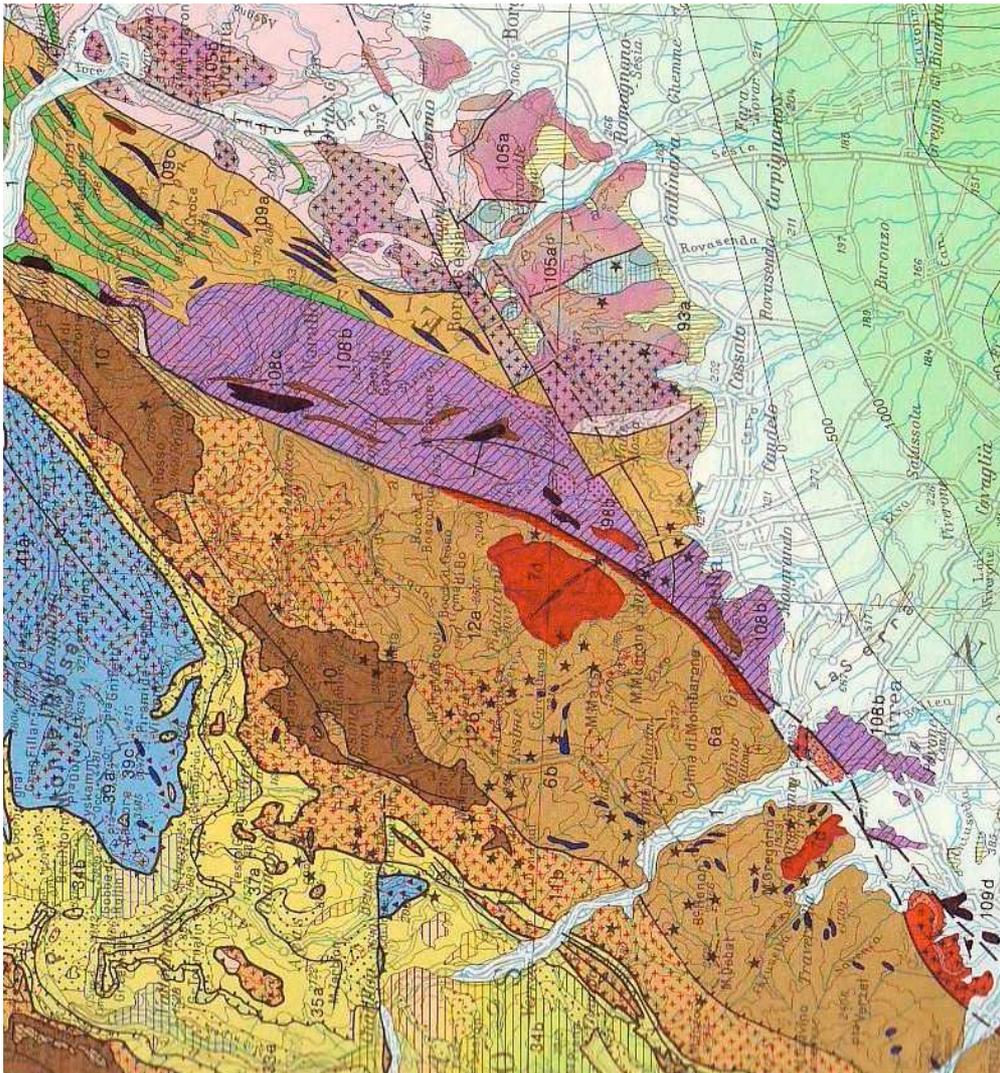


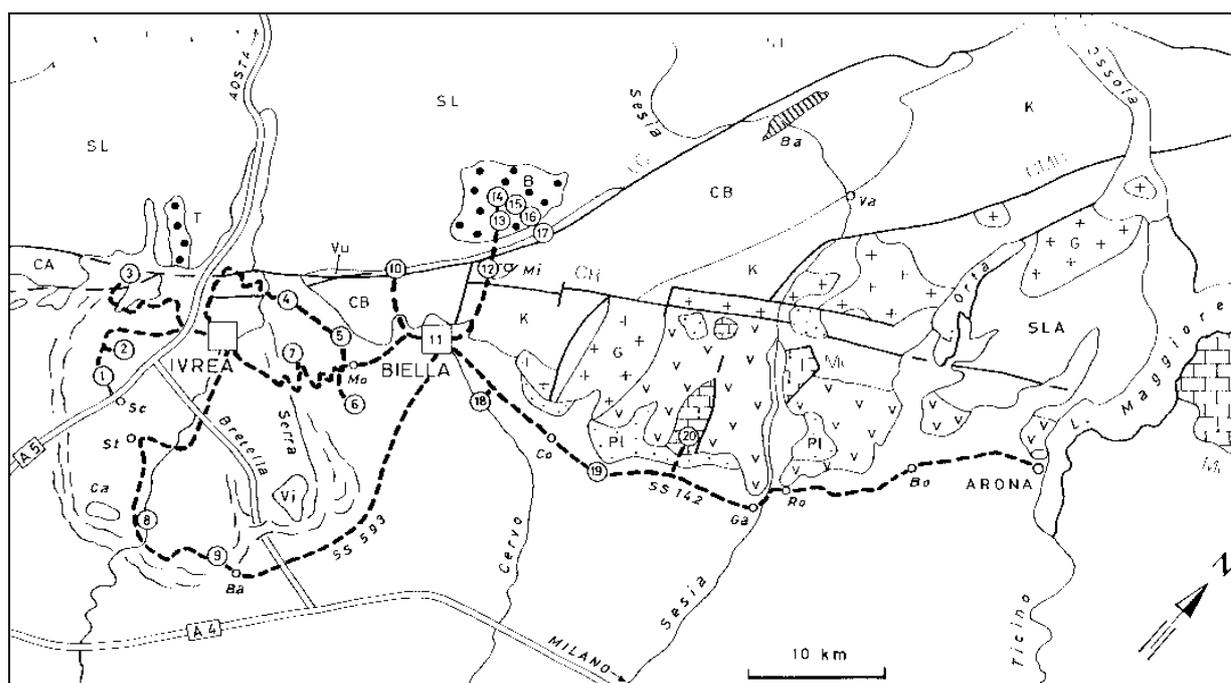
Figura 4 – Nuovo modello strutturale d'Italia (stralcio)

## 1.1. La linea del Canavese

Entro l'area esaminata, un marcato elemento tettonico di età alpina (Linea del Canavese) separa, con limite netto e morfologicamente evidente, il basamento eclogitico della Zona Sesia-Lanzo (Domino Alpino), sopra descritta, dalle rocce basiche della Zona Ivrea-Verbano (Dominio Sudalpino).

Il tratto biellese di questo lineamento, che si estende dal Canavese sino alle Alpi Orientali (denominata generalmente Linea Insubrica), è fiancheggiato sul lato esterno (NW) da un caratteristico lembo di depositi vulcano-sedimentari di età oligocenica. Riferito da vari autori alla Zona del Canavese s.l., esso costituisce di fatto la copertura del margine interno della Zona Sesia-Lanzo (Carraro, 1966).

Il lembo ha un larghezza molto modesta, in genere inferiore al km, è discretamente potente ed è molto esteso in senso longitudinale (circa 22 km, cfr. Figura 5). Mostra inoltre una struttura compressa e scagliata attribuibile alle fasi transpressive nealpine (Schmid et al., 1989).



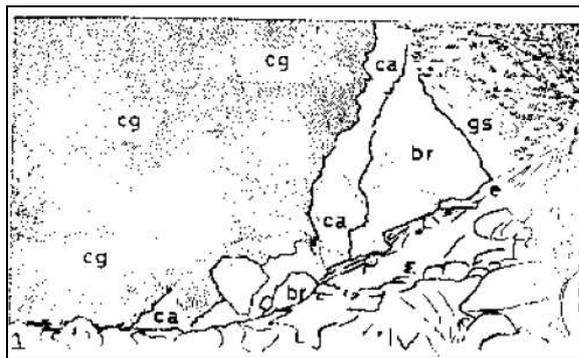
**Figura 5** – 1) Sudalpino: Serie dei Laghi (SLA), con basamento metamorfico indifferenziato, graniti (G) e vulcaniti (V) permiane, coperture mesozoiche (Me) e depositi pliocenici (PI); Zona Ivrea-Verbano: complesso kinzigitico (K) e corpo basico (CB); 2) Zona del Canavese (CA); 3) Austroalpino: Zona Sesia-Lanzo (SL); 4) Magmatismo oligocenico: plutoni di Biella (B), Travresella (T) e Miagliano (Mi), coperture vulcanoclastiche del biellese (vu); 5) Linee tettoniche: Cossano-Mergozzo-Brissago (CMB), Canavese (LC) e Cremosina (CR).

L'esistenza di un assetto sinformale, ipotizzato in passato, non trova riscontro nei dati paleomagnetici (Lanza, 1979); si tratta verosimilmente di un graben oligocenico invertito nel

Neogene. Va tuttavia ricordato il fatto che la Linea del Canavese ha avuto anche una precedente storia compressiva cretacico-eocenica.

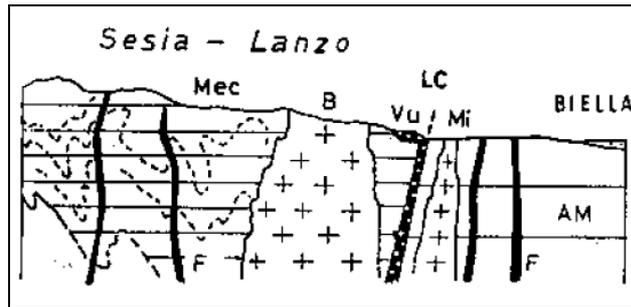
Un affioramento significativo per l'esame dell'assetto litologico lungo la Linea dei Canavese si trova nell'incisione del T. Elvo in corrispondenza di Sordevolo, che taglia trasversalmente il fianco esterno (NW) della struttura.

La sua parte inferiore è costituita da monte verso valle, cioè dai termini più antichi a quelli più recenti dalla seguente successione (Carraro, 1966, Figura 6): micascisti eclogitici del basamento Sesia-Lanzo, in parte laminati e retrocessi ed a luoghi rubefatti; una superficie di erosione; una breccia sedimentaria ad elementi leucocratici quarzoso-feldspatici e matrice arenaceo-argillosa di tinta violacea (spessore massimo 2.5 m); un discontinuo livello conglomeratico-arenaceo formato da ciottoli di micascisti eclogitici e da granuliti basiche dell'Ivrea-Verbano; un complesso conglomeratico a grossi ciottoli di micascisti eclogitici, di granuliti basiche e di vulcaniti andesitiche di graduale transizione al complesso sovrastante; quest'ultimo è un potente complesso di agglomerati andesitici s.l. di tipo piroclastico che costituisce la parte dominante e sommitale della sequenza oligocenica di copertura (spessore 200 m in questa sezione).



**Figura 6** – Il tratto basale delle sequenze vulcanoclastiche oligoceniche di Sordevolo, in sponda destra dell'Elvo. La successione è raddrizzata e presenta, dal basso all'alto: gs – basamento della Zona Sesia-Lanzo; e – superficie erosionale; br – breccia sedimentaria (lente); ca – conglomerati ed arenarie; cg – formazione conglomeratica a ciottoli di andesiti

Le sequenze vulcanoclastiche sono posteriori al metamorfismo eoalpino (90-65 Ma) dei micascisti eclogitici che formano il basamento e sono presenti come inclusi; i termini andesitici hanno età oligocenica (33-29 Ma), definita da numerose datazioni radiometriche (Hunziker, 1974; Zingg et al., 1976). Le vulcaniti sono quindi coeve con i plutoni ed i filoni andesitici ed ultrapotassici presenti nel basamento Sesia-Lanzo e, in misura minore, anche in quello Sudalpino.

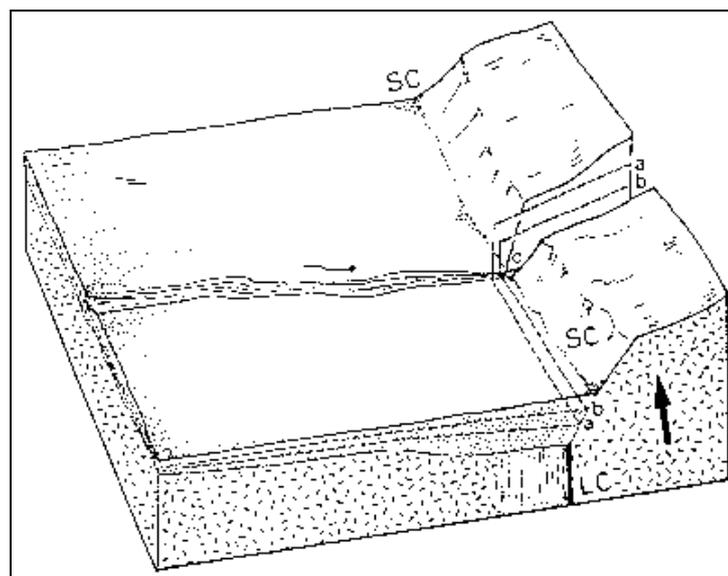


**Figura 7** – Il magmatismo oligocenico nella Zona Sesia-Lanzo (Mec: micascisti eclogitici) e nella Zona Ivrea-Verbano (AM), con i plutoni di Biella (B) e Miagliano (Mi), filoni andesitici (F) e coperture vulcanoclastiche (vu); LC: linea del Canavese

La Linea del Canavese costituisce un sistema di faglie profonde che hanno avuto un'evoluzione complessa dall'eoalpino al nealpino, ma non mancano tracce di un'attività ancora più recente (neotettonica).

All'intersezione obliqua della vicina Valsesia con la linea tettonica, si osserva una singolare situazione morfologica, costituita da una lunga depressione che è interpretabile come un canale scaricatore fluvio-glaciale scavato nel substrato roccioso dal ghiacciaio valesiano in una delle sue ultime pulsazioni.

L'andamento e la forma di questo canale sono stati chiaramente controllati dalla linea del Canavese ed in particolare dalla fascia milonitica che la sottolinea in questo tratto. I rapporti che le forme ed i depositi fluviali più recenti mostrano con la scarpata, espressione morfologica della linea del Canavese, indicano che in epoca molto recente si è verificata una riattivazione di questa struttura (cfr. Figura 8).



**Figura 8** – Attività recente della linea del Canavese presso Balmuccia. SC: scarpata espressione morfologica della linea del Canavese (LC); a-b-c: livelli di erosione e corrispondenti depositi

La scarpata segna, infatti, un limite netto tra un segmento fluviale a monte, caratterizzato da ripetuti fenomeni di sedimentazione, ed un segmento a valle, in cui l'evoluzione è stata unicamente di tipo erosionale.

E' possibile affermare che questa situazione non può dipendere esclusivamente da fenomeni di erosione differenziale. La maggiore erodibilità delle miloniti che formano il substrato del tratto in sedimentazione rispetto alle più tenaci rocce dell'Ivrea-Verbanò in cui sono impostati i tratti in erosione, non avrebbe in ogni caso potuto produrre la generalizzata configurazione in contropendenza della superficie erosionale che separa i due settori in discussione. Essa corrisponde alla scarpata di faglia. Linee immaginarie che rappresentano fasi successive di approfondimento della forra a valle della scarpata sarebbero disposte in successione decrescente dall'alto (configurazione più antica) al basso (configurazione attuale).

Al contrario, nel materasso alluvionale a monte, linee isocrone corrispondenti alle precedenti darebbero luogo ad una successione accrescente: così i tratti di collegamento formano un gradino in corrispondenza della scarpata e l'altezza di questo gradino è tanto maggiore quanto più antichi sono il deposito alluvionale e la morfologia (cfr. Figura 8). Ciò sta ad indicare che la linea del Canavese ha subito un'ulteriore evoluzione durante l'Olocene.

## **1.2. Il Dominio Sudalpino**

Dal punto di vista genetico, la porzione di Prealpi compresa tra la Pianura Padana e la Zona Sesia-Lanzo costituisce il basamento delle Alpi Meridionali. Essa venne suddivisa già da NOVARESE (1929) in Formazione dei Laghi o Zona Strona-Ceneri ed in Formazione Dioritico-Kinzigitica o Zona Ivrea-Verbanò. Limitando l'interesse alla sola Zona Ivrea-Verbanò, noteremo che essa affiora lungo il margine NW della Serie dei Laghi, all'incirca a NW dell'allineamento Borgosesia-Mergozzo.

I litotipi ascrivibili a tale unità sono vari, ma comunque riconducibili a due gruppi principali:

- il primo comprende paraderivati di natura prevalentemente pelitica, essenzialmente costituiti da gneiss biotitico sillimanitici a granato e muscovite (Kinzigiti), frequenti nell'area a NE di Biella ed interessati dalla presenza di filoni e sacche pegmatitiche, specialmente in prossimità del contatto con i graniti del Massiccio Granitico del Biellese.
- nel secondo gruppo rientrano rocce basiche di origine eruttiva intrusiva, a chimismo prevalentemente gabbrico o noritico, di gran parte delle quali è modernamente accettata la natura metamorfica. Si tratta, cioè, di gabbri e noriti che furono metamorfosati in facies anfibolitica e granulitica dallo stesso ciclo metamorfico delle kinzigiti. A questi ortoderivati si associano rocce eruttive basiche non trasformate, di età verosimilmente ercinica e comunque posteriori al metamorfismo, dal quale non appaiono interessate.

In base alla letteratura, Zona Strona-Ceneri e Zona Ivrea-Verbanò formerebbero, in definitiva, una serie cristallina continua caratterizzata da un metamorfismo regionale di età prealpina, a carattere progressivo da SE a NW. Le rocce eruttive basiche, come già ricordato, sono evidentemente legate all'evento ercinico e vanno considerate successive al metamorfismo.

Man mano che ci si sposta dal Verbanò verso Biella, i rapporti tra rocce della Zona Ivrea-Verbanò e rocce della Zona Strona-Ceneri vanno assumendo un carattere progressivamente più "intrusivo", nel senso di intrusione di rocce della prima da parte di rocce granitoidi della seconda. La continuità del contatto tra le due unità è interrotta, in prossimità dell'area in esame, dalla presenza della nota faglia della Cremosina, cui è associata un'intensa deformazione postcristallina.

Studi più recenti permettono la distinzione del corpo basico della zona Ivrea-Verbanò in 5 principali unità litologiche in successione da SE verso NW e dall'alto al basso:

1. unità delle dioriti;
2. corpo gabbrico principale, formato da dominanti noriti ad orneblenda;
3. corpo magmatico stratificato, suddiviso in una zona superiore, sequenza di gabbri con intercalazioni di anortositi e rare websteriti (fasi di cumulo: olivina, pirosseno, plagioclasio), una zona intermedia, sequenza di peridotiti e minori websteriti con intercalazioni di gabbri (fasi di cumulo: olivina, plagioclasio, pirosseni), ed un zona inferiore o basale, letti di peridotiti e websteriti alternati a letti di gabbri (fasi di cumulo: olivina, clinopirosseno, spinello); la zona superiore e quella intermedia sono separate da un sottile setto di paragneiss kinzigitici.

Il gabbro principale si è formato nella parte centrale della camera magmatica, tra il complesso cumulitico stratificato di letto e le dioriti di tetto, e rappresenta probabilmente l'impulso finale del ciclo eruttivo.

Il livello crostale profondo in cui si sono insediati i corpi intrusivi ha favorito lo sviluppo di strutture e fasi mineralogiche di pressione relativamente elevata, quali il granato. Secondo il modello di Voshage et al. (1990), nelle fasi iniziali, magmi di origine sottocrostale si sono iniettati come filoni di strato all'interno della sequenza kinzigitica e ne hanno prodotto la fusione parziale e la genesi di una roccia residuale granulitica; in questa fase si svilupperebbero le principali sequenza femiche ed ultrafemiche stratificate. Lo stadio successivo è caratterizzato dall'apertura di grandi camere magmatiche profonde in cui si insediavano magmi basici, in parte associati a fusi ibridi residuali e a componenti cristallini (anattetici), dando luogo al corpo gabbrico principale ed alle dioriti di tetto. Questi processi petrogenetici si sono svolti in condizioni di perturbazione termica regionale, attenuazione litosferica e disarticolazione distensiva della crosta continentale, necessaria per la genesi dei magmi e per la creazione dello spazio richiesto dalle grandi camere magmatiche: l'orogensi varisica era conclusa ed era attivo un nuovo margine divergente (Dal Piaz, 1992).

Il substrato dioritico s.l. costituisce l'ossatura dell'intero settore prealpino del biellese occidentale. Da precedenti studi e dal rilevamento diretto sul terreno, si desume che il substrato cristallino risulta in prevalenza costituito da dioriti a grana minuta, dioriti biotitiche, dioriti quarzifere con associate facies a maggior componente femica, nonché litotipi

granulitici e migmatitici e modesti filoni di rocce andesitiche ad andamento prevalentemente sub-verticale in direzione N40°E (F. CARRARO, 1979).

Il basamento presenta caratteristiche di compattezza variabili, in rapporto al variare dello stato di fratturazione. Quest'ultimo, nelle porzioni più superficiali, può essere ricondotto a fenomeni di degradazione fisica, ma non può sicuramente essere trascurata la risposta fragile del litotipo dioritico nei confronti delle sollecitazioni tettoniche.

Dal punto di vista tettonico-strutturale, la Zona Ivrea-Verbanò e la Zona Strona-Ceneri possono essere intese come un'unica serie cristallina continua, interessata da un metamorfismo regionale di età pre-alpina a carattere progressivo da SE verso NW. Nel settore tra il Biellese ed il Lago Maggiore, il contatto tra Zona Ivrea-Verbanò e Zona Strona-Ceneri è dato da un'importante linea tettonica (linea Cossato-Mergozzo-Brissago), in corrispondenza della quale agiscono fenomeni metamorfici e magmatici che hanno condotto alla parziale obliterazione del carattere tettonico del contatto.

La continuità di tale contatto è interrotta, nel tratto Mosso S.Maria-Borgosesia, per l'azione della faglia della Cremosina; questa dislocazione è in realtà costituita da un insieme di faglie sub-parallele il cui effetto complessivo pare potersi identificare con quello di una faglia trascorrente a movimento destrorso, che ha determinato uno scivolamento orizzontale relativo pari ad una dozzina di chilometri.- Eliminando idealmente tale spostamento, è possibile ricostituire l'originaria unità genetica delle intrusioni granitiche (Biellese e bassa Valsesia) e delle rocce della Zona Strona-Ceneri ad esse associate.

A S. del lineamento della Cremosina, tra il bordo collinare prealpino, a meridione, ed il F. Sesia ad E., si fa dominante la presenza di porfidi, tufiti ed ignimbriti riferibili al cosiddetto complesso dei "*Porfidi Quarziferi*".

Sebbene le intrusioni granitiche siano usualmente interpretate come antecedenti i porfidi s.l., nella realtà la cronologia relativa delle due unità è tutt'altro che chiara. Prescindendo da considerazioni petrografiche di dettaglio, pare doversi ritenere che le masse granitiche più antiche (Massiccio Granitico del Biellese) costituiscano il nucleo centrale ed occidentale del plutone, mentre litotipi di età relativamente più recente, seppur ascrivibili al medesimo complesso, si localizzano in prossimità delle vulcaniti permiane (E.), talora con manifestazioni filoniane all'interno delle stesse.

Successivamente alla messa in posto di plutoni e vulcaniti, l'azione erosiva degli agenti meteorici determinò un notevole smantellamento delle formazioni subaeree seguito, a partire dal Mesozoico, da una prima, significativa trasgressione marina che ne determinò la sommersione sino al Miocene. Tale evento è contrassegnato dalla presenza di litotipi calcareo-dolomitici organizzati in corpi di cui rimangono lembi visibili tra Sostegno e Roasio e, in sinistra Sesia, in corrispondenza del M. Fenera.

Il Miocene fu caratterizzato da un sollevamento dell'edificio alpino, con conseguente riemersione delle antiche formazioni e delle rocce sedimentarie su di esse deposte. Si stabilirono così le condizioni per il rinnovarsi di un ciclo di alterazione-erosione che coinvolse in modo decisamente marcato l'intera successione, conducendo al pressoché totale

smantellamento delle assise sedimentarie mesozoiche, con notevoli ripercussioni anche sui graniti, sui porfidi l.s. e sui litotipi kinzigitici del basamento cristallino.

Una seconda, più recente trasgressione si verificò in età pliocenica, dando origine ad una successione sedimentaria di natura argilloso-sabbiosa che borda il margine prealpino nel settore tra Vigliano Biellese e Gattinara, ma affiorante anche sui fianchi delle basse valli Sessera e Sesia nonché nelle incisioni torrentizie particolarmente pronunciate (T.te Cervo).

Nel settore centrale dell'area esaminata, in corrispondenza dei centri di Guardabosone e Crevacuore, compare una fascia costituita da sedimenti di origine marina e di età pliocenica direttamente trasgressivi sul substrato granitico o porfirico. Si tratta di sabbie, argille marnose e marne per le quali risulta impossibile la classica partizione in Pliocene inferiore (Piacenziano), prevalentemente pelitico, ed in Pliocene superiore (Astiano), in prevalenza sabbioso. In ambito locale, a tali facies si associano talora argille caoliniche derivanti dall'intensa alterazione delle vulcaniti di substrato.

I termini superiori della successione (Quaternario) sono rappresentati da alluvioni ghiaiose terrazzate, talora di ambiente fluvioglaciale, incise dai corsi d'acqua Sessera e Strona e preservate in lembi ed in fasce a ridosso dei versanti, e da depositi recenti ed attuali connessi alle ultime fasi evolutive dell'idrografia locale, presenti nei fondivalle ed in corrispondenza degli alvei.

### **1.3. Assetto geomorfologico**

L'opera in progetto, per sua natura, interesserà un settore arealmente limitato ma con notevole sviluppo longitudinale. L'assetto geologico-strutturale, di cui si è trattato al precedente paragrafo, pare aver rivestito considerevole importanza nel condizionare lo sviluppo e la successiva evoluzione del reticolato fluviale, la cui asta principale è rappresentata dal T.te Sessera.

Il T.te Sessera, a partire dalle sue origini, scava il proprio corso nelle dioriti (s.l.) di substrato in direzione NE, per poi piegare con decisione verso SE, trasversalmente sia nei confronti della disposizione spaziale delle unità litologiche presenti, sia rispetto all'andamento delle principali lineazioni tettoniche che caratterizzano l'area.

Tale direzione di deflusso (NW-SE) è comune a tutti gli affluenti di sinistra del T.te Sessera, nel tratto compreso tra l'abitato di Pray e la confluenza con il F. Sesia; anche il recipiente principale, nel tratto Isolella-Serravalle mantiene analogo andamento. Pare pertanto doversi rilevare l'esistenza, quanto meno a livello giaciturale, di un assetto predisponente l'instaurazione di direzioni di deflusso SW-NE (concordemente ai principali elementi tettonici) cui si associano direzioni all'incirca ortogonali (NW-SE), in special modo negli areali occupati dalle kinzigiti, dai graniti e dalla porzione settentrionale del complesso dei "Porfidi Quarziferi".

Graniti e porfidi (s.l.) sono interessati da fenomeni di alterazione sviluppatisi probabilmente nel corso di fasi climatiche a carattere caldo-umido; il protrarsi di tali condizioni ha condotto alla formazione di coltri arcose di potenza metrica, caratterizzate da una pressoché totale perdita dell'originale consistenza lapidea.

Se, da un lato, tali materiali conservano una discreta stabilità generale, dall'altro sono suscettibili di facile erosione sotto l'azione delle acque correnti le quali, nel tempo, finiscono col produrre solchi vallivi piuttosto estesi lateralmente. In modo del tutto analogo, le facies plioceniche sabbioso-argillose non presentano caratteristiche tali da opporsi al progressivo smantellamento, sia da parte delle acque incanalate nel reticolato idrografico superficiale, sia per effetto del dilavamento operato dalle acque ruscellanti i pendii.

Le assise plioceniche, incise dai locali corsi d'acqua, sono oggi preservate unicamente in lembi smembrati, in posizione rilevata; tale è il caso della fascia di terreni terziari che localmente compaiono tra Guardabosone e Guardella, e del notevole affioramento visibile in Crevacuore, nelle vicinanze del cimitero.

## 2. CARATTERIZZAZIONE DI MASSIMA DEI TERRENI

### 2.1. Dioriti I.s.

Nell'insieme, il litotipo dominante presenta consistenza e compattezza lapidee alla scala del campione, mentre alla scala dell'affioramento le caratteristiche dell'insieme risentono di una certa fratturazione connessa alla presenza di discontinuità e di giunti manifesti o latenti.

Intendendo con "peso di volume" o "densità apparente" il rapporto tra il peso della roccia ed il suo volume (ivi compresi i vuoti) è ragionevolmente possibile attribuire ai materiali in questione un peso di volume  $\gamma = 24,5 \text{ kN/m}^3$ , valore orientativo mediato tra la porzione superficiale, più allentata, degli affioramenti e la porzione interna, con discontinuità certamente più serrate.

Per quanto attiene la resistenza a compressione (ad espansione laterale libera su campioni cubici), in letteratura si riportano valori dei carichi di rottura che si collocano, a livello di medie generali, nell'intorno di  $1,0 \cdot 10^5 \text{ kPa}$ .

Nei riguardi delle caratteristiche elastiche, in assenza di prove di carico che consentano la determinazione sperimentale della curva sforzi-deformazioni, o di prospezioni geosismiche tramite le quali giungere alla stima dei parametri di interesse, è possibile unicamente valutare in modo approssimativo un modulo elastico E mediante una relazione empirica che prevede l'introduzione di  $\gamma$ :

$$E = 0.9 \cdot (\gamma - 2.1) \cdot 10^6$$

la quale per  $\gamma = 24,5 \text{ kPa}$  fornisce  $E = 3,5 \cdot 10^7 \text{ kPa}$ .

La scavabilità di tali materiali è resa possibile dall'adozione di tecniche a percussione, oppure con l'uso di esplosivi o di malte reoplastiche espandenti.

### 2.2. Porfidi

Con la terminologia Complesso dei "Porfidi Quarziferi" del Biellese si qualifica, in modo alquanto improprio, un insieme di vulcaniti di natura prevalentemente piroclastica e soltanto limitatamente effusiva.

La natura dei meccanismi, sia genetici che di messa in posto, ha determinato la costituzione di un vasto ammasso di rilevante complessità geologica, connessa al susseguirsi di eventi eruttivi testimoniati dalla sovrapposizione e dalla reciproca

interdigitazione di materiali eterogenei, con caratteristiche litologiche spesso sfumanti gradualmente le une nelle altre.

La sequenza vulcanitica, nell'insieme, rivela inoltre i segni di un'attività tettonica che, se pur non ha coinvolto le Alpi Meridionali nei parossismi dell'orogenesi alpina, ne ha pur sempre interessato la compagine con una risposta fragile evidenziandosi a tutte le scale con la presenza di faglie e giunti ad asse prevalente NNW-SSE.

Il litotipo dominante, quanto meno nei settori interessati dalla condotta, è rappresentato da un aggregato a struttura litoclastica, con frammenti di rocce o di singoli individui cristallini inglobati in una matrice ignimbratica grossolana. A tali materiali si associano, od in parte si sostituiscono lateralmente, litologie raggruppabili sinteticamente in almeno 3 facies principali.

La prima è costituita da ceneri vulcaniche diagenizzate e rinsaldate a costituire ammassi a grana fine e di colore nocciola chiaro (cineriti), caratterizzate da una stratificazione primaria da centimetrica a decimetrica.

La seconda facies, con distribuzione areale piuttosto limitata, è rappresentata da un aggregato estremamente compatto e tenace, di colore violaceo, a frammenti ed inclusi rocciosi e con indizi, anche alla scala del campione, di strutture pseudofluidali.

Nell'ultima partizione rientrano litologie tufacee verde-marrone intensamente fessurate e fratturate, che paiono raggrupparsi preferenzialmente in corrispondenza dei principali assi tettonici.

Dall'esame dei dati disponibili in letteratura, le rocce effusive antiche geneticamente assimilabili alla famiglia dei porfidi, possono essere indicativamente caratterizzate da un peso di volume compreso tra  $22,5 \div 24,5 \text{ kN/m}^3$ , quanto meno in relazione alle facies litoidi a maggior competenza.

Per quanto attiene la resistenza a compressione ad espansione laterale libera, si rinvencono frequentemente facies assai compatte e tenaci, con carichi di rottura anche superiori ai  $2,4 \cdot 10^5 \text{ kPa}$ , mentre i litotipi più comuni connessi all'orogenesi ercinica, microfessurati ed alterati, presentano più comunemente valori compresi tra  $9,8 \cdot 10^4 \div 1,4 \cdot 10^5 \text{ kPa}$ .

Le modalità di scavo nei materiali descritti variano in funzione sia del litotipo specifico sia, soprattutto, delle condizioni di fissilità primaria, di fratturazione e di alterazione. Per le porzioni di substrato più prossime alla superficie (le uniche interessate dalla posa della condotta), le generali condizioni di allentamento della compagine rocciosa inducono a ritenere fattibile l'operabilità con mezzi meccanici ordinari (escavatore). Per le facies a maggiore competenza e, comunque, più sane ed inalterate, si dovrà prevedere lo scavo mediante idonea attrezzatura a percussione.

### **2.3. Litotipi calcareo-dolomitici mesozoici**

Si tratta delle litologie dominanti all'interno del Lembo Calcareo di Sostegno comprendente, nel dettaglio, calcari a spicole di spugne, calcari arenacei, calcari marnosi e

calcari dolomitici con subordinate facies arenacee in prossimità del contatto basale trasgressivo sulle vulcaniti.

Una caratterizzazione geomeccanica, sia pur di massima, di tali materiali non si rivela affatto semplice. In assenza di dati specifici e facendo ricorso alla letteratura, risulta evidente che il campo di variabilità dei parametri è assai ampio, con pesi di volume compresi tra  $19,6 \div 23,5 \text{ kN/m}^3$  per i calcari teneri e  $23,5 \div 27,5 \text{ kN/m}^3$  per calcari e dolomie compatte, con minimi per le facies con minor grado di compattezza che si collocano intorno a  $\gamma = 19,6 \text{ kN/m}^3$ .

Nei confronti della resistenza a compressione, i valori dei carichi di rottura variano dai  $9,8 \cdot 10^4 \text{ kPa}$  circa (in media) per i calcari dolomitici ai  $4,9 \cdot 10^4 \text{ kPa}$  circa per le facies arenacee, con punte minime e massime che possono tuttavia discostarsi dalla medie citate per più del 50%.

Nei riguardi delle proprietà e delle costanti elastiche di tali materiali, viene confermata l'ampia gamma di variabilità dei dati, che si concretizzano in valori del modulo elastico E (derivante da prove di carico) compresi tra  $1,9 \div 4,9 \cdot 10^7 \text{ kPa}$ , con punte decisamente superiori per le dolomie compatte.

Utilizzando un valore  $\gamma = 22,6 \text{ kN/m}^3$ , che potrebbe caratterizzare in modo sufficientemente preciso un litotipo calcareo-arenaceo "medio", indicativo delle facies presenti nel dominio di affioramento del Lembo Calcareo di Sostegno, ed applicando la già citata relazione:

$$E = 0.9 \cdot (\gamma - 2.1) \cdot 10^5$$

si ottiene  $E = 1,7 \cdot 10^7 \text{ kPa}$ . Tale valore si colloca nella parte bassa della scala dei moduli elastici riportati in letteratura per le rocce calcareo-dolomitiche.

Lo scavo di tali materiali potrà avvenire secondo prassi operative ordinarie, articolate nell'uso di escavatore a cucchiaio rovescio nel caso di litologie calcareo-arenacee fratturate e/o alterate e nell'adozione di metodi a percussione in corrispondenza di facies integre, a tratti particolarmente compatte. Non si esclude tuttavia l'eventualità dell'uso di esplosivi o malte reoplastiche autoespandenti per i casi più critici.

## **2.4. Coltri eluvio-colluviali di copertura e depositi alluvionali**

Si tratta, nel complesso, di materiali granulometricamente eterogenei con caratteristiche litologiche e geotecniche estremamente variabili. I movimenti-terra vertono sull'impiego delle normali macchine scavatrici.

#### 2.4.1. Coperture sulle vulcaniti (l.s.)

I processi intervenuti a carico dell'originaria compagine rocciosa sono caratterizzati dall'iniziale disgregazione fisica, che procede attraverso l'esaltazione delle diaclasi, favorendo in tal modo la circolazione delle acque e l'incentivazione dei fenomeni chimici.

Secondo l'interpretazione usuale, tali eventi parrebbero caratteristici di fasi climatiche caldo-umide di tipo sub-tropicale ma, secondo taluni Autori (CARRARO e COLOMBO, 1992), bisognerebbe prendere in considerazione la preventiva esistenza di un potente materasso alluvionale (in seguito eroso) ospitante una falda in grado di favorire lo sviluppo di intensi fenomeni di idrolisi.

Prescindendo dagli aspetti particolari, lo sviluppo progressivo dei processi conduce alla formazione di una coltre arcossica potente diversi metri, costituita da una porzione superficiale completamente alterata e da una zona più profonda (di cementazione) ove la roccia madre conserva ancora parte degli originari caratteri litoidi.

Il terreno risultante è costituito da frazioni granulometriche fini ( $\varnothing < 0,002$  mm.) di neoformazione, in misura del 2% ÷ 5%, mentre la porzione più decisamente caratterizzante il fuso granulometrico è rappresentata da limo e sabbia ( $\varnothing \leq 2$  mm.).

La frammentazione della roccia e dei singoli costituenti mineralogici è stata pertanto notevolissima e sono ancora riconoscibili, tra i componenti originari, il quarzo e le muscoviti (di fatto inalterabili), i plagioclasti alterati in sericite che conferisce loro un tipico colore verdastro e parte dei feldspati alcalini non completamente idrolizzati.

Il colore bruno rossiccio delle coperture arcossiche è dovuto al processo di alterazione delle miche scure, che vede lo sviluppo di goethite (dovuta all'essudazione del ferro) e da questa la genesi di clorite e la liberazione di potassio.

Dal punto di vista geotecnico, tenendo conto dei tipi di opere in progetto, risulta interessante una quantificazione, sia pur a livello generale, delle caratteristiche e quindi del comportamento meccanico delle coltri arcossizzate. Tali materiali hanno completamente perso ogni indizio dell'originaria compattezza lapidea e sono rappresentabili come una sabbia limosa a matrice argillosa, tendente a conferire all'insieme una certa coesione.

Le condizioni di stabilità delle arcose possono considerarsi discrete, fatta eccezione per i casi in cui afflussi meteorici di elevata intensità interessino settori di versante privi di idonee coperture vegetali o comunque denudati, giungendo a mobilitare le coltri con l'innescare di fenomeni gravitativi o, nei casi più eclatanti, il trasporto dei materiali ad opera delle acque sotto forma di sospensioni ad elevata densità (debris flows).

Nel complesso, nel caso delle terre del tipo individuato, è possibile ipotizzare con buon margine  $\varphi = 30^\circ \div 35^\circ$  e  $\gamma = 17,6 \div 18,6$  kN/m<sup>3</sup> (con riferimento al terreno allo stato saturo), mentre la presenza di forze di coesione è dimostrata dalla possibilità di tali materiali di sostentarsi su scarpate aventi  $\beta \gg \varphi$  (in condizioni talora prossime alla verticalità).

#### 2.4.2. Coperture sui litotipi carbonatici del Lembo Calcareo di Sostegno

In tale gruppo rientrano le coltri pedogenizzate e, in generale, i terreni eluvio-colluviali formati a spese di rocce madri calcareo-dolomitiche, che rappresentano una singolare peculiarità delle Prealpi vercellesi.

In considerazione della storia deposizionale, della bassa quota e della morfologia piuttosto dolce, gli affioramenti del substrato carbonatico in posto sono alquanto rari e si riscontrano, prevalentemente, in corrispondenza di sbancamenti per opere stradali o per vecchie coltivazioni dei litotipi soggiacenti, finalizzate alla produzione di calce.

I fenomeni di alterazione si sono espletati con particolare intensità, conducendo alla formazione di suoli residuali di potenza metrica, con caratteristica presenza di "terre rosse" argillose, ed alla completa dissoluzione dei livelli più superficiali dei calcari.

Il contatto tra la coltre d'alterazione ed il bedrock non presenta caratteri di regolarità ma, in pratica, si realizza per il tramite di un orizzonte in cui i terreni argillosi rossastri si presentano mischiati a frammenti di calcare inalterato. Localmente, qualora siano intervenuti fenomeni di trasporto gravitativo (base dei versanti), gli ammassi si presentano più potenti e caotici, con una componente detritica che comprende anche blocchi e massi di cospicue dimensioni.

Una stima dei principali parametri geotecnici potrebbe condurre ad una valutazione di  $\phi \cong 10^\circ \div 15^\circ$ ,  $\gamma \cong 17,6 \text{ kN/m}^3$  (terreni saturi) e  $c \cong 19,6 \text{ kN/m}^2$ .

#### 2.4.3. Terreni alluvionali di ambiente fluvioglaciale-fluviale o misto detritico-torrentizio

In questo ambito sono compresi materiali estremamente vari sia per costituzione che per età cronologico-relativa.

I termini superiori della successione vanno dal fluvioglaciale Riss-Würm, costituito da depositi ghiaiosi debolmente alterati costituenti il livello fondamentale della pianura, sino alle alluvioni fluvioglaciali e fluviali Würm, ed infine ai depositi recenti ed attuali degli alvei dei corsi d'acqua.

Dal momento che gli ambienti deposizionale fluvioglaciali e fluviali presentano molti caratteri comuni, ne consegue che i materiali risultanti, pur di età diversa, rivelano strutture e composizioni pressoché analoghi. Il principale fattore realmente distintivo, avente anche ripercussioni sul comportamento geotecnico, è rappresentato dal grado di alterazione, massimo per i terreni più antichi e progressivamente meno alterato nei terreni più recenti, sino ad essere nullo per i depositi attuali.

Le variazioni granulometriche, che pure esistono, sono espressione dei livelli di energia implicati nei vari ambienti deposizionali, con terreni più grossolani nei tratti vallivi a maggior gradiente e nei settori apicali dei conoidi, cui corrispondono materiali più fini nei settori a minor pendenza dei corsi d'acqua e nelle aree distali dei conoidi.

Dai depositi fluvioglaciale Riss-Würm alle alluvioni recenti ed attuali si riscontrano caratteristiche sostanzialmente identiche dal punto di vista geotecnico. Esiste, comunque,

una spiccata variabilità sia verticale che laterale dei parametri, in funzione delle variazioni granulometriche piuttosto frequenti in simili tipologie di depositi. Un ideale terreno "medio", rappresentativo dei caratteri salienti di tali materiali è individuabile in un deposito eteropico ed eterometrico praticamente inalterato, caratterizzabile come una ghiaia grossolana inglobante blocchi decimetrici, a ridotta componente sabbiosa e limitata matrice limosa.

Laddove i processi fluviali-torrentizi della valli secondarie e quelli legati alla gravità ed al ruscellamento diffuso convergono si ha la formazione di prodotti misti detritico-torrentizi, spesso organizzati in forma di conoide, che in sostanza non differiscono dai termini più propriamente fluviali.

I corrispondenti parametri sono indicativamente sintetizzabili in  $\varphi \cong 35^\circ \div 38^\circ$  e  $\gamma \cong 16,5 \div 18,6 \text{ kN/m}^3$ , con valori di coesione, nel complesso, del tutto trascurabili.

### **3. DISAMINA DELL'OPERA IN PROGETTO**

Le distinzioni litologiche sono state effettuate per tratti omogenei, cui corrisponde una descrizione geologica ed una caratterizzazione geomeccanica approssimativa oggetto del Cap. 2 della presente relazione.

Lungo l'intero percorso della condotta, i terreni presenti sono stati valutati in relazione alle loro caratteristiche di lavorabilità in scavo e le notazioni conseguenti sono state riportate a compendio dei profili longitudinali allegati al progetto, anche al fine di agevolare le fasi di computo delle opere.

A fini applicativi, si è conferita una certa importanza alla verifica della presenza di coltri eluvio-colluviali derivanti dal disfacimento delle rocce madri, nonché alla presenza di materiali sciolti di genesi fluvioglaciale/fluviatile, detritico-colluviale e mista.

#### **3.1. La condotta in Valsessera**

Il tratto esaminato prende avvio allo sbocco della galleria in località Masseranga (P. 3+717.43 in planimetria "B"), in corrispondenza del tornante della strada che conduce a Trivero.

Superato un primo tratto in terreni colluviali rimaneggiati, il tracciato raggiunge la sede stradale della provinciale in corrispondenza dell'affioramento del substrato dioritico s.l. fortemente milonitizzato (presenza della Linea della Cremosina).

Il resto del tracciato in planimetria "B" interessa terreni sciolti di origine colluviale ed alluvionale, con un breve tratto in diorite milonitizzata all'altezza della P 4+410.36.

Nell'insieme, i terreni colluviali ed alluvionali sono lavorabili in scavo mediante escavatore a benna rovescia, mentre per i tratti in roccia fratturata è prevedibile il ricorso ad escavatore con martello in misura compresa tra 50% ÷ 70%.

L'intero tratto della condotta riportato in planimetria "C" interessa esclusivamente alluvioni di genesi medio-recente e recente-attuale del fondovalle del T.te Sessera.

Tra le progressive P 4+671.15 e P 5+726.30, l'opera insiste entro la flood-plane del corso d'acqua per poi aggirare, mediante una traslazione del tracciato verso monte, uno stabilimento industriale. Il tracciato prosegue poi in destra Sessera sino alla progressiva P 7+013.94.

In corrispondenza del suddetto punto, è previsto l'attraversamento del corso d'acqua mediante posa della tubazione in trincea e successiva calettatura in c.a.. Stante il locale assetto geologico-morfologico, è ragionevolmente possibile escludere che le operazioni di scavo possano raggiungere il substrato roccioso in posto. Si renderà tuttavia necessario

procedere all'accertamento diretto del reale stato di fatto in una successiva fase della progettazione.

Tra le progressive P 7+276.36 e P 7+797.92 in planimetria D, la tubazione permane in sinistra idrografica, entro le alluvioni recenti ed attuali del T.te Sessera sino ad affrontare un nuovo attraversamento del corso d'acqua in trincea calottata.

Stante la prossimità del versante roccioso in sinistra, si rende necessario considerare la possibilità di interessamento, quanto meno parziale, del substrato roccioso.

Tra le progressive P 7+871.18 e P 8+768.60, il tracciato è previsto in posizione addossata al versante destro, ai piedi della provinciale entro terreni alluvionali sciolti ordinariamente lavorabili.

A partire dalla progressiva P 8+768.60 si prevede in progetto la realizzazione di un doppio attraversamento, dettato dalla carenza di spazi fruibili operativamente in destra e dalla necessità di evitare l'interessamento di una briglia esistente. Tale scelta è accompagnata dalla previsione di rifacimento delle difese spondali ivi presenti, alquanto ammalorate.

Dalla progressiva P 9+189.16, il tracciato si ricolloca entro i terreni alluvionali sciolti per l'intero tratto riportato in planimetria "D".

Tra le progressive P 9+809.04 e P 10+322.88 la tubazione prosegue entro facies alluvionali sino all'attraversamento dell'accesso in rilevato al ponte che congiunge Azoglio con Crevacuore.

### **3.2. La condotta tra Azoglio e la diga sul T.te Ravasanella**

Dopo un ulteriore attraversamento della provinciale, il tracciato piega a Sud, entrando nella vallecola percorsa dalla provinciale per Sostegno, impostata in corrispondenza di una linea di frattura che, più a SE, costituisce in contatto tettonico tra i porfidi l.s. e le litologie carbonatiche del Lembo Calcareao di Sostegno.

L'ambiente geomorfologico si modifica sostanzialmente, trasformandosi in un'incisione valliva a tratti profonda, nel pieno del dominio di affioramento della Formazione dei "porfidi Quarziferi" del Biellese.

La condotta seguirà l'incisione torrentizia, interessando terreni sciolti di varia natura: coltri detritico/colluviali e depositi alluvionali immaturi, talora in commistioni di transizione tra l'uno e l'altro membro, comunque lavorabili in scavo con metodi ordinari (planimetria "E").

Poiché l'opera interesserà il fondovalle, non è da prevedersi l'instaurazione di situazioni di potenziale criticità a carico della stabilità dei versanti, non coinvolti nelle operazioni.

Il contesto geologico-geomorfologico si mantiene sostanzialmente costante sino alla progressiva P 12+158, laddove si assiste ad un aumento di pendenza del fondovalle (zona di testata del bacino della vallecola) ed all'affioramento di litologie di tipo vulcanitico.

Le suddette vulcaniti risulteranno, prevedibilmente, scavabili mediante escavatore a benna rovescia nella misura del 70% circa, stimando un 30% rimanente di roccia maggiormente tenace (al di sotto dell'orizzonte superficiale detensionato), lavorabile con l'ausilio di escavatore munito di martello.

Tra le progressive P 12+475 e P 12+695, per un totale di 220 m., la condotta sarà posata in sotterraneo mediante microtunnelling entro le litologie vulcanitiche. Tale opzione eviterà sia l'interessamento della sede stradale della provinciale per Sostegno che il gravoso ed impattante sbancamento del versante.

Il colle da superarsi in sotterraneo rientra in una situazione geologica e morfologica piuttosto singolare, in quanto esso costituisce uno spartiacque all'interno della vallecola orientata NW – SE, con deflussi in senso opposto: a settentrione del rilievo verso NW ed a meridione verso SE.

Dalla progressiva P 12+695 il percorso continuerà a seguire il fondo della vallecola, intersecando il contatto tettonico con il Lembo Calcareo di Sostegno all'incirca in corrispondenza della progressiva P 13+391 (planimetria "F"). Le condizioni accertate inducono a stimare percentuali di scavo mediante tecniche ordinarie nella misura del 60%, contro un restante 40% da attuarsi mediante escavatore munito di martello.

All'affioramento, si rinvencono litotipi carbonatici milonitizzati inglobanti frammenti di vulcaniti, a testimonianza dell'intensa attività di frizione in corrispondenza del contatto. Il tracciato continuerà a seguire il letto del corso d'acqua, aggirando in tal modo il concentrico dell'abitato di Sostegno ed incontrando un substrato carbonatico con caratteristiche di competenza progressivamente migliori in rapporto all'aumentare della distanza dalla zona di contatto tettonico.

L'intero tratto tra le progressive P 13+555 e P 14+698 in planimetria "F", continuerà a sfruttare l'incisione del rio ivi presente, operando varianti a mezza costa su carrarecce locali al fine di evitare le maggiori tortuosità dell'alveo.

Nel rimandare ad una successiva fase progettuale gli accertamenti puntuali, diretti ed indiretti, volti a quantificare le caratteristiche litologiche e geomeccaniche dei terreni interessati dallo scavo della trincea, nella presente sede si evidenzia che le operazioni interesseranno coperture da alterazione ("Terre Rosse") di spessore assai esiguo, poggianti su di un substrato calcareo e/o calcareo dolomitico progressivamente più competente e tenace all'aumentare della profondità di scavo.

Entro il contesto sopra definito, l'approccio in scavo potrebbe vertere sull'utilizzo di escavatore a benna rovescia (stima al 50%), escavatore con martello (stima al 40%) e con riserva di ricorso a tecniche esplosivistiche in casi particolari (stima al 10%).

Tra le progressive P 14+698 (planimetria "F") e P 17+081 (planimetria "G"), le opere continuano entro il dominio di affioramento delle rocce carbonatiche del Lembo Calcareo di Sostegno, comportando un approccio operativo analogo a quello in precedenza descritto. Si

procede, pertanto, entro un contesto collinare minimamente antropizzato, sfruttando tracciati di locali carrarecce e le incisioni dei modesti rii che scolpiscono l'areale.

In corrispondenza della progressiva P 17+081 (planimetria "G"), il tracciato raggiunge la sede della strada d'accesso alla diga sul T.te Ravasanella, procedendo da questo punto entro terreni alluvionali recenti ed attuali del corso d'acqua sino all'attraversamento dello stesso.

Come spesso si verifica, l'instaurarsi di un'incisione torrentizia significativa identifica la presenza di una discontinuità entro i terreni di substrato. La vallecchia a monte dell'abitato di Sostegno risulta essere l'espressione morfologica del contatto tettonico NE tra vulcaniti e rocce carbonatiche, mentre nel caso del T.te Ravasanella immediatamente a valle della diga corrisponde al limite SW (non tettonico, ma di normale giustapposizione,) tra coperture carbonatiche e substrato vulcanitico.

Dopo l'attraversamento calottato, a partire dalla progressiva P 0+635 sino alla progressiva P+0+000, l'intervento si snoda lungo la sede della strada circumlacuale coinvolgendo esclusivamente i litotipi vulcanitici permiani.

La zona della diga sul T.te Ravasanella è impostata integralmente entro le vulcaniti costituenti il Complesso dei "Porfidi Quarziferi" del Biellese ed è caratterizzata da una morfologia piuttosto impervia. La posa della condotta, tuttavia, si rivela notevolmente semplificata per la presenza della suddetta strada circumlacuale del bacino artificiale.

La caratterizzazione geotecnica del substrato lapideo interessato dalle opere, può essere desunta dall'esame dei dati sperimentali relativi alle fasi progettuali della diga sul T.te Ravasanella.

Per quanto attiene le facies ignimbriche rossastre arealmente più diffuse, i valori del peso di volume dei campioni testati oscillano tra  $22,5.3 \div 24,5 \text{ kN/m}^3$ . Le rimanenti litologie presentano pesi di volume, mediamente, soltanto di poco inferiori.

La situazione differisce invece notevolmente allorché si considerino i carichi di rottura a compressione, che si rivelano più bassi nel caso degli aggregati cineritici, con valori medi dell'ordine di  $4,9 \cdot 10^4 \text{ kPa}$ , e più elevati per gli aggregati litoclastici in matrice ignimbrica, con punte massime di  $1,3 \cdot 10^5 \text{ kPa}$  e medie nell'intorno dei  $1,2 \cdot 10^5 \text{ kPa}$ . Tutti i parametri citati si presentano inferiori, in valore assoluto, a quelli riportati in letteratura per i porfidi propriamente detti.

Per quanto riguarda le proprietà elastiche, la disponibilità dei dati geosismici rivela variazioni della velocità di propagazione delle onde longitudinali ( $V_L$ ) da 3,6 a 2,3 km/s in funzione del grado di alterazione e/o fratturazione del substrato.

Utilizzando il valore minore di  $V_L$  ( $V_L = 2,3 \text{ km/s}$ ) e nell'ipotesi di un mezzo isotropo a comportamento elastico è possibile desumere il modulo elastico dinamico  $E_d$  utilizzando la relazione:

$$E_d = V_L \cdot \gamma / g \cdot (1 + \mu) \cdot (1 - 2\mu) / (1 - \mu)$$

dove:  $V_L$  = velocità onde longitudinali;  $\gamma$  = densità della roccia;  $g$  = accelerazione di gravità;  $\mu$  = modulo di Poisson.

Il valore di  $\mu$  può essere calcolato dai valori noti di  $V_L$  e  $V_T$  (velocità onde trasversali) secondo la relazione:

$$\mu = 0,5 \cdot (V_L / V_T)^2 - 1 / (V_L / V_T) - 1$$

Nella pratica, si assumono valori di  $\mu = 0,20 \div 0,25$ . Nel presente caso si ritiene di optare per  $\mu = 0,25$ , riservando il valore  $\mu = 0,20$  alle rocce perfettamente elastiche con elevato  $E_d$ .

Nell'ipotesi di una densità dell'ammasso pari al 95% della densità della roccia intatta, sperimentalmente verificata per i tufi in  $2,53 \text{ g/cm}^3$  (S. OLIVERO, 1983) e tenendo conto di  $V_L = 2,3 \text{ km/sec}$  e  $\mu = 0,25$ , si ottiene:

$$E_d \cong 1,0 \cdot 10^7 \text{ kPa}$$

I materiali in questione furono inoltre sottoposti a prove di laboratorio tendenti all'accertamento di alcune proprietà indici. Ad esempio, i valori di rottura a compressione per i tufi si raggruppano nell'intorno di  $1,2 \cdot 10^5 \text{ kPa}$  (tale indicazione si riferisce a campioni da foro di sondaggio, prelevati al di sotto del piano campagna). Per quanto attiene le porzioni più superficiali della compagine rocciosa è necessario tener presente un certo allentamento connesso sia alla fissilità della roccia, sia a fenomeni di alterazione chimica della stessa.

Ferma restando la discreta qualità del litotipo, il valore in precedenza esposto non è quindi accettabile come caratterizzante l'intero ammasso. Qualche ulteriore utile informazione può essere desunta dall'esame dei moduli statici ottenuti in laboratorio (modulo elastico secante  $E_{sec}$  al 50% del carico di rottura). Per quanto attiene i tufi, i moduli statici mostrano valori prossimi a quelli dinamici, ottenuti dalla sismica.

Poiché nel presente caso i materiali da considerare sono quelli superficiali, più scadenti, con  $E_d \cong 1,0 \cdot 10^7 \text{ kPa}$ , i valori comparabili dei moduli statici possono essere, indicativamente, dello stesso ordine di grandezza di quelli più bassi mediamente riscontrati nel corso di tutte le prove e cioè  $E_{sec} \cong 1,3 \cdot 10^7 \text{ kPa}$ . Dato che il modulo elastico indicativo dell'ammasso è definito da  $E_a = 0,2 \div 0,5 E_{sec}$ , considerando prudenzialmente un valore pari a 0,25 si ottiene  $E_a \cong 3,1 \cdot 10^6 \text{ kPa}$ .

In conclusione, il litotipo tufaceo in questione presenta consistenza e compattezza lapidee alla scala del campione mentre alla scala dell'affioramento si nota una certa fissilità, manifesta o latente, accompagnata da fenomeni di alterazione chimica superficiale, che determinano un decremento della qualità globale della facies.

L'approccio operativo proponibile nella presente sede verte sull'impiego di escavatore a benna rovescia e di escavatore con martello (nella misura, stimata, del 50% e del 40%), con riserva pari al 10% relativa all'evenienza di facies particolarmente tenaci per le quali si renda necessario la demolizione tramite esplosivi e/o malte reoplastiche autoespandenti.

## 4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il progetto, che in questa sede è stato esaminato nelle sue implicazioni di carattere geologico e geologico-applicativo comporta, come si è visto, la posa di una condotta in acciaio  $\varnothing = 1.600$  mm entro un esteso tratto vallivo del T.te Sessera. L'opzione per un tracciato esclusivamente in fondovalle, se pur comporta alcuni attraversamenti in sub-alveo, esclude tuttavia interferenze di carattere negativo con la dinamica evolutiva dei versanti, garantendo nello stesso tempo la sicurezza della condotta.

La rimanente parte della tubazione di adduzione interessa in modo predominante un settore caratterizzato dalla presenza di rocce vulcanitiche, in prevalenza piroclastiche, di litotipi calcareo-dolomitici e di terreni sciolti di natura prevalentemente alluvionale e subordinatamente detrico-colluviale. Nell'insieme, si tratta di materiali scarsamente sensibili alle modeste sollecitazioni indotte dalla posa di tubazioni, ed in condizioni di stabilità generalmente buone.

Il tracciato è stato verificato nell'intento di ridurre il ricorso a tagli obliqui che determinerebbero l'introduzione di discontinuità critiche nella compagine dei versanti e segnalando, ove necessario, l'opportunità di approfondimenti d'indagine puntuali in fasi di progettazione successive, finalizzati all'incremento della sicurezza.

In sintesi, il presente progetto, pur vasto ed articolato, si rivela compatibile con gli equilibri geomorfologici ed idrogeologici dell'area interessata, con limitati e locali problemi risolvibili con un approccio tecnico-operativo perfettamente rientrante nello stato attuale dell'arte, e non tali da introdurre elementi realmente o potenzialmente ostativi la fattibilità geologica delle opere.



## INDICE

PREMESSA.....	1
<b>1. Inquadramento geologico .....</b>	<b>2</b>
1.1. <i>La linea del Canavese .....</i>	6
1.2. <i>Il Dominio Sudalpino .....</i>	9
1.3. <i>Assetto geomorfologico .....</i>	12
<b>2. Caratterizzazione di massima dei terreni.....</b>	<b>14</b>
2.1. <i>Dioriti l.s.....</i>	14
2.2. <i>Porfidi.....</i>	14
2.3. <i>Litotipi calcareo-dolomitici mesozoici .....</i>	15
2.4. <i>Coltri eluvio-colluviali di copertura e depositi alluvionali .....</i>	16
2.4.1. Coperture sulle vulcaniti (l.s.).....	17
2.4.2. Coperture sui litotipi carbonatici del Lembo Calcareo di Sostegno.....	18
2.4.3. Terreni alluvionali di ambiente fluvio-glaciale-fluviale o misto detritico-torrentizio ....	18
<b>3. Disamina dell'opera in progetto.....</b>	<b>20</b>
3.1. <i>La condotta in Valsessera.....</i>	20
3.2. <i>La condotta tra Azoglio e la diga sul T.te Ravasanella .....</i>	21
<b>4. Considerazioni conclusive .....</b>	<b>25</b>