00	06-2013	Prima emissione		✓		✓		
Revisione	Data	Descrizione	Redatto		Verificato		Approvato	

ing. ANDREA CASARIN
ingegneria civile e ambientale

via Barile, 19/c - 31044 Montebelluna (TV)
C.F.: CSR NDR 77R01 F443V P.I. 04192270264
tel. 0423.600712 - fax. 0423.3445047 - cell. 347.3754915
email: ingcasarin@gmail.com - P.E.C. andrea.casarin@ingpec.eu

Committente:

SEAM
Società' Energetica Alpi del Mare
P. IVA 01422600088
C.so Garibaldi 126 18038
Sanremo (IM)

Tav. n°: | di n°:

Codice elaborato: R-GEO-01

Oggetto:

Progetto di un impianto idroelettrico ad acqua fluente sul torrente Mogliana in località "San Siro Foce"

Scale:

Elaborato:

Relazione Geologica

Regione:	Provincia:	Comune:
Liguria	Genova	Mezzanego
Data:	Disegnatore:	File:
Luglio 2013	Geol. Marco Martolini	

Il tecnico:

COLLEGIO REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA
Dott. Geol. Marco MARTOLINI A.P. n. 169 Data iscr. 15-07-1968

Dott. Geol. Marco Martolini
Ordine Regionale Geologi della Liguria A.P. n°169

Ai termini di legge si riserva la proprietà di questo elaborato che non potrà essere riprodotto, duplicato, e/o reso noto a terzi in tutto e/o in parte privo di firma autografa e del timbro o senza autorizzazione, secondo quanto previsto dalla Legge 22.04.41 n.° 633 - art. 2575

1 - PREMESSA

Sono stato incaricato dalla Società S.E.A.M. S.r.l., di eseguire un'indagine geologica al fine di ottenere l'autorizzazione idraulica alla derivazione delle acque del Torrente Mogliana per scopo idroelettrico, e al fine di evidenziare le eventuali pericolosità geologiche inerenti la realizzazione delle opere a servizio dell'impianto in progetto. L'intervento è eseguito all'interno del Comune di Mezzanego (GE) nella frazione di San Siro Foce e Ponte San Giacomo. Il progetto è a cura dell'Ing. Andrea CASARIN.

Le analisi svolte hanno permesso di evidenziare le problematiche di carattere geologico, geomorfologico e idrogeologico presenti nel bacino ed in particolare nelle aree direttamente interessate dall'impianto idroelettrico in progetto ed in un intorno adeguatamente esteso, e di valutare in prima analisi, la compatibilità delle opere in progetto con la stabilità morfologica dell'alveo, delle sponde e dei versanti del Torrente Mogliana. Le osservazioni di sopralluogo e le analisi svolte hanno permesso di accertare le condizioni attuali dell'alveo interessato dagli interventi in progetto (aspetti geomorfologici, idrologici ed idrogeologici) ed individuare quali possano essere nel prosieguo della progettazione esecutiva degli interventi le modalità meno invasive. La corretta progettazione ed esecuzione degli interventi, tenuto conto delle esigenze di carattere idraulico connesse all'opera di presa e di rilascio, deve condurre ad una mitigazione dell'impatto morfologico ed ecologico sull'equilibrio del corso d'acqua e sulla stabilità delle sponde. L'indagine geologico-tecnica è stata articolata nelle seguenti fasi:

a) Rilevamento geomorfologico e geologico di superficie (scala 1:5000);
b) Classificazione granulometrica dei materiali presenti in alveo e sulle sponde;
c) Analisi delle particolarità geomorfologiche e valutazione preliminare della stabilità delle sponde e dei materiali d'alveo e delle possibili interazioni con le opere idrauliche esistenti ed in progetto;
d) Ricerca dei parametri da utilizzare nella modellazione idrologica e idraulica;
e) Valutazione di massima della capacità erosiva delle acque relativamente a tratti medi e alle sezioni d'alveo individuate dalle Stazioni di misura dei sedimenti.
f) Valutazione preliminare dell'idoneità geologico-tecnica del sito di costruzione della centrale idroelettrica e dell'ambito d'interesse.
g) Valutazione preliminare dell'idoneità geologico-tecnica del tracciato scelto per la realizzazione della condotta forzata.
h) Scelta del sito di presa e di rilascio delle acque turbinate dalla centrale.

Si relaziona in osservanza del Piano di Bacino D.L. 180/1998 - Ambito 16 (approvato con D.C.P. N.3/2003 e ss.mm.ii.), del Piano di Tutela delle Acque o Piano di Bacino Stralcio sul Bilancio Idrico del Bacino del Fiume Entella (approvato con Approvato con D. C. P. n ° 19 del

15/04/2009), e della normativa nazionale per quanto concerne le indagini sui terreni D.M. 11/03/88.

La verifica puntuale della compatibilità degli interventi in progetto con le previsioni di pericolosità e rischio idrogeologico del P. di B. Ambito 16, è stata svolta nei paragrafi 7.2 e 7.2.1, 7.3 e 7.3.1, 7.4 e 7.4.1, relativi all'esame della fattibilità geologica dei manufatti e degli interventi inerenti la realizzazione dell'impianto idroelettrico e di analisi preliminare della pericolosità geologica delle aree d'interesse.

L'intera area di progetto è ubicata in zona soggetta a Vincolo Idrogeologico (ved all. "Stralcio della Carta delle Aree Sottoposte a Vincolo Idrogeologico").

2 - GEOLOGIA

L'alveo del Torrente Mogliana nel tratto interessato dagli interventi in progetto è caratterizzato generalmente dall'assenza di depositi alluvionali mobili di una certa rilevanza e ove presenti sono di spessore sottile/medio, scorrendo il rio per lunghi tratti in erosione nel suo letto roccioso. Sui versanti e sulle sponde del Torrente Mogliana e dei suoi affluenti incisi dall'erosione torrentizia, in effetti, sono presenti affioramenti diffusi sul substrato roccioso e dei depositi alluvionali recenti e antichi terrazzati (non più inseriti nella dinamica torrentizia), localmente canalizzati da colate detritiche colluviali provenienti dagli affluenti di entrambe le sponde.

L'ambito geologico del bacino del T. Mogliana è quella indicato in letteratura delle Unità Liguri provenienti dal Dominio Ligure Interno, ed è stata interpretata come il risultato della sedimentazione pelagica e quindi torbiditica di mare profondo al disopra della litosfera oceanica del dominio oceanico Ligure-Piemontese rappresentata dalla sequenza ofiolitica giurassica. L'origine oceanica delle unità tettoniche del Dominio Ligure Interno è dimostrata dalla presenza di ofioliti in posizione primaria alla base di una successione sedimentaria che inizia con Diaspri del Giurassico superiore, cui seguono i Calcari a Calpionelle (Berriasiano-Valanginiano) e le Argille a Palombini (Valanginiano-Albiano secondo molti Autori). Nel Cretacico superiore, questo dominio è caratterizzato da una sedimentazione torbiditica silicoclastica rappresentata dal Gruppo degli Scisti della Val Lavagna (Campaniano-Maastrichtiano inferiore) e dalle Arenarie di Monte Gottero (Maastrichtiano inferiore-Paleocene inferiore). Seguono in continuità le Argilliti di Giaiette (cfr. Scisti del Bocco) e la Formazione di Tavarone, ambedue del Paleocene inferiore, contraddistinti dalla presenza di depositi clastici grossolani. Questa successione è rappresentativa di un settore di litosfera oceanica in progressivo avvicinamento a una zona di subduzione, con una evoluzione da depositi di piana bacinale a depositi di fossa e di scarpata inferiore. Importante caratteristica delle successioni Liguri Interne è la loro evoluzione deformativa pre-

oligocenica che comprende più eventi plicativi associati a un metamorfismo di grado molto basso variabile dall'alta anchizona all'epizona. Questa evoluzione strutturale sembra essere connessa con il coinvolgimento a bassi livelli strutturali (8-10 km) delle unità Liguri Interne in una zona di subduzione e con la loro successiva esumazione. All'interno dell'Unità Gottero, per motivi legati alla evoluzione tettonica successiva, risulta bene sviluppata solo la parte torbiditica della successione, mentre è meno sviluppata la successione emipelagica limitata alle sole Argille a Palombini. Questa successione, una volta ricostruita, presenta degli spessori difficilmente valutabili per l'intensa tettonizzazione, ma che comunque possono essere stimati tra i 1500 e i 2000 m.

Le formazioni geologiche ed i depositi quaternari presenti nell'area di interesse progettuale compreso il bacino idrogrografico sotteso dalla presa dell'impianto idroelettrico, sono riassunti qui di seguito *(la nomenclatura è quella della carta geologica regionale progetto CARG con indicata anche la denominazione del Piano di Bacino, a cui è stato aggiunta la categoria am, ai fini progettuali)*:

- **AMV)** Le Ardesie di Monte Verzi (AMV - indicati nel Piano di Bacino come Argilliti Formazione della Val Lavagna, agLVG) sono costituite da torbiditi pelitico-arenacee caratterizzate dall'alternanza di strati a composizione silicoclastica e strati calcareo-marnosi, questi ultimi noti con il nome di "Ardesie" o "Lavagna". Lo spessore di questa formazione raggiunge i 600 m nell'area tipo di M. Verzi. Gli strati silicoclastici sono prevalenti su quelli calcareo-marnosi e presentano buona continuità laterale, spessore variabile da sottile a spesso, con un rapporto fra frazione arenitica e fraz. Pelitica, generalmente, <1 o <<1 e granulometria variabile dall'arenite fine all'arenite grossolana. La composizione della frazione arenitica, generalmente arcosica, è del tutto comparabile con quelle degli Scisti Manganesiferi e delle Arenarie di Monte Gottero (PANDOLFI, 1997). Le «Ardesie» presentano buona continuità laterale e strati da spessi a molto spessi, caratterizzati da una frazione pelitica a composizione calcareo-marnosa molto potente e nettamente prevalente sulla frazione arenitica (a/p<<1). Gli strati a composizione calcareo-marnosa sono generalmente caratterizzati da sequenze incomplete Td-e della sequenza di Bouma. In modo subordinato sono presenti ripple e laminazioni ondulate (Tc di Bouma). Il tetto della frazione pelitica è talvolta caratterizzato da livelli emipelagici di spessore minore di 5 cm privi di CaCO3. La frazione arenitica presenta granulometria che difficilmente raggiunge la taglia media, solitamente si tratta di areniti fini o finissime. La composizione di questi strati è di tipo ibrido dominatada quarzo, feldspati e fillosilicati monocristallini, ma sono presenti apprezzabili quantità di frammenti carbonatici micritici (>20% dell'ossatura) del tutto assenti negli strati a composizione silicoclastica. L'età di questa successione è stata determinata nella località tipo analizzando il contenuto in nannofossili calcarei della frazione pelitica delle "ardesie" da MARRONI & PERILLI (1990) che attribuiscono alle Ardesie di Monte Verzi un'età non più antica del

Campaniano inferiore. Le AMV non affiorano direttamente nell'area di interesse progettuale, ma sono visibili in affioramento poco a valle dell'area di centrale.

- **SZO)** Gli Scisti Zonati (SZO - indicati nel P. di B. come Argilliti, Argille a Palombini del Lago di Giacopiane, agGIC), sono costituiti da torbiditi sottili a composizione silicoclastica indicativi di un ambiente di piana bacinale. Lo spessore di questa formazione raggiunge i 300 m. Il rapporto a/p è generalmente uguale a 1. La geometria degli strati appare di solito piano parallela con spessore che raramente supera i 50 cm e granulometrie comprese fra l'arenite media e il silt. La composizione degli strati torbiditici varia da arcosica a subarcosica e risulta confrontabile con quella delle sovrastanti Arenarie di Monte Gottero. L'età del tetto degli Scisti Zonati è stata attribuita da MARRONI & PERILLI (1990) nel settore di M. Zatta all'intervallo Campaniano superiore-Maastrichtiano inferiore. Le argilliti SZO affiorano nell'intera area interessata dai manufatti idraulici in progetto (presa, condotta e centrale), anche se in realtà sono generalmente coperte da spessori da sottili ad elevati di coltri colluviali e/o alluvionali antiche e recenti. Rispetto al bacino idrografico sotteso dalla presa, gli SZO affiorano nella porzione terminale del bacino, lungo l'asta del T. Mogliana sino intorno a quota 495m, poco a monte del ponte della S.P. N.26bis in località Piano di San Siro Foce.

- **GOT)** Le Arenarie di Monte Gottero (GOT - indicate nel P. di B. come Arenarie, Arenarie del Monte Gottero arGOT) affiorano principalmente nell'area del M. Ramaceto e nel settore di M. Zatta. Si tratta di torbiditi arenaceo-pelitiche a composizione silicoclastica interpretate in letteratura come l'espressione di un sistema di conoide attivo durante il Cretacico superiore. (PAREA, 1964, 1965; MUTTI & RICCI LUCCHI, 1972, CASNEDI, 1982, NILSEN & ABBATE, 1983, MARINI, 1991, 1992, 1994). All'interno della successione sono riconoscibili strati da spessi a molto spessi (fino a 3 m), rapporto a/p>>1, granulometrie da ruditiche medio-fini ad arenitiche medio-grossolane, presenza diffusa di strutture erosive basali (piccoli scour, strati amalgamati, larga diffusione di intraclasti pelitici e arenitici erosi dal substrato, impronte da corrente di tipo groove-cast molto diffuse e strutture da impatto), sorting moderato, gradazione diretta o in alcuni casi assenza di gradazione, sequenze di Bouma incomplete di tipo Ta; Ta-d e Ta-e, strutture da sfuggita di fluidi diffuse. Questi strati possono essere attribuiti a meccanismi deposizionali di tipo torbiditi ad alta densità ed indicano una deposizione in massa in una zona ad alta efficienza del sistema deposizionale in cui si depositavano essenzialmente sabbia e ghiaia. Le caratteristiche stratigrafiche di questa parte della sezione risultano compatibili con un ambiente di lobo di conoide secondo quanto ipotizzato da CASNEDI (1982). A questo tipo di associazioni si alternano successioni di strati di spessore medio a granulometria arenitica medio-grossolana caratterizzati da geometrie piano

parallele e da un rapporto a/p mediamente uguale ad 1. Le Arenarie di Monte Gottero sono caratterizzate da una composizione di tipo arcosico. Nell'ossatura sono riconoscibili frammenti di quarzo e feldspati ed in quantità subordinate da frammenti di rocce granitoidi, rocce metamorfiche di basso grado, vulcaniti acide e rari frammenti carbonatici di piattaforma (grainstone ad ooliti e peloidi). Nella parte alta della successione in prossimità del passaggio con le Argilliti di Giaiette sono stati recentemente riconosciuti strati arenitici contenenti frammenti di ofioliti (PANDOLFI, 1997). Nella parte superiore della formazione, in particolare nei settori di M. Ghiffi e di Malanotte sono presenti intercalazioni lenticolari di argilliti varicolori, argilliti marnose e marne (ia) contenenti talvolta brecce monogeniche a matrice argillitica prevalente con clasti da angolari a subangolari di calcilutiti. Gli studi biostratigrafici effettuati sulla successione delle Arenarie di Monte Gottero del M. Zatta e nelle aree immediatamente più a sud del Foglio indicano un'età Campaniano superiore-Maastrichtiano inferiore per il passaggio agli Scisti Zonati (MONECHI & TREVES, 1984; MARRONI & PERILLI, 1990), mentre il tetto della successione risulta di età Paleocene inferiore (PASSERINI & PIRINI, 1964; MARRONI & PERILLI, 1990). Le arenarie GOT, occupano la quasi totalità del bacino di alimentazione del T. Mogliana sia sulla dx idrografica su tutto il crinale di Costa di Braccalupo, sino in prossimità di M. Bocco dove affiorano le sovrastanti Argilliti di Giaiette, sia sulla dx orografica da M.Zatta, ove è generalmente ricoperto da un importante coltre detritica, sino a M. Pinarello.

- **GTT)** Le Argilliti di Giaiette (GTT - indicate nel P. di B. come Argilliti, Argilliti di Giaiette agGTT), sono costituite dall'associazione di argilliti e strati torbiditici pelitico-arenacei sottili a composizione silicoclastica con depositi clastici grossolani derivati principalmente dal rimaneggiamento di una successione del tipo Argille a Palombini e da una sequenza ofiolitica. All'interno delle Argilliti di Giaiette sono riconoscibili differenti litofacies la cui associazione è stata ritenuta indicative di un ambiente sedimentario di scarpata (TREVES, 1984; MARRONI,1991). La formazione delle Argilliti di Giaiette è caratterizzata da una associazione di facies molto complessa e spesso di difficile interpretazione. In modo schematico è possibile dividere questa formazione in due distinte litofacies: la prima è dominata da torbiditi sottili pelitico arenacee (Td-e e Tc-e di BOUMA, 1962) con scarsa continuità laterale, a composizione silicoclastica ed a granulometria arenitica fine, depositate da correnti di torbidità a bassa densità (facies F9 di MUTTI,1992). Nella seconda litofacies prevalgono depositi clastici grossolani associati ad argilliti (pebbly mudstone, pebbly sandstone, slide block) che sono attribuibili a meccanismi deposizionali di tipo debris flow coesivo e flussi iperconcentrati, e subordinatamente da correnti torbiditiche ad alta densità. Da un punto di vista composizionale deve essere messo in evidenza che le torbiditi in facies F9 presentano composizione silicoclastica dominata da quarzo (subarcose) e in modo subordinato da feldspati e una analisi petrografica qualitativa mostra

composizioni confrontabili con le Arenarie di Monte Gottero. Il secondo gruppo di depositi è invece dominato da materiale derivato da una successione di tipo ligure interno. Sia le torbiditi pelitico-arenacee sia le argilliti sono interessate da una intensa bioturbazione che caratterizza soprattutto la base delle torbiditi. Fra il materiale detritico presente le Argille a Palombini (sia come clasti nei pebbly-mudstone che come slide-block) sono nettamente prevalenti, ma sono stati rinvenuti clasti di serpentiniti, basalti, radiolariti e areniti di composizione analoga a quella delle Arenarie di Monte Gottero (Cfr. anche PERTUSATI, 1972). Il contatto fra gli Scisti del Bocco e le Arenarie di Monte Gottero è di tipo stratigrafico discordante (PERTUSATI, 1972). Le Argilliti di Giaiette hanno fornito nella località tipo associazioni di Microforaminiferi (PASSERINI & PIRINI; 1964; GALBIATI, 1968) e di nannofossili calcarei indicative del Paleocene inferiore (MONECHI & TREVES, 1984; MARRONI & PERILLI, 1990). Le argilliti GTT, affiorano diffusamente in prossimità del passo del Bocco, nella testata del bacino del T. Mogliana fra il M. Bocco, M. Vailea e le pendici Nord del M. Zatta.

- **b_{n1-4})** Depositi ghiaiosi e sabbiosi debolmente limosi di origine fluviale, di varia litologia, talora con una grossolana classazione, posti a varie altezze lungo le valli principali. I vari ordini di superfici terrazzate vengono indicati con numeri crescenti a partire dal più basso e recente (sigla b_{n1}) fino al più alto e antico (sigla b_{n4}). Localmente sono presenti terrazzi sia di ordine recente (b_{n1}) sia di più antichi (b_{n2}-b_{n4}). Quelli più recenti sono posti in prossimità dell'alveo attuale sono costituiti da una matrice sabbioso-ghiaiosa-ciottolosa che ingloba trovanti di dimensioni anche metriche, e si presentano per lo più reincisi ove non siano stati protetti da muri arginali. Quelli più antichi sono posti a quote anche elevate (10÷15m) rispetto all'attuale corso d'acqua e sono interdigitati verso monte con le coltri colluviali. Il terrazzo alluvionale più recente si sviluppa principalmente sulla sponda sx del T. Mogliana, come ad esempio nel punto di presa dell'impianto idroelettrico in oggetto, dove altresì l'alveo e la base della sponda dx sono in erosione e affiora diffusamente il substrato roccioso SZO. Lo spessore localmente è valutabile in 1-5m, molto spesso gli affioramenti più cospicui appartengono alle conoidi dei corsi d'acqua secondari che si sono riversate sul sottostante terrazzo del T. Mogliana. Questi hanno un assetto piuttosto acclive rispetto ai più modesti depositi laterali di fondo valle e possono risultare sopraelevati anche di oltre 5 metri rispetto all'alveo attuale. Dall'esame in sito tali depositi possono essere descritti come eterogenici ed eterometrici scarsamente diagenizzati, con granulometria variabile dalla ghiaia sino ai massi di grandi dimensioni (dimensioni anche metriche) e matrice sabbiosa (sabbia grossa), e possono presentare una leggera cementificazione degli intervalli inferiori. Rappresentano alluvioni generalmente estranee alla dinamica attiva del corso d'acqua interamente "colonizzatate" dalla vegetazione arborea ma che in occasione di piene eccezionali possono essere in parte rimobilizzate (erosioni ai bordi).

- **am)** Alluvioni mobili, attuali. Sono costituite prevalentemente da ghiaia molto grossa, ciottoli e massi di arenarie, marne, calcari marnosi, che rappresentano i tipi litologici principali presenti nel bacino; Nell'area di studio la granulometria è sempre molto eterogenea in senso verticale e laterale, imposta dall'energia del corso d'acqua estremamente variabile in relazione al carico idraulico(tipica del regime torrentizio), e dalle condizioni morfologiche del corso d'acqua controllate dalla presenza in alveo del substrato roccioso. Come specificato meglio nel capitolo successivo, le alluvioni mobili presenti nella zona di studio sono generalmente di scarso spessore è sono localizzate nei tratti a minor acclività o sono sospese su barre laterali in posizioni protette che possono essere riattivate solo in occasione di condizioni di piena. In molti tratti del corso del T. Mogliana in cui le pendenze dell'alveo sono >14%, le forze di trascinamento sono talmente elevate che non si trovano deposti sedimenti, sino a diametri del masso grosso. Altresì i Rii secondari possono presentare importanti accumuli detritici in alveo soprattutto in prossimità del fondo alveo.
- **a_4)** Rientrano in questa distinzione le coperture detritiche derivanti da processi di alterazione in situ e mobilizzate sui versanti, poco lontano dall'area sorgente, per processi gravitativi lenti e talora per ruscellamento. Sono costituite da clasti lapidei monogenici o poligenici (a seconda dei casi), generalmente di granulometria compresa tra la sabbia e la ghiaia, immersi in matrice pelitica talora abbondante.L'alterazione dei clasti si manifesta nell'arrotondamento degli spigoli, nelle forme di micro-dissoluzione delle facce, nella decalcificazione e nell'ossidazione dei minerali femici, dei solfuri ecc.
- **a_3)** Coperture detritiche di versante di spessore medio ed elevato dovute ad alterazione in situ ed in seguito mobilizzate da processi di versante, costituite da clasti eterometrici di varia litologia in matrice pelitica e sabbioso-ghiaiosa con estesa copertura pedogenetica, assai spesso rimaneggiata. Queste coperture, sono generalmente caratterizzate da clasti litoidi sostenuti da matrice pelitica, accumulati per lenti movimenti gravitativi superficiali e talora anche per ruscellamento. Essi non presentano uno spessore omogeneo risentendo della conformazione del substrato di cui tendono a colmare, ispessendosi, contropendenze o discontinuità morfologiche. Nella loro variabilissima forma, estensione e origine, propongono aspetti variabili anche dal punto di vista composizionale, geotecnico e idrogeologico. Sotto il profilo dell'equilibrio geomorfologico di versante esse mostrano in larga prevalenza condizioni che possiamo definire al limite di stabilità. Sono quindi soggette a lentissimi fenomeni di reptazione o al rischio di improvvisi e localizzati fenomeni di scoscendimento in occasione di eventi meteo estremi o sotto l'impulso sismico. Nel bacino sotteso l'accumulo detritico di versante di maggior estensione è ubicato in località Piane di Borzonasca (1000÷1400m), sulle pendici del M. Zatta.
- **a_1)** Depositi di frana recente in attività o con segni di riattivazione recente anche solo di una porzione dell'area di frana, sono rappresentati da accumuli

gravitativi di materiale eterogeneo ed eterometrico. Nell'area interessata dall'impianto (presa, condotta, centrale e rilascio) non sono stati rilevati fenomeni di frana riconducibili a questa fattispecie.

- **a_2)** Depositi di frana antica sono rappresentati da accumuli gravitativi antichi di materiale eterogeneo ed eterometrico talvolta coinvolgenti porzioni di substrato; essi possono distinguersi in frane relitte con caratteristiche di frane di materiali incoerenti semicoerenti, di origine spesso complessa, e in frane relitte con caratteri di frane in roccia, prevalentemente "frane di scivolamento gravitativo in massa", sia rotazionale sia planare di scaglie di substrato. Questi depositi sono presenti soprattutto in prossimità dei corsi d'acqua alla base dei tratti più acclivi e sono riconducibili perlopiù a conoidi; Localmente è presente un esteso accumulo detritico riconducibile ad un antico colamento stabilizzato (Debris flow) lungo il corso del T. Mogliana in sponda sx dalla zona di presa sino alla zona di rilascio, questa area si sviluppa anche nel tratto terminale del Rio Fossetto prima della confluenza ove si nota nelle coperture, la presenza di blocchi litoidi di forma arrotondata di dimensioni da decimetriche a plurimetriche, é individuata nella "Carta della Franosità Reale" del P.D.B. col N.140068 ed è classificata come Frana Stabilizzata; Altra frana antica indicata nella Carta della Franosità del P.di B. col N.140067 e classificata come Frana Quiescente, anche se non ancora completamente conosciuta nella sua estensione e cinematismo, interessa l'abitato di Pontegiacomo. Questa è soggetta in alcuni punti a lenti movimenti gravitativi e secondo quanto indicato nella relazione del Piano degli Interventi del P.di B. Ambito 16 "*La rete viaria e diverse abitazioni risultano lesionate. Appaiono necessari interventi di monitoraggio tramite tubi inclinometrici ed interventi di protezione al piede dell'accumulo (gabbionate e opere di ingegneria naturalistica);* Da quanto è emerso in sede di sopralluogo anche da interveste con i residenti, l'area in cui la paleofrana si sarebbe riattivata è circoscritta interesserebbe la sede viaria di accesso all'abitato superiore, alcuni terreni privati e due fabbricati abitativi, attualmente abitati, che presentano un quadro fessurativo non ancora preoccupante (sarebbero state svolte nel passato delle prove penetrometriche e sismiche? che avrebbero individuato il substrato a circa 7m di profondità in prossimità della strada); Si evidenzia che l'area riattivata è molto distante dai terreni interessati dall'impianto in progetto.

3 - ANALISI GRANULOMETRICA DEI SEDIMENTI

La morfologia di un corso d'acqua naturale e le sue caratteristiche idrauliche e biologiche dipendono dai materiali costituenti l'alveo. L'analisi granulometrica dei sedimenti è, quindi, necessaria e propedeutica allo studio di molteplici aspetti quali:

- Analisi della capacità di trasporto solido di fondo e stima della portata solida;
- Studio della scabrezza idraulica;
- Analisi delle condizioni di inizio del trasporto solido di fondo;
- Caratterizzazione e differenziazione tra tipologie morfologiche dei corsi d'acqua;
- Valutazione degli habitat fluviali.

Gli alvei torrentizi naturali sono caratterizzati da un insieme di elementi inerti (clasti), derivanti dalla disgregazione e fratturazione delle rocce presenti nella composizione geologica del bacino. La natura geologica delle rocce si pone quindi, come fattore predisponente la forma e le dimensioni degli elementi stessi. L'insieme del materiale si presenta eterogeneo: clasti di dimensioni maggiori sono immersi in un corpo di matrice di materiale più fine, a testimoniare la netta differenziazione diametrica e volumetrica. Così, nella caratterizzazione granulometrica si rinverranno particelle fini (sabbie, Ø<2mm) a contatto con clasti di dimensioni ragguardevoli (massi, Ø>256mm). Le caratteristiche granulometriche del letto dei torrenti concorrono più o meno direttamente, assieme a fattori quali pendenza, geometria della sezione e della valle, e condizionamenti esterni, alla determinazione della tipologia morfologica, definibile come l'insieme degli elementi distintivi assunti dall'alveo in uno specifico tratto.
L'individuazione del materiale formante il letto del torrente e la determinazione dei suoi parametri diametrici in termini statistici, ha richiesto il rilievo degli elementi costituenti lo strato superficiale dell'alveo stesso. Lo scopo principale del rilievo è quello di derivare dall'analisi campionaria dell'intera popolazione dei clasti presenti, quei parametri statistici specifici, in grado di rendere operativa l'applicazione di procedure analitiche volte all'analisi idrologica ed idraulica. Risulta evidente come l'estrazione del campione debba rappresentare l'intera popolazione, soprattutto in torrenti dotati di tratti a elevata eterogeneità granulometrica, come nel caso in esame, cercando quindi di definire un campione con caratteristiche il più possibile veritiere, e che sia rappresentativo dei materiali costituenti il letto. La procedura di campionamento adottata è stata di tipo numerale con rilievo del solo strato superficiale del torrente. Il dato ottenuto è, in effetti, rappresentativo dello strato superficiale del letto del corso d'acqua, spesso caratterizzato da una granulometria più grossolana rispetto ai sedimenti sottostanti protetti dalla corrente (corazzamento). La scelta di tale metodologia è obbligata poiché i diametri più rappresentativi del sedimento sono inseribili nell'ordine della ghiaia grossa/molto grossa con la presenza di numerosi ciottoli e localmente con significativa/esclusiva presenza di massi. Ciò ha escluso l'applicabilità del metodo ponderale, basato cioè sul prelievo diretto del materiale d'alveo, con successiva vagliatura e pesatura finale. Il metodo ponderale si applica infatti, per il rilievo in torrenti caratterizzati da sabbia e ghiaia, dove i pesi e di conseguenza il sedimento campionabile, risulta di modesta entità. Il metodo numerale invece, si applica per alvei ghiaiosi o ciottolosi, con massi; si provvede alla misura diretta in campo del diametro medio di ogni elemento, attraverso specifici metodi di campionamento. Si tratta di individuare le frequenze numerali dei diametri all'interno del campione, ovverosia il numero delle particelle appartenenti ad una determinata classe diametrica. A tal proposito per far rientrare ogni elemento in un specifica classe, derivandone poi la frequenza in termini relativi e assoluti, si adotta la classificazione dei sedimenti proposta dall'American Geophysical Union (AGU). Viene suggerito l'utilizzo della scala di Wentworth, cioè un sistema di classificazione basato su una progressione esponenziale dei diametri:

$$D = 2^{-\varphi} \quad (1)$$

$$-\varphi = \log \quad (2)$$

in cui,

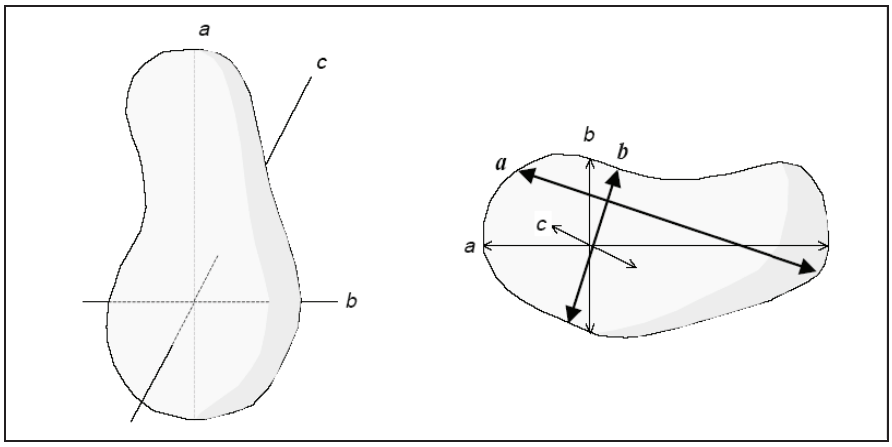
D = diametro medio espresso in mm, e $-\varphi$ = indice (intervallo pari a 0,5).

Con valori di φ compresi tra -12 e +12 si completa l'intero range diametrico dei clasti presenti nei corsi d'acqua, con variazioni tra 4096 mm (massi molto grossi) e 0.002 mm (argilla). Assai spesso, la distribuzione di frequenza dei diametri risulta essere di tipo log – normale: è quindi, opportuno trasformarla in una distribuzione normale (gaussiana o a campana). La caratterizzazione statistica della distribuzione log normale è più difficoltosa rispetto ad una distribuzione normale, per la quale invece sono presenti procedure standards (Vianello, 2005). A tal proposito la scala di Wentworth procede alla conversione secondo la tabella seguente:

Tipo di sedimento	Indice: - ϕ $2^{-\phi}$	Classe diametrica D (mm)
Massi molto grossi	$2^{12} - 2^{11.5}$	4096 – 2896
Massi molto grossi	$2^{11.5} - 2^{11}$	2896 – 2048
Massi grossi	$2^{11} - 2^{10.5}$	2048 – 1448
Massi grossi	$2^{10.5} - 2^{10}$	1448 – 1024
Massi medi	$2^{10} - 2^{9.5}$	1024 - 724
Massi medi	$2^{9.5} - 2^{9}$	724 – 512
Massi piccoli	$2^{9} - 2^{8.5}$	512 – 362
Massi piccoli	$2^{8.5} - 2^{8}$	362 – 256
Ciottoli grossi	$2^{8} - 2^{7.5}$	256 – 181
Ciottoli grossi	$2^{7.5} - 2^{7}$	181 - 128
Ciottoli piccoli	$2^{7} - 2^{6.5}$	128 – 90
Ciottoli piccoli	$2^{6.5} - 2^{6}$	90 – 64
Ghiaia molto grossa	$2^{6} - 2^{5}$	64 – 32
Ghiaia grossa	$2^{5} - 2^{4}$	32 – 16
Ghiaia media	$2^{4} - 2^{3}$	16 – 8
Ghiaia fine	$2^{3} - 2^{2}$	8 – 4
Ghiaia molto fine	$2^{2} - 2^{1}$	4 – 2
Sabbia molto grossa	$2^{1} - 2^{0.5}$	2 – 1.4
Sabbia grossa	$2^{0.5} - 2^{-1}$	1.4 – 0.5
Sabbia da media a molto fine	$2^{-1} - 2^{-4}$	0.5 – 0.06
Limo	$2^{-4} - 2^{-8}$	0.06 – 0.004
Argilla	$2^{-8} - 2^{-12}$	0.004 – 0.002

Scala granulometrica di Wentworth.

Particolare attenzione si pone sull'effettivo e corretto diametro del clasto da misurare. Paragonando un singolo clasto ad un ellissoide, come evidenziato nella figura sottostante, si rinvengono tre assi tra loro perpendicolari. L'asse intermedio (b) è tale da consentire il passaggio dell'elemento attraverso un ipotetico vaglio ed è pertanto quello oggetto di misura. La valutazione non corretta dell'orientamento di tale diametro da parte dell'operatore è la principale fonte di errore.



Definizione degli assi delle particelle. (Yuzyk 1986 e Yuzyk e Winkler 1991).

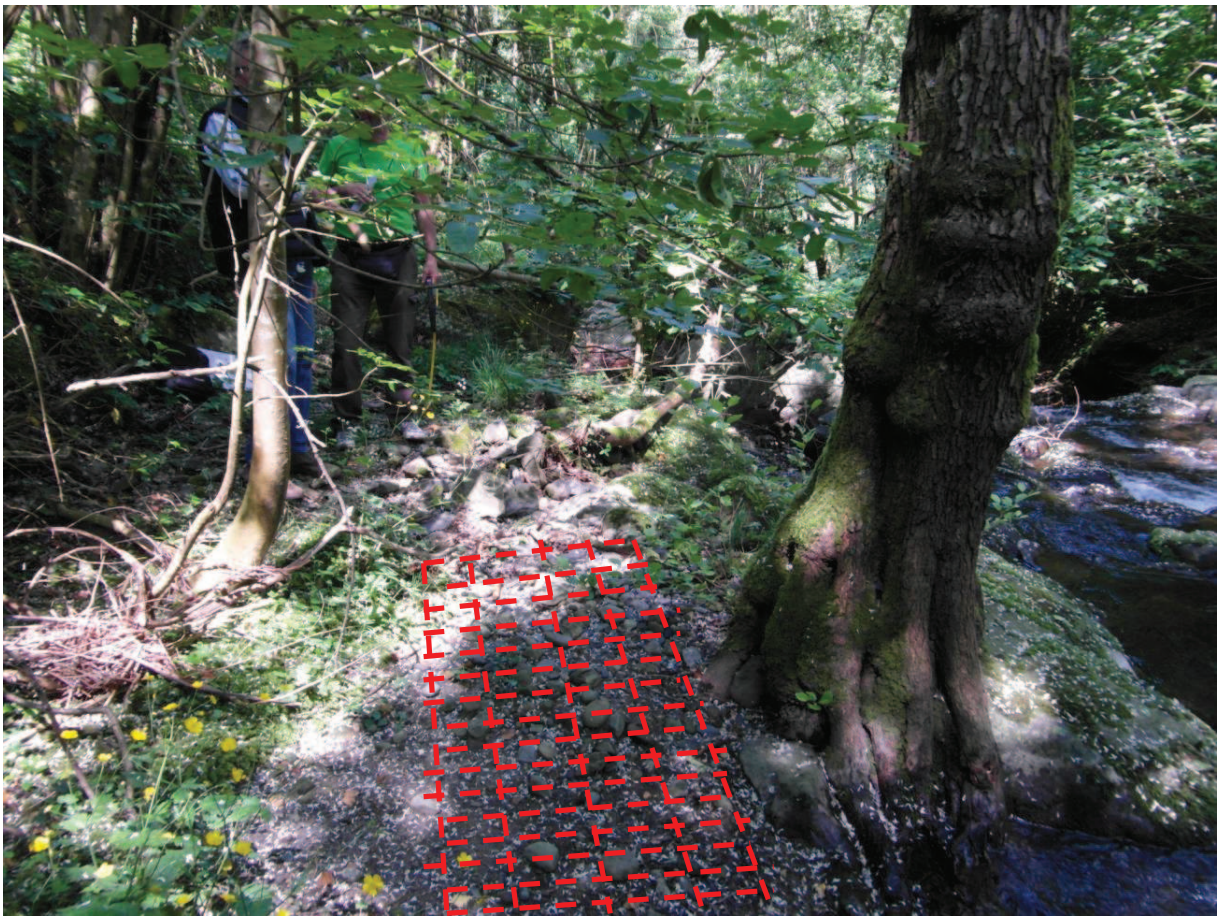
Esistono diverse tipologie e modalità di esecuzione del campionamento numerale, sulla base di quanto proposto da vari autori, si è scelto di operare con il metodo a reticolo (Wolman 1954) opportunamente dimensionato per tener conto delle condizioni d'alveo e delle granulometrie presenti. Secondo questa metodologia (grid by number o grid counts) le particelle sono misurate sotto una griglia che ricopre una superficie prestabilita. Si procede alla misurazione degli elementi seguendo uno schema a maglie quadre di lato pari all'unità spaziale di riferimento adottata. La griglia così formata presenta dei nodi (i vertici dei quadrati) dal cui incrocio si individua a terra l'elemento lapideo da misurare. Questo metodo si applica principalmente in tratti d'alveo larghi, dove la realizzazione della griglia non pone problemi di spazio ma opportunamente dimensionato è adattabile anche ad alvei di dimensioni contenute. Questo metodo rispetto a quello a linea (censimento dei clasti lungo una linea parallela al flusso della corrente) o a zig-zag (censimento dei clasti lungo una linea che passa obliquamente da una sponda all'altra del corso d'acqua) riesce a censire con maggior discriminazione i clasti, poiché il rilievo viene distribuito su una superficie e tralasciando particolari zone di accumulo a granulometria uniforme (generalmente più ampia è la superficie maggiore e la qualità del campionamento).

Nel nostro caso ai fini progettuali sono state scelti due siti di campionamento uno all'altezza della presa ed uno nella zona di rilascio e tenuto conto dei seguenti aspetti:

- Il campionamento è stato in questa fase limitato a due stazioni poste in punti significativi ai fini progettuali ed anche in relazione alle condizioni operative (difficoltà d'accesso all'alveo, sommersione del deposito);
- Lunghi tratti dell'alveo sono direttamente in erosione sul substrato roccioso e non sono presenti depositi se non massi grossi o molto grossi (Tratti generalmente con pendenza alveo ≥14%).
- In lunghi tratti d'alveo si rileva la presenza di soli massi o ciottoli grossi con presenza di granulometrie di diametro b>181mm (Tratti generalmente con pendenza alveo ≥9%). Granulometrie inferiori sono presenti in zone a pendenza minore o protette (barre sospese, zone corazzate), non direttamente esposte al flusso della corrente.
- L'unità spaziale di riferimento (passo), cioè la misura dell'interdistanza tra elementi è generalmente posta pari a 1÷2 volte il Dmax al fine di evitare fuorvianti doppi conteggi. Nel caso in esame in relazione alle ridotte superfici delle stazioni di campionamento non sempre è stata rispettata tale regola ma è prossima al Dmax.

- È stato rispettato il numero di elementi da campionare; secondo la letteratura scientifica per avere un campione statisticamente rappresentativo, è opportuno censire almeno 80÷100 elementi; superare eccessivamente tale quota non è sempre remunerativo dal punto di vista statistico.

Lungo il corso d'acqua, nei tratti di studio, non sono presenti depositi alluvionali con superfici sufficientemente estese e di dimensioni equivalenti, quindi, non si è potuto operare con lo stesso reticolo di misura in tutte le stazioni, ciò determina una qualità dei dati raccolti non del tutto corretta e non omogenea. Questi dati devono, quindi, essere interpretati in relazione anche alle caratteristiche delle singole stazioni di misura, come precisato successivamente. In particolare si è operato creando una griglia, con l'ausilio di cordella metrica e metro rigido posto perpendicolarmente alla stesa, campionando un punto ogni 0,2m nella Stazione n.1 e ogni 0,3m nella S.2, misurando il diametro b (diametro intermedio) del clasto in quel punto. Il rilievo è proseguito per 80 punti/nodi, coprendo una superficie minima di 3,0mq nella stazione S.1, di 7,2mq nella S.2.



Schematizzazione del reticolo di misura nella stazione S.1.

La stazione tipo è, quindi, composta di un allineamento principale parallelo al flusso del corso d'acqua cui sono interspaziati dei transetti ortogonali.

I transetti sono stati ottenuti posizionando ortogonalmente alla linea principale un metro rigido da un lato e dall'altro dell'allineamento ottenendo, cinque misure per transetto. Le campionature sono state svolte sui sedimenti esposti sulla superficie del letto ove in secca o in sub-sommergenza ed i clasti misurati con il calibro o metro a seconda delle dimensioni.

Le misure dei diametri medi sono state restituite in via analitica e grafica ed hanno consentito di realizzare le curve granulometriche di frequenza relativa (percentuale di ogni classe diametrica rispetto alla totalità del campione) e assoluta (percentuale di sedimento più fine per una determinata classe diametrica). Per rendere il confronto possibile tra più campioni è stato indispensabile individuare i diametri caratteristici o percentili (Dx), ovvero il diametro (D) corrispondente alla percentuale (x) di sedimento passante, con procedura analitica attraverso interpolazione lineare secondo la nota equazione:

$$\varphi_x = \varphi_{inf} + ((\varphi_{sup} - \varphi_{inf}) / (F_{sup} - F_{inf})) * (F_x - F_{inf})$$

in cui,

φ_x = indice relativo al percentile F_x incognito;

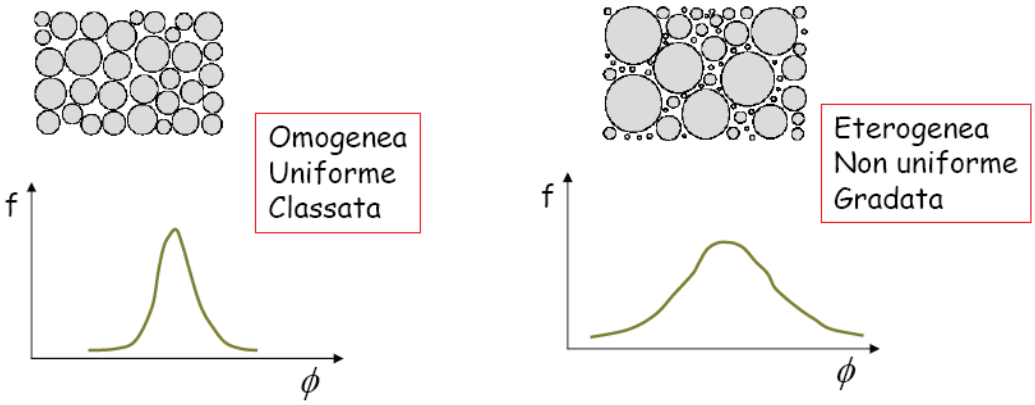
φ_{inf} e φ_{sup} = indici immediatamente inferiori e superiori ricavabili dai dati di frequenza campionati.

Per ogni stazione è stata realizzata con un foglio di calcolo, una scheda di rapporto in cui sono visualizzate le misure dei diametriche, sia in mm che in indice -ϕ secondo la Scala granulometrica di Wentworth, ed, inoltre, è sono riportate la curva relativa e cumulata, ed i principali parametri statistici che descrivono la granulometria del sedimento:

- tendenza centrale (moda, media, mediana);
- ampiezza della distribuzione (deviazione standard, modulo di uniformità);
- simmetria.

Si ricorda che:

- la moda indica la frequenza relativa maggiore, cioè la classe diametrica prevalente (picco della distribuzione) che secondo alcuni autori è quella che rappresenta meglio il sedimento soprattutto se costituito da ghiaie. In effetti, la classe diametrica di moda è quella maggiormente distribuita arealmente sul letto del corso d'acqua e, quindi, influisce in modo determinante sulle caratteristiche idrauliche del corso d'acqua.
- Il diametro medio del sedimento rappresenta il baricentro della curva di frequenza.
- La mediana rappresenta il centro della distribuzione cumulata e corrisponde al diametro che divide la curva in due parti equivalenti in termini di area, corrispondenti al D_{50}.
- L'ampiezza della distribuzione o curva granulometrica, definisce l'uniformità e l'eterogeneità del campione analizzato in ogni stazione. Quanto più una miscela granulometrica è eterogenea (granulometrie fini e grossolane), minore è il grado di uniformità e il grado di classazione, come di seguito raffigurato.



Nel dettaglio i parametri statistici sono stati valutati con le seguenti relazioni generalmente usate nelle analisi granulometriche, e ritenute rappresentative del sedimento anche per analisi di tipo numerale secondo Bunte e Abt (USDA-2001) e Vianello (2005):

- Il diametro medio si calcola come media pesata:

$$D_m = \varphi_m = (\Sigma\ f_i\ \varphi_i)/100\ ;$$

dove il diametro medio in mm è dato dalla seguente $D_m = 2^{-\varphi m}$

- Il coefficiente di Uniformità è ben rappresentato dalla seguente relazione:

$$U = D_{60}/D_{10};$$

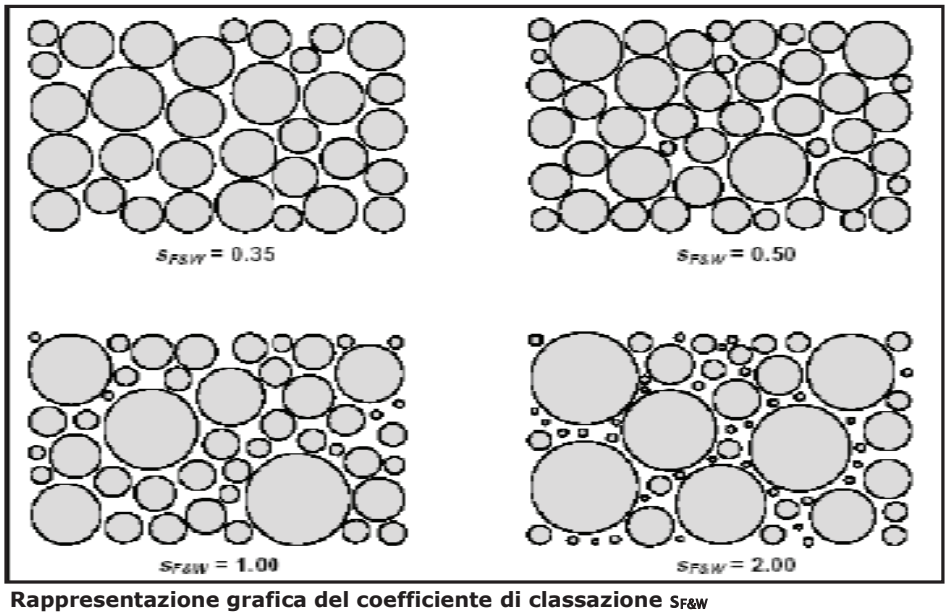
Per valori di $U<1,35$ la distribuzione è ritenuta uniforme.

- Coefficiente di classazione (Folk&Ward - 1957) =

$s_{F\&W} = |(\varphi_{84} - \varphi_{16})/4)| + |(\varphi_{95} - \varphi_5)/6.6)|$

È un parametro molto "sensibile" perché tiene conto dei percentili estremi (D_5 e D_{95}) della distribuzione granulometrica (code della distribuzione). I valori ottenuti sono stimati secondo la seguente tabella:

Coefficiente di Classazione $s_{F\&W}$	Grado di Classazione
>4	estremamente basso
2÷4	molto basso
1÷2	basso
0.71÷1	moderato
0.50÷0.71	moderatamente elevato
0.35÷0.50	elevato
<0.35	molto elevato



Rappresentazione grafica del coefficiente di classazione $s_{F\&W}$

- Coefficiente di asimmetria (Folk&Ward - 1957) =

$sk_{F\&W} = [(\varphi_{84} - \varphi_{50})/ (\varphi_{84} - \varphi_{50})] - [(\varphi_{50} - \varphi_5)/ (\varphi_{95} - \varphi_5)]$

I valori ottenuti sono descritti da Folk e Ward nel modo seguente:

Coefficiente di asimmetria $sk_{F\&W}$	Descrizione
-1 ÷ -0.3	Molto asimmetrica verso il fine
-0,3 ÷ -0,1	Asimmetrica verso il fine
-0,1 ÷ 0,1	Quasi simmetrica
0,1 ÷ 0,3	Asimmetrica verso il grossolano
0,3 ÷ 1	Molto asimmetrica verso il grossolano

Nella tabella seguente sono raccolti i principali parametri calcolati nelle due stazioni di misura (per i percentili D_{95},D_{60}, D_{16} e D_5 si rimanda alle schede allegate):

Sito di Misura		GRANULOMETRIE ALVEO								PARAMETRI STATISTICI		
Stazione	Sez. progetto (Quota m s.l.m.)	D_{90} [mm]	D_{84} [mm]	D_{70} [mm]	D_{50} [mm]	D_{30} [mm]	D_{10} [mm]	Diametro medio D_m [mm]	MODA *classe diametrica prevalente (mm)*	Coeff. di Uniformità U	Coeff. di Asimmetria $sk_{F\&W}$	Coeff. di Classazione $s_{F\&W}$
S.1	C÷C (438)	139	108	77	47	30	22	47	Ghiaia molto grossa (64-32)	2,52	0,16	1,00
S.2	(343)	560	296	182	78	50	27	89	Ghiaia molto grossa (64-32)	3,73	0,21	1,51

I valori riassunti risentono nell'analisi granulometrica delle differenti dimensioni della spaziatura di campionamento e delle particolari condizioni dei siti di misura, pur presentando una certa uniformità soprattutto dei parametri statistici che denota la presenza di un sedimento eterogeneo, non uniforme e con grado di classazione da basso a moderato. Si noti ad esempio come era lecito aspettarsi nella barra sospesa e protetta di S.1, siano state rilevate classi diametriche più minute rispetto ad esempio alla S.2 ubicata in un tratto a minor acclività del T. Mogliana in una posizione protetta ma in continuità con l'alveo di magra. In generale la classe granulometria prevalente (moda) è quella della Ghiaia molto grossa, anche se sono rimarcate delle differenze nella distribuzione granulometrica dei sedimenti. Si ricorda che le piene formative (ad alveo pieno), con un trasporto solido di fondo ingente corazzano l'alveo uniformando le granulometrie prevalenti.

I parametri statistici denotano una distribuzione granulometrica con una certa asimmetria verso il materiale grossolano in analogia con la distribuzione caratteristica dei tratti montani dei corsi d'acqua. Si evidenzia tuttavia che nel caso di piene formative le energie in gioco nel T. Mogliana sono talmente elevate che possono essere trasportati blocchi con diametri metrici come testimonia l'assenza di sedimento in lunghi tratti d'alveo con roccia affiorante.

Come già indicato, il campionamento numerale è una fotografia dell'alveo attuale, e non consente di verificare le granulometrie al disotto dello strato superficiale (corazzamento) e, quindi, i risultati dell'analisi granulometrica possono mutare a seguito di piene con differente capacità di trasporto. In effetti nella stazione di misura S.1, sotto la copertura di prelaventi ghiaie molto grosse è presente una "sacca" di sabbie da medie a grossolane (ø=1÷2mm).

4 - GEOMORFOLOGIA - ANALISI MORFOMETRICHICHE E IDROLOGICHE DEL BACINO SOTTESO DALLA PRESA

Il bacino del del T. Mogliana si sviluppa con una forma allungata in direzione ENE-WSW, con in testata l'arco montuoso che si sviluppa fra il M.te Bocco (1084m) e la cresta del M.te Zatta (1402), sino alla confluenza di sinistra con il Torrente Sturla a valle del centro abitato di Borgonovo (85m). L'intero bacino presenta una superficie drenante di circa 10,9 kmq.

L'analisi morfometrica del bacino si è concentrata sulla porzione sottesa dalla presa dell'impianto idroelettrico in progetto posta intorno alla quota 439m s.l.m. Questa porzione del bacino di forma circolare (*Rotonda-Ovale Rotonda*), si sviluppa in un ambiente da collinare a montano caratterizzato da acclività elevate *(pendenza media del bacino calcolata con il metododo di Peucker-Finsteerwalder, intono a 28°)* da aste torrentizie scarsamente gerarchizzate e con un reticolo idrografico molto esteso *(Lunghezza totale dei segmenti costituenti le aste individuate su DTM Regione Liguria scala 1:5000 ΣL=22,1 km)*. In questa porzione del bacino, sono presenti tre corsi d'acqua principali con ordine di gerarchizzazione secondo Strahler N>2 (ved. all. Stralcio Carta Idrogeologica del P.di B.), che contribuisco alla portata del T. Mogliana sotteso dalla presa dell'impianto in progetto, questi sono procedendo da NW verso SE:

- **Il Rio della Valle delle Fornaci** affluente di sinistra, il cui sottobacino si sviluppa fra il crinale che comprende M.te Bocco (1084m), Passo del Bocco (957m) e M.te Vallea (1041m), e la confluenza posta intono alla quota assoluta 826m, su una lunghezza complessiva dal crinale di circa 1193m. Si tratta di un rio che in testa al bacino scorre sulla formazione argillitica delle Argilliti di Giaiette (GTT), in un alveo caratterizzato da una media acclività ed andamento lievemente arcuato con salti e pozze. Intorno a quota 875m entrando nel dominio delle arenarie del M. Gottero (GOT) il corso d'acqua portandosi su pendenze elevate che raggiungono per lunghi tratti valori intorno a 30°, diventa rettilineo. In questo tratto sino alla confluenza, considerata sia l'elevata acclività che le litologie attraversate vi sono le condizioni geomorfologiche per l'innesco, in occasione di fenomeni meteo eccezionali a carattere alluvionale, di colate detritiche (debris-flow), ancorché allo stato attuale non sia stata rilevata sulla cartografia della franosità del P. di B. la presenza di accumuli detritici di una certa

entità ma solo forme di erosione di fondo. Il suo reticolo presenta un ordine massimo di gerarchizzazione del bacino secondo Strahler (1952) N=3. Il rio, come sopra indicato, scorre nella porzione più elevata del sottobacino, sulle Argilliti di Giaiette da considerarsi impermeabili (aree ad elevato coefficiente di deflusso in occasione di piogge) ed è alimentato probabilmente da sorgenti poste nelle sottostanti Arenarie del M.te Gottero (GOT), inoltre presenta una superficie d'alimentazione di una certa importanza intorno a 0,51 kmq.

- **L'asta principale del Torrente Mogliana**, a monte della quota 892 si divide in due corsi, l'uno più breve, lungo circa 869m *(Secondo la D.T.M. la lunghezza dell'asta è pari a 759m ma è stata estesa di circa 110m verso monte, secondo la lunghezza indicata sulla CTR 1:5000, che pare essere più rispondente alla realtà),* con un'estensione del sottobacino di 0,28 kmq, ed orientato verso NE, generalmente indicato nelle cartografie come il T. Mogliana che raggiunge il passo del Bocco (957m), e l'altro più lungo, circa 1458m *(D.T.M. 1424m + 34m)*, con un sottobacino sotteso di 0,66 kmq, ed orientato verso SE che si inserisce nella Valle della Razzegua e raggiunge le pendici del M. Zatta (1402m). Le analisi morfometriche sottoriportate sono state svolte con riferimento all'asta più breve che raggiunge il Passo del Bocco. Il tratto verso il M. Zatta, in effeti, scorre in terreni permeabili costituiti in primis dalle arenarie del M.Gottero e da importanti accumuli detritici che costituiscono probabilmente il bacino di alimentazione "perenne" del corso d'acqua, ma che in occasione di eventi meteo intensi hanno anche la funzione di rallentare il deflusso e la formazione dell'onda di piena. Questi accumuli detritici costituiti da depositi detritici eterogenei ed eterometrici (a_3) si estendono su di un'area vasta, denominata Piane di Borzonasca (1000÷1400m) sulle pendici del M. Zatta. Il tratto verso il Passo del Bocco scorre, altresì, in un'area caratterizzata dalla presenza delle argilliti di M. Giaiette impermeabili o scarsamente permeabili con sottobacino si sviluppa dal crinale posto su quote comprese 1041÷957m (M.te Vallea e Passo del Bocco), sino alla sezione di presa per una lunghezza complessiva dell'asta principale di circa 2614m *(D.T.M. 2542m + 110m)*. Il reticolo sotteso si delinea da quota 1270m (ramo verso il M. Zatta) e presenta un ordine massimo di gerarchizzazione del bacino secondo Strahler (1952) N=4.
- **Il Rio Fossetto**, il cui sottobacino si sviluppa su una superficie complessiva di 1,55kmq e si estende fra il crinale posto su quote comprese fra 825÷1354m (M. Ringo - Pendice del M. Zatta), e la confluenza con il T. Mogliana posta, poco a monte della sezione di presa, alla quota assoluta 445m, con una lunghezza complessiva dell'asta principale di circa 2250m (D.T.M. 2213m + 37m). Si tratta di un rio che si

sviluppa nella parte alta del bacino sino intorno a quota assoluta 600m, essenzialmente su di un substrato appartenente alle arenarie del M. Gottero (GOT), per poi interessare gli Scisti Zonati (SZO). L'area di ricarica delle sorgenti è posta essenzialmente all'interno delle arenarie del M. Gottero, l'aquifero più importante dell'areale, ma sono presenti sorgenti anche all'interno degli scisti zonati. Non presenta tratti che interessano corpi di frana attiva ma sono presenti locali sacche di coperture detritiche di una certa consistenza (a_3), che sono di una certa rilevanza in prossimità della confluenza con l'asta del T. Mogliana. Il suo reticolo si delinea da quota 1325m e presenta un ordine massimo di gerarchizzazione del bacino secondo Strahler (1952) N=3.

Nelle tabelle sottostanti sono riassunte le caratteristiche principali del bacino del Torrente Mogliana, relativamente all'asta che raggiunge il Passo del Bocco, sotteso all'altezza della presa dell'impianto in progetto(Ved. Allegato Foglio di calcolo Analisi Morfometriche):

PARAMETRI MORFOMETRICI DEL BACINO DEL T. MOGLIANA SOTTESO DALLA PRESA (635m)			
Q_{min} =	439	m	Altezza minima del bacino alla sezione di misura sul livello del mare
Q_{max} =	1402	m	Altezza massima del bacino sul livello del mare
S_{Tot} =	5,19	Kmq	Superfice totale del bacino sotteso alla sezione di misura
P =	9970	m	Perimetro del bacino corrisponde alla lunghezza dello spartiacque sino alla chiusura
L_p =	2662	m	Lunghezza dell'asta fluviale principale dalla sezione di misura allo spartiacque
N_{max} =	5	-	Ordine massimo di gerarchizzazione del bacino secondo Strahler (1952)
N_1 =	62	-	Nunero di aste del primo ordine secondo Strahler (1952)
G_a =	22	-	Numero di anomalia gerarchica
ΣL =	22068	m	Lunghezza totale dei segmenti fluviali del bacino

Al fine di ottenere la curva ipsografica e la curva ipsografica percentuale il bacino è stato segmentato in tante superfici comprese fra isoipse interspaziate di 100m, di cui è stata calcolata l'area, ed i parametri necessari allo sviluppo delle formule presenti in letteratura che descrivono le caratteristiche morfologiche e idrologiche del bacino.

RISULTATI ANALISI MORFOMETRICHE DEL BACINO DEL RIO GAVANO SOTTESO DALLA PRESA (635m)							
$S_{1/2}$ =	2,60	Kmq	Metà superficie del bacino				
$H_{1/2}$ =	988	m	57	%	Altitudine mediana del bacino imbrifero (metà superficie del bacino)		
H_{med} =	921	m	50	%	Altezza media del bacino imbrifero		
M =	3,66	-	Rapporto di Melton				
I_{med} =	55,60	%	29,08	°	Pendenza media del bacino (metodo Peucker-Finsterwalder)		
R_c =	0,66	-	Rapporto di circolarità				
F_f =	1,04	-	Fattore di forma				
R_{all} =	0,97	-	Rapporto di allungamento			Descrizione asta principale =	Raccolta
i_{med} =	36,18	%	19,20	%	Pendenza media del corso d'acqua		
Φ =	1,23	-	Coefficiente di Gravelius			Descrizione forma del bacino =	Rotonda-Ovale Rotonda
T_C =	0,54	ore	32	minuti	Tempo di corrivazione secondo la formulazione di Giandotti		
T_C =	0,48	ore	29	minuti	Tempo di corrivazione secondo la formulazione di Ventura		

T_C =	44	minuti	22	minuti	Intervallo di valori plausibili del tempo di corrivazione
ga =	4	-	Densità di anomalia gerarchica		
Δ_a =	0,35	-	Indice di anomalia gerarchica		
D =	4,25	Km^{-1}	Densità di drenaggio		

Le grandezze morfologiche caratteristiche relative al bacino collinare/montano sotteso rilevano una altezza mediana elevata che influisce sulle temperature medie annue e quindi sul bilancio idrico; inoltre la particolare disposizione del bacino orientata verso NE-SW determina una riduzione della temperaturatura media annua, che può essere stimata, secondo vari autori, in circa 1°C. Le analisi confermano le osservazioni fatte durante i sopralluoghi in particolare si noti l'elevata pendenza media del bacino e del corso principale che incide sui tempi di corrivazione e sul trasporto solido. L'indice di anomalia gerarchica consente di valutare l'organizzazione della rete di drenaggio: valori intorno a 0,1 o inferiori indicano reti ben organizzate mentre valori prossimi a 1 o superiori sono indice di disorganizzazione. La disorganizzazione di una rete di drenaggio può dipendere da un controllo strutturale, che ha costretto il reticolo a svilupparsi secondo direzioni prestabilite, o dall'impostazione recente del reticolo idrografico (es. estesi franamenti, fenomeni di neotettonica) che non è ancora riuscito ad organizzarsi. Nel caso in esame il valore pari 0,35 è da ritenere non elevato e testimonia una sufficiente organizzazione del reticolo idrografico, che solo in pochi tratti è interessato da un "controllo strutturale" che disturba la distribuzione e ramificazione del reticolo. Anche i corpi detritici più estesi Piane di Borzonasca (1000÷1400m) sono posizionati a quote elevate e non interessano per lunghi tratti le aste torrentizie. Queste in effetti sono impostate direttamente in erosione sul substrato roccioso. La densità di anomalia gerarchica (ga) indica il numero di anomalie per chilometro quadrato ed è sostanzialmente basso a conferma di quanto detto.

Altro parametro importante è la densità di drenaggio (D) definita come il rapporto fra la lunghezza totale dei segmenti fluviali del bacino (ΣL) e l'area del bacino stesso (S_{tot}).

I valori di questo parametro sono tanto più elevati quanto più elevate sono l'impermeabilità e l'erodibilità dei litotipi affioranti e quanto più alto è il loro grado di fratturazione (Valori intorno a $D=3km^{-1}$ sono stati riscontrati ad esempio in bacini con reticoli poco sviluppati impostati su litotipi calcareo-marnosi-arenacei meno permeabili e meno erodibili di altri bacini con reticolo più sviluppato e maggiore erodibilità, es. argille, con valori intorno $D=17km^{-1}$). Anche in questo caso il valore trovato $D=4,25km^{-1}$è in accordo con la situazione geomorfologia del bacino.

L'analisi morfologica consente di valutare secondo varie formulazioni i tempi di corrivazione del bacino, ed è interessante notare la quasi perfetta coincidenza dei valori ottenuti con le due formulazioni che varia di pochi minuti Tc=29'÷32'. La formula di Giandotti,

generalmente più indicata per bacini estesi ma anche utilizzata per bacini montani, tiene conto della superficie totale del bacino (S_{tot}) dalla lunghezza dell'asta principale (L_p) e dalla altezza media del bacino (H_{med}), mentre la formula di Ventura, consigliata per bacini piccoli a carattere torrentizio, dipende dalla superficie totale del bacino (S_{tot}) dalla pendenza media dell'asta principale (i_{med}).

L'analisi morfometrica, oltre a fornirci un quadro territoriale abbastanza completo di tutto il bacino considerato, serve per introdurre il parametro che in qualche modo fornisce il dato, possibilmente univoco, assimilabile alla quantità di suolo eroso e trasportato in un anno all'interno del bacino, espresso in tonnellate per chilometro quadro. Questa quantità è identificabile con il deflusso torbido unitario medio annuo (Tu, espresso appunto in ton/Km2/anno). Per passare dal valore di Tu (deflusso torbido unitario), espresso in t/km2 anno a quello, più facilmente comparabile, di "erosione specifica", espressa in mm/a, è necessario attribuire un valore alla densità (o peso per unità di volume) del substrato eroso e/o da erodere. Il trasporto solido in sospensione (deflusso torbido) medio annuo per unità di superficie è espressione della degradazione specifica; inoltre, essendo indipendente dall'ampiezza del bacino idrografico considerato, può permettere di fare dei confronti anche tra bacini idrografici di diversa estensione. Molti autori hanno affrontato l'argomento e identificato delle relazioni che uniscono Tu ad alcuni parametri morfometrici (D, ga, Δa etc.), in quest'analisi sono state applicate le principali formule (validate da numerosi studi) e dal loro confronto si è cercato di stimare il parametro Tu più vicino a quello reale. Per avvalorare l'analisi dovrebbero essere eseguite delle campagne in sito per misurare direttamente il trasporto torbido, anche se le formulazioni utilizzate per individuare il parametro Tu sono state elaborate da studi compiuti per lo più in bacini montani appenninici, con caratteristiche meteorologiche, geologiche e geomorfologiche non dissimili da quelle dell'area di studio.

Nel caso in esame sono state utilizzate fra le principali relazioni presenti in bibliografia per trovare Tu, quelle riportate nella seguente tabella.

N° relazione	Relazione	Note
Tu,1	LogTu = 2,79687*LogD+0,13985*Δa+1,05954 0,96128	Generalmente stima meglio il Tu per bacini con D>6 - (Cicacci et al. 1988)
Tu,2	LogTu = 0,33479*D+0,15733*Δa+1,32888 0,97688	Generalmente stima meglio il Tu per bacini con D<6 - (Cicacci et al. 1980)
Tu,3	LogTu = 1,82818*LogD+0,01769*ga+1,53034 0,96490	Generalmente stima meglio il Tu per bacini con D>6 – (C.E.S.I. 2001-rel.5)*
Tu,4	LogTu = 0,29561*D+0,00743*ga+1,56102 0,96435	Generalmente stima meglio il Tu per bacini con D<6 – (C.E.S.I. 2001-rel.4)*

* Vedi Rapporto "Metodologie indirette di valutazione del trasporto solido a monte di alcuni invasi idroelettrici campione rapresentativi di aree alpine ed appenniniche" CESI (Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano) – anno 2001.

Tutte quattro le relazioni dipendono dalla densità di drenaggio (D) che nel caso in esame è pari a 4,25 km^{-1}, la n.1 e n.2 dall'indice di anomalia gerachica (Δ_a), mentre la n.3 e n.5 dalla

densità di anomalia gerarchica (g_a). Considerato che il valore della densità di drenaggio è inferiore a sei (D=4,3), si è ritenuto di utilizzare il valore medio matematico ottenuto dalle relazioni Tu,2 e Tu,4. Nella tabella seguente sono indicati i valori calcolati.

TRASPORTO SOLIDO IN SOSPENSIONE DEL BACINO DEL RIO GAVANO SOTTESO DALLA PRESA (635m)					
$T_{u,1}$ =	737	t/Kmq*a	Trasporto solido in sospensione (deflusso torbido) medio annuo per unità di superficie (Cicacci et al. 1988)		
$T_{u,2}$ =	643	t/Kmq*a	Trasporto solido in sospensione (deflusso torbido) medio annuo per unità di superfice (Cicacci et al. 1980)		
$T_{u,3}$ =	707	t/Kmq*a	Trasporto solido in sospensione (deflusso torbido) medio annuo per unità di superfice (C.E.S.I. 2001-rel.5)		
$T_{u,4}$ =	568	t/Kmq*a	Trasporto solido in sospensione (deflusso torbido) medio annuo per unità di superficie (C.E.S.I. 2001-rel.4)		
$T_{u,med}$=	606	t/Kmq*a	Valore medio del trasporto solido in sospensione medio annuo per unità di superficie (valore medio delle formulazioni $T_{u,2}$ e $T_{u,4}$)		
Grado di erosione del bacino classificazione di Fournier =			Erosione Media		
$T_{tot,med}$=	3143	t*anno	Trasporto solido in sospensione (deflusso torbido) annuo totale per l'intero bacino (Valore medio delle formulazioni $T_{u,med}$)		
$\gamma_{granuli}$=	2,0÷2,5	t/mc	Peso specifico dei granuli del materiale trasportato in sospensione		
$V_{tu,med}$ =	1415	mc*a	Volume medio annuo del materiale trasportato in sospensione (torbida) escluso il trasporto di fondo		
γ_{suolo}=	1,800	t/mc	Densità media del suolo di copertura (copertura superficiale satura)		
$E_{s,med}$=	0,34	mm*a	Profondità d'erosione suolo annua	Classificazione U.S.D.A. =	erosione tollerata da piante con radici da 0÷10cm

Il valore ottenuto di Tu,med= 606 t/kmq*anno, porta a valutare un trasporto solido in sospensione totale alla sezione di presa T_{tot}=3143 t*anno. Considerando un intervallo di valori del peso specifico dei granuli in sospensione fra 2,0÷2,5 t/mc (valori medi che tengono conto anche del materiale colluviale eroso), si ottiene un volume annuo di materiale trasportato in sospensione V_{Tu}=1257÷1572mc*anno con un volume medio V_{Tumed}=1415mc*anno. Si tratta quindi di un bacino generalmente soggetto ad una erosione di grado medio la cui copertura eluviale e colluviale è mediamente erodibile dal deflusso meteorico, ove non protetta da vegetazione arborea, arbustiva o erbacea, o da manufatti antropici o da particolari condizioni geologiche e geomorfologiche.

I valori sopra stimati dell'erosione devono essere, in ogni caso, valutati in modo critico, in effetti, le formulazioni usate non tengono in debito conto della copertura arborea e della geologia locale, dell'antropizzazione e delle caratteristiche del regime pluviometrico, ma consentono tuttavia di indicare ordini di grandezza del fenomeno attendibili.

Utilizzando la nota formulazione di Fournier (1960) che dipende anche dal regime pluviometrico oltre che dalle caratteristiche morfologiche del bacino (S_{tot}, H_{med}, i_{med}) si ottengono valori decisamente più contenuti (<1/5). Per i valori pluviometrici si è fatto riferimento ai valori medi delle stazioni meteo di Giacopiane e San Michele con i seguenti valori:

- Precipitazione del mese più piovoso = 193,6mm;
- Precipitazione media annua = 1567.3 mm;

- Altezza media delle stazioni di misura 593m slm.

Si è ottenuta una erosione media annua per unità di superficie pari a:

$T_{uFournier}$ =121,5 ton/kmq*anno, quindi alla sezione di presa T_{tot}= 630 ton*anno.

Considerando un valore medio della densità della coltre di copertura superficiale di 1,8t/mc si ottiene un valore della profondità d'erosione media del bacino di 0,068mm. La diversità dei valori ottenuti è da attribuire soprattutto all'estensione del bacino. La formula di Fournier, in effetti, è stata sviluppata su bacini di elevata estensione che presentano tratti montani meno estesi, mentre le relazioni sopra tabellate essendo state tarate, altresì, su bacini di dimensioni più contenute generalmente in aree montane, ed in ambiente mediterraneo, sono più rappresentative delle reali condizioni del bacino sotteso. È evidente, inoltre, che nel caso in esame lo sviluppo di un singolo fenomeno di frana sui versanti connesso al reticolo idrografico (erosioni di sponda) o lo svilupparsi di una colata detritica in uno degli affluenti (es. Rio della Valle delle Fornaci) in occasione di eventi alluvionali, può modificare radicalmente e repentinamente il valore del trasporto solido, rendendo inefficaci tutti i tentativi di stima del fenomeno.

4.1- GEOMORFOLOGIA - DESCRIZIONE DELL'AREA INTERESSATA DALL'IMPINTO IDROELETTRICO IN PROGETTO E DEI SITI DI CAMPIONAMENTO GRANULOMETRICO IN ALVEO

In questa fase d'indagine i sopralluoghi sono stati mirati alla porzione di bacino interessata direttamente dalla realizzazione dell'impianto idroelettrico: - zona di presa (S. Siro Foce, confluenza con il Rio Fossaretto); - tutto il corso d'acqua percorribile sino alla zona di rilascio; - area di costruzione della centrale; -terreni attraversati dalla condotta;- frazione di Pontegiacomo (paleofrana?). In particolare, come già detto, sono state eseguite lungo il corso d'acqua due stazioni di misura dei sedimenti presenti in alveo. Nel dettaglio procedendo da monte verso valle, l'indagine di campagna ha consentito di rilevare le seguenti particolarità sedimentologiche, geomorfologiche e geologiche (Ved. All. Stralcio Carta Geologica CARG):

AREA POSTA A MONTE DELLA PRESA – CONFLUENZA CON IL RIO FOSSARETTO

Si tratta dell'area posta a monte della presa ed interessa l'asta terminale del Rio Fossaretto uno dei tre corsi d'acqua principali che contribuiscono alla formazione del Torrente Mogliana nel tratto d'interesse. Nell'ultimo tratto prima della confluenza, il Rio Fossaretto scorre negli Scisti Zonati, sino all'intersezione con la Strada Provinciale 26Bis, a valle entra nel deposito detritico (a2) costituito da un antico colamento stabilizzato (Debris flow). Questa litologia caratterizza parte del fondovalle del T. Mogliana interessato dall'impianto in progetto.



Foto N.1)
Il Rio Fossaretto in prossimità della confluenza con il T. Mogliana. Il versante è stabile e solo lungo il corso d'acqua si possono mobilizzazioni di materiale in occasione di piene eccezionali.

Il detrito (a2) in questa zona, si presenta generalmente in spessori contenuti in 3÷5m.



Foto N.2)
Blocchi ciclopici delle antiche colate detritiche presenti sui versanti, Questi blocchi, anche plurimetrici, sono stati utilizzati nel passato come base dei muretti a secco, per realizzare terrazzi coltivabili.

Si tratta come già indicato del materiale depositato da antiche colate detritiche ora stabilizzate, ma che in occasioni eccezionali (eventi alluvionali) con piene non ordinarie, può subire lungo i corsi d'acqua che lo incidono, riattivazioni e/o nuovi depositi.



Foto N.3)
In alveo sono presenti granulometrie variabili generalmente grossolane. Localmente in barre laterali e protette sono presenti anche sedimentazioni più fini, sino alle sabbrie medie.

AREA DI PRESA DELL'IMPIANTO IN PROGETTO – STAZIONE GRANULOMETRICA S.1

L'area scelta per la presa dell'impianto idroelettrico è posta intorno alla quota assoluta 439m L'alveo del T. Mogliana scorre generalmente in erosione sul substrato roccioso costituito dagli scisti zonati (SZO), ma a valle della confluenza con il Rio Fossaretto sono presenti in



Foto N.4) Alveo del T Mogliana all'altezza della presa, dopo la confluenza con il Rio Fossaretto, indicato col tratteggio azzurro. Nell'alveo affiora il substrato roccioso (SZO), sia monte della confluenza indicato dalla freccia rossa, sia a vallle ma localmente con la presenza di blocchi rocciosi rotolati anche ciclopici e resti vegetali.

alveo accumuli detriciti costituiti da materiale grossolano sino a blocchi rocciosi rotolati di dimensioni plurimetriche. Questi accumuli detritici, localizzati subito a valle della confluenza con il Rio Fossaretto, sono definibili come alluvioni mobili (am), e sono di potenze ridotte intorno a 1,0m, ove presenti blocchi rocciosi rotolati max 2m.



Foto N.5)
Punto di presa dell'impianto alla quota assoluta 438,5m. In questo punto posto subito a valle della confluenza con il Rio Fossaretto, è presente in alveo e sulle sponde un ridotto spessore di materiale detritico, generalmente grossolano e massi di dimensioni anche plurimetriche.

Il campionamento granulometrico S.1 è stato eseguito pochi metri a valle della presa, su di una piccola barra laterale in continuità con il corso d'acqua, ma protetta da grossi massi.



Foto N.6)
Alluvioni mobili (am) di minor pezzatura presente in una barra laterale protetta su cui è stata svolta l'analisi granulometri della Stazione N.1. è interessante notare la presenza di materiale sabbioso sotto la corazzatura del materiale superficiale più grossolano.

La granulometria prevalente rilevata nella Stazione N.1 è costituita da ghiaia molto grossa, ma poiché la barra è posta in posizione protetta e lievemente sopraelevata anche se in continuità con il fondo dell'alveo, il sedimento e abbastanza uniforme con grado di classazione moderato. La curva granulometrica presenta una asimmetria verso il materiale più grossolano come è lecito aspettarsi in tratti torrentizi montani. Si ribadisce che l'analisi è stata svolta su una barra in cui le condizioni legate alla posizione particolare hanno selezionato il sedimento ed è quindi indicativa di quella particolare condizione e non dell'intero sedimento presente in alveo (si noti come indicato nella didascalia di Foto n°6, che anche la piccola barra laterale con pezzature già di dimensioni più piccole di quelle presenti a centro alveo, comunque corazza una sacca di sedimento sabbioso). In alveo, in effetti, il materiale detritico più piccolo del masso è presente solo in particolari condizioni di corazzamento (è coperto da blocchi rocciosi e massi), oppure in zone protette dal deflusso ordinario. Le granulometrie minori rilevate si sono sedimentate probabilmente nella fase terminale di una piena, su terrazzi laterali posti a quote superiori a quelle del deflusso di magra o comunque protetti dal flusso diretto della corrente da blocchi rocciosi o da alberi di alto fusto.



Foto N.7) In prossimità del punto di presa, gli Scisti Zonati affiorano in sponda dx mentre in alveo sono presenti ridotti accumuli di alluvionali.

Una decina di metri a valle della sezione di presa affiora anche in alveo il substrato roccioso. Qui è possibile valutare lo spessore max del deposito (am) nella zona di presa in circa 2m.



Foto N.8)
Pochi metri a valle della sezione di presa affiorano nuovamente in alveo gli scisti zonati (SZO) Si noti come lo spessore massimo del deposito alluvionale sia facilmente misurabile intorno a 2m.

TRATTO D'ALVEO DEL T. MOGLIANA FRA LA PRESA E LA STRADA S.P. 26bis

In questo tratto è interessante notare la presenza di antichi argini su entrambe le sponde. In sponda dx, sono stati costruiti con grossi blocchi rocciosi in continuità con il substrato roccioso sottostante (SZO). Il fondo valle nel passato, era probabilmente interessato da



Foto N.9)
Un antico argine, in sponda dx, realizzato con blocchi ciclopici, sul substrato roccioso (SZO).

coltivi, che si estendevano maggiormente in sponda sx dove è presente un vasto pianoro.



Foto N.10)
Un altro tratto d'argine, in sponda sx, realizzato con pietra di dimensioni ordinarie in sufficienti condizioni di stabilità.

Sulla sponda sinistra i muri sono realizzate in pietra a secco di dimensioni ordinarie con corsi regolari. Intorno a quota 430 sono visibili ampi tratti arginati in sponda sx; in alveo affiorano



Foto N.11)
Ampio tratto d'argine in buone condizioni di conservazione in sponda sx, intorno alla quota assoluta 425-430m.
In alveo e sulla sponda dx affiorano gli Scisti Zonati.

gli scisti zonati (SZO) che in zone di pozza sono coperti da ridotti depositi alluvionali (am).



Foto N.12) Alveo e sponda dx, intorno a quota 430m. In alveo e sulle sponde affiorano gli Scisti Zonati, ma inzone di pozza sono presenti accumuli detritici di spessore sottile (am) facilmente rimobilizzabili dalle piene.

Da quota alveo 425m sino al ponte della S.P.bis il T. Mogliana scorre in rapida, in un alveo incassato in roccia. In questo tratto lo spessore del deposito detritico antico (a2) sopra la sponda sx non supera i 3m.



Foto N.13) Tratto d'alveo in rapida, posto in prossimità della strada S.P. n.26bis, intorno a quota 420m. Nell'alveo e sulle sponde affiorano gli Scisti Zonati.

Sul pianoro in sponda sx, in effetti, è stata misurata la giacitura su di un affioramento posto nell'incisione di una linea d'acqua affluente di sx del T. Mogliana.



Foto N.14)
Affioramento del substrato in prossimità del cimitero di S. Siro Foce, nell'incisione nel deposito di colata detritica indotta da un affluente di sx del Torrente Mogliana.

L'affioramento è posto all'imbocco di una condotta in cls realizzata a regimazione delle acque provenienti dalla linea d'acqua suddetta, opera che ha consentito l'ampliamento della strada d'accesso al cimitero. Anche questo affioramento indica lo spessore contenuto in alcuni metri del deposito di colata detritica (a2) posto in sponda sx. Come detto in questo tratto il Torrente Mogliana scorre in rapida, in un alveo con pendenza elevata interamente in erosione sul substrato roccioso, come è visibile dal ponte della Provinciale.



Foto N.15)
Alveo del Mogliana nel tratto immediatamente a monte del ponte della S.P. N.26bis da cui è stata scatta la foto.

L’alveo scavato negli Scisti Zonati (SZO) continua in rapida anche a valle della S.P. con un primo tratto addirittura in cascata.



Foto N.16)
Alveo del Mogliana nel tratto in cascata immediatamente a valle del ponte della S.P. N.26bis.

La condotta forzata in progetto dalla presa dopo aver attraversato un breve tratto di pianoro interessa una pista comunale sino alla strada d’accesso del cimitero e da qui sino all’attraversamento della S.P. N.26bis. La strada comunale incide il versante costituito dagli



Foto N.17)
Incrocio della strada comunale per il cimitero e la S.P. La strada comunale è stata scavata negli Scisti Zonati, che affiorano diffusamente sia a monte che a valle della stessa.

Scisti Zonati, che affiorano sia a monte che a valle della stessa.

AREA COMPRESA FRA LA S.P 26bis E LA CHIESA DI S.PIETRO DI PONTEGIACOMO

La condotta forzata a valle della S.P. prosegue il suo percorso nella sottostante Strada Comunale di Pontegiacomo inferiore dove è presente la Chiesa di S. Pietro.



Foto N.18)
A valle dell'incrocio con la S.P. indicato in foto N.17, s'innesta la strada comunale che porta all'abitato di Pontegiacomo inferiore. La strada è impostata sulle radici del terrazzo detritico (a2).

La strada presenta un andamento regolare ed è impostata all'incirca lungo le radici del terrazzo detritico (a2) posto in sponda sx del T. Mogliana (ved all. Carta Geologica CARG).



Foto N.19)
La chiesa di S. Pietro di Pontegiacomo. La condotta forzata in questo punto lascia la strada comunale, discende a Nord della chiesa lungo una mulattiera/viottolo comunale.

In prossimità della Chiesa di S. Pietro il pianoro riduce la sua larghezza ed aumenta l'acclività. La condotta forzata lascia la strada asfaltata e discende costeggiando una mulattiera/viottolo posto a Nord della Chiesa.



Foto N.20)
La chiesa di S. Pietro di Pontegiacomo è in buone condizioni di conservazione e priva di lesioni o segni che possano essere ricondotti a fenomeni d'instabilità del versante.

La chiesa nella Carta della Franosità Reale del Piano di Bacino, è compresa all'interno di una



Foto N.21)
Sul lato N-E della chiesa affiorano in fondazione gli Scisti Zonati.

area di frana quiescente, classificata come complessa col N.140067 (Nella carta della suscettività al dissesto è indicata in frana quiescente e classe Pg3). Dall'esame visivo della chiesa e dei manufatti limitrofi pare tale classificazione non giustificata, considerata anche l'assenza di qualsiasi segno di dissesto tale da configurare una condizione di movimenti nel versante, almeno dalla costruzione della chiesa. Si è rilevato inoltre sullo spigolo N-E della chiesa la presenza di un affioramento degli Scisti Zonati che non pare possa essere ricondotto ad un trovante. Sono inoltre visibili nel versante sovrastante abeti di almeno 30÷50 anni di età con fusto perfettanente verticale e privo di fenomeni di riequilibrio. L'area nella Carta Geologica CARG è inserita in area con roccia affiorante o subaffiorante appartenete alla formazione degli Scisti Zonati (SZO).



Foto N.22)
Vista verso monte del lato Sud della Chiesa di S. Pietro, si noti la mancanza di qualsiai segno di dissesto sul fabbricato e sui manufatti ad esso collegato, e la presenza sul versante sovrastante di abeti con fusto perfettamente verticale di età valutata fra 30÷50anni.

La condotta forzata costeggiando il lato Nord della Chiesa si porta a valle e discende lungo un viottolo posto poco più valle del muro di sostegno del sagrato (lato W della Chiesa).



Foto N.23)
Muro di sostegno del sagrato antistante la Chiesa di S. Pietro. Si noti il perfetto stato di conservazione e la mancanza di indizi di movimenti nel versante.

Il viottolo in cui sarà interrata la condotta è di cui è previsto il recupero integrale, non presenta segni di cedimenti o avvallamenti apprezzabili, indizi di instabilità del versante.



Foto N.24)
Il viottolo a valle della Chiesa di S. Pietro in cui sarà posata la condotta forzata.

TRATTO D'ALVEO DEL T. MOGLIANA FRA LE QUOTE ASSOLUTE 342-350 – STAZIONE GRANULOMETRICA S.2

Da viottolo si diparte proprio in corrispondenza della chiesa un sentiero che porta sino all'alveo del T. Mogliana. Dopo poche decine di metri inizia ad affiorare diffusamente lungo il sentiero il substrato roccioso appartenente alla formazione degli Scisti Zonati (SZO).



Foto N.25) Affioramenti diffusi del substrato roccioso poco a valle della Chiesa di S. Pietro lungo il sentiero che porta all'alveo del T. Mogliana.

Il sentiero porta sino all'alveo del T Mogliana dove è presente un ponticello che poggia sul



Foto N.26) Alveo del T. Mogliana all'altezza della Chiesa di S. Pietro di Pontegiacomo. Qui l'ansa torrentizia è in erosione nel substrato roccioso.

substrato roccioso affiorante (SZO) su entrambe le sponde ed in alveo (Quota 345-350). In sponda dx, vista la presenza di un tratto d'alveo a minor acclività (pozza dopo una rapida) che consente la sedimentazione, è stata svolta la seconda analisi granulometrica.



Foto N.27) Campionamento granulometrico S.2 intorno alla quota assoluta 340-345

La granulometria prevalente rilevata nella Stazione N.2 è costituita da ghiaia molto grossa,



Foto N.28) Particolare del materiale campionato in S.2.

come misurato in Stazione 1, però il sedimento in questo caso è maggiormente eterogeneo,

e risulta non uniforme, con grado di classazione basso. La curva granulometrica presenta come in S.1, un'asimmetria verso il materiale più grossolano come è lecito aspettarsi in tratti torrentizi montani. Si ribadisce che l'analisi è stata svolta anche in questo caso su una barra laterale in cui le condizioni legate alla posizione particolare hanno selezionato il sedimento anche se in modo meno marcato rispetto alla S1.



Foto N.29)
Nella pozza in alveo posta a lato della S.2 è presente materiale di granulometria analoga a quella campionata. Subito a valle è presente un ulteriore tratto in rapida. Si noti come sia affiorante il substrato roccioso in sponda sx anche più a valle.

AREA COMPRESA FRA LA CHIESA DI S.PIETRO DI PONTEGIACOMO E LA CENTRALE

Risaliti dall'alveo sulla mulattiera comunale, si discende su di un tratto a debole acclività e



Foto N.30)
La mulattiera nel tratto discendente sino a quota alveo 328m ove è previsto l'attraversamento in subalveo.

senza particolari problemi di carattere geologico. La condotta forzata sarà interrata sotto la mulattiera sino intorno alla quota assoluta 328, ove è previsto l'attraversamento nel subalveo roccioso del Torrente Mogliana



Foto N.31)
Alveo con roccia affiorante nel punto di attraversamento della condotta, prevista incassata nel subalveo.

Poco a valle di quota 328m, l'alveo aumenta l'acclività portandosi su di un tratto con rapide



Foto N.32)
Tratto con rapide e cascatelle alcuni metri a valle dello attraversamento.

e cascatelle sino all'area dove è previsto il rilascio. Il tracciato previsto per la condotta forzata prosegue in sponda dx in un versante con coltre sottile e roccia affiorante sino alla centrale. L'alveo del T. Mogliana proseguendo con cascatelle e rapide erose nel substrato roccioso (SZO), discende dalla zona di attraversamento sino all'area di rilascio dell'acqua turbinata dalla centrale posta intorno alla quota assoluta 315m.



Foto N.33) Rapide e cascatelle nell'area di rilascio, posta intorno a quota 315m. A monte in sponda dx è ubicato il fabbricato della centrale. Si noti l'assenza di copertura detritica sulle sponde, il substrato affiora diffusamente.

Il fabbricato della centrale è ubicato in prossimità della S.P. 26bis con un facile accesso alla stessa, ivi il substrato roccioso (SZO) è affiorante o coperto da un sottile a medio strato di coltre eluvio-colluviale (max 2,5m).

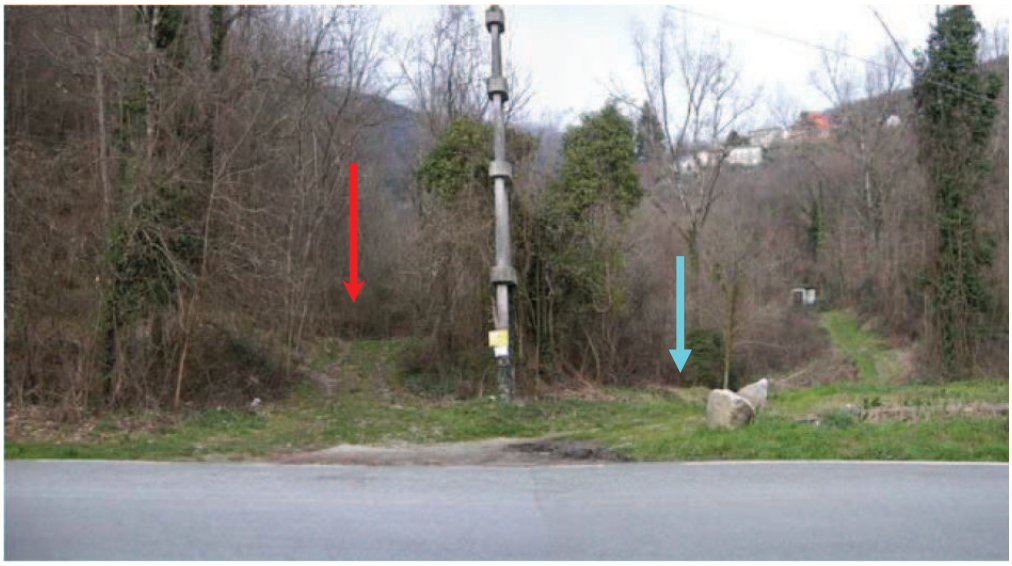


Foto N.34) La freccia tratto rosso indica l'ubicazione del fabbricato di centrale, mentre la freccia a tratto azzurro il punto di rilascio nell'alveo incassato del T. Mogliana. In primo piano la S.P. 26bis. In alto sullo sfondo si intravve l'abitato di Pontegiacomo.

ABITATO DI PONTEGIACOMO SUPERIORE – AREA Pg.3 DEL PIANO DI BACINO

Nei sopralluoghi ci si è spinti sino all'abitato di Pontegiacomo Superiore per verificare le condizioni di pericolosità indicate dalla cartografia dal P. di B. Ambito 16. Nei sopralluoghi si è presentata l'occasione di "intervistare" alcuni residenti. Negli anni '80 si sarebbe sviluppato un piccolo movimento franoso che ha coinvolto la strada d'accesso e alcuni terrazzamenti.

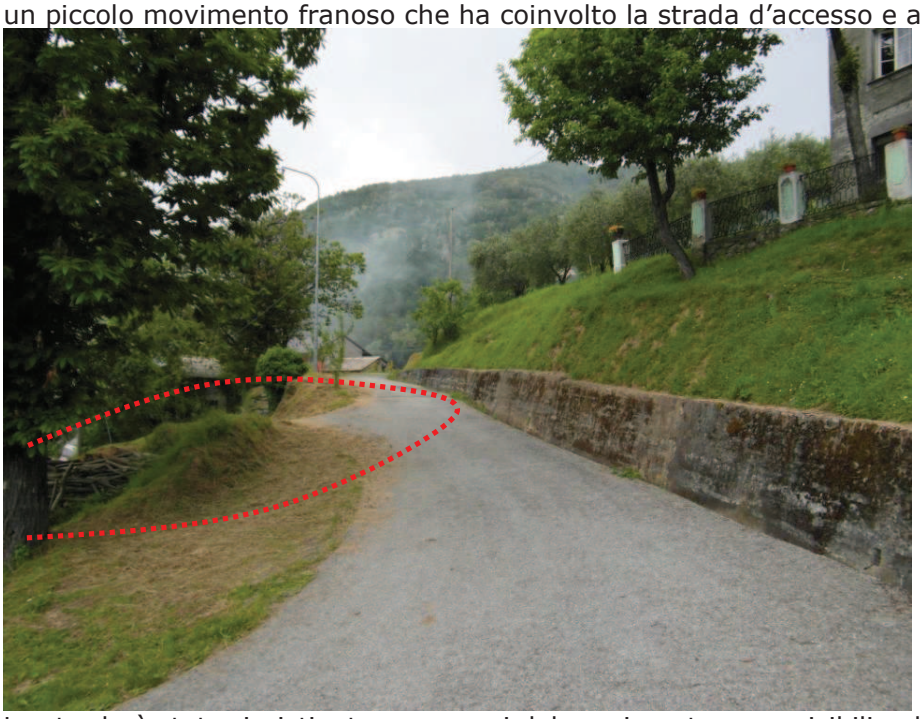


Foto N.34)
La strada di accesso all'abitato e l'ubicazione approssimata, a tratteggio rosso, del fenomeno dissestivo degli anni '80. Sulla strada attualmente non vi sono segni di attività del movimento franoso.

La strada è stata ripristinata, ma segni del movimento sono visibili nel versante sottostante.



Foto N.35)
Sul versante a valle della strada d'accesso a Pontegiacomo Superiore, è ancora visibile l'area interessata dal movimento degli anni '80. Ad oggi non stati ripristinati gli originari muri di contenimenti in pietra a secco.
A tratteggio è indicata l'area di maggior movimento.

Sono stato accompagnato da un residente proprietario di un fabbricato interessato dal suddetto movimento franoso a vedere, solo esternamente, il quadro fessurativo dei manufatti e dei fabbricati più prossimi all'area attivatasi negli anni '80. I fabbricati che presentano lesioni significative sono tre, di cui uno è costituito da un antico fabbricato in

pietra abbandonato da decine di anni e con il tetto lesionato, di cui il quadro fessurativo ed i crolli si ritiene debbano essere collegati alla scarsa manutenzione e alla vetustà più che al movimento di versante.



Foto N.36)
Fabbricato in struttura mista con quadro fessurativo riconducibile a problemi strutturali o cedimenti fondazionali differenziali, più che a movimenti di massa del versante.

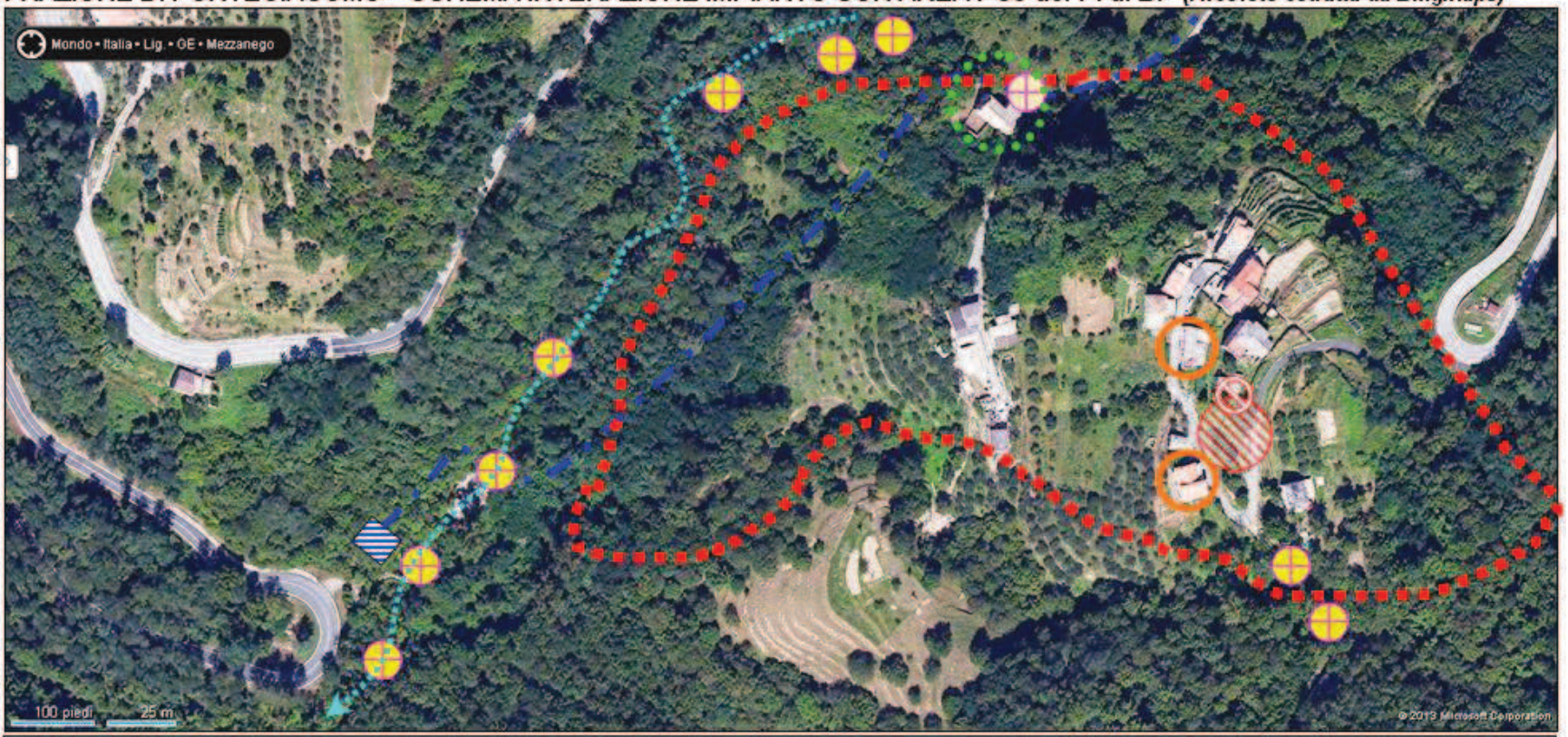
Nei due fabbricati restanti di cui uno più antico, oggetto di ristrutturazioni successive e probabilmente con struttura mista (Foto N.36), a l'altro più recente in c.a. con fondazioni a plinti non collegati (di proprietà dei citati residenti), si notano lesioni ad andamento verticale riconducibili o a problemi strutturali (apertura di nuove bucature, ecc.) o a fenomeni di cedimenti differenziali generati da errori di dimensionamento delle fondazioni e/o dal mancato collegamento dei plinti. È interessante notare che nell'area del franamento degli anni '80, secondo secondo quanto riferito allo scrivente, l'esecuzione delle prove penetrometriche indicò spessori di copertura detritica sino a 7m, mentre procedendo su di una stradina laterale che si diparte dalla strada d'accesso a Pontegiacomo Superiore, a circa 30m dal punto dove si verificò il massimo movimento di versante, affiori diffusamente il substrato roccioso appartenente alla formazione degli Scisti Zonati (SZO).



Foto N.37)
Esteso affioramento degli Scisti Zonati (SZO), posto a circa 30m dal punto di massimo movimento della frana degli anni '80 e che si sviluppa sino ad un vicino corso d'acqua. Quest'area è inserita erroneamente nella cartografia del P. di B. in coltre potente ed in frana quiescente.

Il punto di affioramento è compreso nella cartografia del Piano di Bacino, in coltre potente ed in frana quiescente, con classe di suscettività al disseto Pg3. Nel seguente schema redatto su areofoto estratta da sito *BingMaps*, sono state indicate le osservazioni sopradescritte.

FRAZIONE DI PONTEGIACOMO – SCHEMA INTERAZIONE IMPIANTO CON AREA PG3 del P. di B. *(Areofoto estratta da BingMaps)*



Legenda

- Area di frana quiescente (Pg3) del P.di B., area con spessori detritici >3m
- Area interessata nel recente passato (anni '80) da un movimento franoso.
- Fabbricati abitati con sintomi di dissesto fondazionale.
- Affioramenti diffusi e/o certi del substrato roccioso, riscontrati in sopralluogo,
- Fabbricato in abbandono dissestato (lesioni e crolli non direttamente riconducibili ai movimenti di versante)
- Affioramenti incerti del substrato roccioso.
- Tracciato della condotta forza in progetto.
- Area in cui è prevista la realizzazione della centrale.
- Chiesa di S. Pietro di Pontegiacomo.
- Corso del T. Mogliana.

Nel "Piano degli interventi" del Piano di Bacino stralcio sul rischio idrogeologico AMBITO 16 (Modificato con DGP n.144 del 19 settembre 2012) sono previsti per l'abitato di Pontegiacomo degli "interventi non strutturali locali". Questi sono definiti dal piano suddetto come interventi che "*vanno ad affrontare quelle situazioni che, generalmente, non costituiscono pericolo immediato per manufatti o persone, ma che in seguito ad una loro evoluzione potrebbero manifestare i loro effetti in maniera più incisiva e richiedono pertanto un continuo controllo. Ricadono in questo contesto gli areali particolarmente soggetti a movimenti franosi anche se quiescenti o artificialmente stabilizzati, le porzioni di versante soggetti a movimenti lenti di versante, le paleofrane che presentano segnali di rimovimentazione"*. In particolare l'intervento siglato B6 è relativo a "Monitoraggio ed interventi di consolidamento sulla frana di Pontegiacomo "*La frana su cui sorge l'abitato di Pontegiacomo, comune di Mezzanego, è soggetta a lenti movimenti gravitativi. La rete viaria e diverse abitazioni risultano lesionate. Appaiono necessari interventi di monitoraggio tramite tubi inclinometrici ed interventi di protezione al piede dell'accumulo (gabbionate e opere di ingegneria naturalistica). Dati relativi alla dimensione e tipologia del dissesto sono riportati nella scheda 140067 del Censimento dei Movimenti Franosi. Stima dei costi: € 290.000,00".*

Quanto indicato nel suddetto Piano degli interventi pare confermare quanto si è rilevato in fase di sopralluogo, si evidenzia inoltre che i residenti intervistati hanno indicato che a seguito di interventi di regimazione dei deflussi provenienti dalla viabilità sovrastante i fenomeni sviluppatesi nella fase parossistica negli anni ottanta si erano apparetemente fermati. Allo stato attuale pare siano ancora presenti lievi movimenti nel versante che inducono nei due fabbricati sopra indicati assestamenti, che destano ancora una certa preoccupazione negli abitanti, ma che da un esame visivo non presentano allo stato attuale pericolo per la stabilità dei fabbricati stessi e per la pubblica e privata incolumità

5 - SPUNTI METODOLOGICI E CONSIDERAZIONI SULLA SCELTA DEI PARAMETRI DA UTILIZZARE NELLA MODELLAZIONE IDRAULICA

Esiste una recente ed ampia bibliografia sugli interventi in alveo e di sistemazione dei corsi d'acqua che prende spunto da metodologie sviluppate dall'U.S. Army Corps of Engineers (1994-1997) per la progettazione di canalizzazioni stabili, successivamente riprese e sviluppate in ambiente alpino da autori italiani fra cui Armanini (1999), Pica (2000) e D'Agostino (1996-2006).

In generale ed in prima approssimazione, la ricerca della configurazione di equilibrio con riferimento ad un corso d'acqua monocursale sub-rettilineo in cui predomina il trasporto di fondo e senza sensibili erosioni laterali, può essere semplificata dividendo l'asta del corso

d'acqua in tratti omogenei e valutando la pendenza d'equilibrio, in modo tale da garantire l'uguaglianza tra il volume solido in ingresso al tronco in esame e il volume solido che il tronco stesso è in grado di trasportare (capacità di trasporto), con riferimento ad un'ampia scala temporale (Bilancia di Lane - 1955). Tale pendenza è nota in letteratura come pendenza di *compensazione* (Pica, 1974) ed è indice di una configurazione di equilibrio dinamico, per la quale i volumi solidi depositati in certi periodi ed erosi in altri, sono di entità tale che compensandosi danno luogo ad un assetto del fondo mediamente stabile. Nella pratica, a causa della variabilità naturale delle portate liquide e degli apporti solidi, una determinazione della pendenza di compensazione strettamente legata alla definizione precedente sarebbe alquanto difficoltosa, ed ai fini pratici improponibile, essendo necessario un complesso studio delle vicende evolutive dell'assetto morfologico del corso d'acqua esteso ad un periodo di riferimento di durata sufficientemente lunga. Pertanto si fa spesso riferimento in letteratura al deflusso di una opportuna portata di riferimento Q_r , assunta costante nel tempo, con la quale si ricerca quel valore di pendenza, detta di *equilibrio*, in corrispondenza della quale in un alveo di forma nota è possibile arrestare il materiale di assegnate dimensioni (Ferro, 2002), o meglio è possibile assistere alla sostanziale inamovibilità del materiale di dimensioni superiori a quelle di riferimento caratterizzate dal diametro d_X. Tuttavia tale pendenza, seppure vicina a quella di compensazione, non può essere immediatamente ritenuta tale, a causa della difficoltà di definire con attendibilità i valori di riferimento delle grandezze in gioco, cui si aggiunge la complessità della condizione di incipente movimento soprattutto in presenza di materiale d'alveo di granulometria assortita e di fenomeni di corazzamento.

In uno studio realizzato nell'ambito di un progetto di ricerca congiunto tra il Politecnico di Torino e il C.N.R., finanziato dalla Direzione Difesa del Suolo della Regione Piemonte, da R.Fabrizio e G.Bianco (2004), è stata messa a punto una metodologia speditiva che permette di valutare in prima approssimazione l'evoluzione morfologica di un corso d'acqua, nei riguardi delle variazioni altimetriche del fondo alveo. Si suddivide il corso d'acqua in esame in un certo numero di tratti a ciascuno dei quali possano essere assegnati un valore di pendenza costante, una forma e una dimensione della sezione trasversale, un valore di portata Q_r costante, i valori del diametro d_{90} e del diametro di riferimento d_x del materiale d'alveo che si intende mantenere in moto incipiente. Sotto le ipotesi che in ciascuno dei suddetti tratti il moto della corrente solido-liquida sia assimilabile ad uniforme, che il trasporto al fondo sia il meccanismo di trasporto dominante e che siano assenti apporti laterali ed erosioni di sponda, l'equazione del moto della fase liquida è:

$$Q_r = k_S \, C \, R^{7/6} \, (\tau/\gamma)^{0,5}$$

nella quale, oltre alla già definita Q_r , sono: C = Ω / R il contorno bagnato, rapporto tra l'area della sezione trasversale Ω e raggio idraulico R, $k_s = 26/(d_{90})^{1/6}$ coefficiente di resistenza, τ/γ = Ri con i pendenza motrice.

Utilizzando per le condizioni di moto incipiente della classe granulometrica rappresentata dal diametro di riferimento d_X, il valore di θ'_{CR} pari al θ_{CR} di Shields opportunamente corretto per tener conto della sommergenza, pendenza, assortimento granulometrico e corazzamento (Armanini, 1999), si ottiene:

$$Q_r - \{k_S\, C\, R^{7/6} [\theta'_{CR}\, ((\gamma_S/\gamma_W)-1)\, d_x]^{0,5}\} = 0$$

che può essere risolta iterativamente rispetto all'altezza d'acqua h, dopo aver espresso R e C in funzione di h stessa. Nota l'altezza d'acqua e di conseguenza il raggio idraulico, è possibile calcolare il valore della pendenza di equilibrio relativa alla portata Q_r ed al diametro d_x adottati attraverso la:

$$i = [\theta'_{CR}(\gamma_S - \gamma_W)\, d_x\,] / (\gamma_W\, R)$$

Sono presenti in letteratura altre formule per valutare i parametri suddetti, che sono state validate su specifici corsi d'acqua, in relazione alle granulometrie di riferimento, alle condizioni morfologiche quali la pendenza e la forma del canale, la larghezza dell'alveo, e al regime pluviometrico del bacino. Il progettista, nella modellazione idraulica, deve, quindi, scegliere la metodologia e le formule che meglio rappresentano le condizioni reali di deflusso del corso d'acqua in esame, o che possano meglio prevedere l'evoluzione dello stesso a seconda delle opere di correzione previste.

La portata Q_r indicata nelle formule è sostanzialmente una *portata rappresentativa* (Ferro, 2002), ai fini del modellamento, dell'intera gamma di portate effettivamente defluenti in alveo (Pica, 2000). In letteratura si ritrovano le seguenti indicazioni: portata *formativa* (Brath e Maione, 1996), portata *dominante* (Lamberti et al., 1984) portata di *modellamento*, portata *indice* (Pica, 2000). Dal punto di vista pratico, per la *portata formativa* Brath e Maione (1996) indirizzano verso la portata massima annuale di tempo di ritorno 2-3 anni circa. Pica (2000) indica come *portata indice* la media dei massimi annuali della portata al colmo, precisando che in alternativa si può fare ricorso alla portata con tempo di ritorno 2 anni, che lo stesso Autore ritiene poco diversa dalla precedente. Lo stesso Pica (2000), riferendo del *Manuale per la progettazione di canalizzazioni stabili* edito dall'A.S.C.E. e redatto da U.S.Army Corps of Engineers (1997), indica che, nel caso dei corsi d'acqua naturali, viene assunta come portata di progetto quella *dominante* posta uguale alla portata a piene rive, cui può essere attribuito un tempo di ritorno compreso fra 1,5 e 2 anni. Ferro

(2002) assume come portata rappresentativa quella di tempo di ritorno pari a 2 anni. Lamberti et al. (1984), analizzando 21 corsi d'acqua dell'arco alpino, ricavano invece che in 14 casi la *portata dominante* è maggiore della biennale, in sei casi minore di essa e in un caso sostanzialmente la medesima, mostrando che la portata dominante varia da un corso d'acqua all'altro e ciò in relazione alle peculiarità del singolo corso d'acqua.

Pare opportuno, visti i molteplici approcci presenti in letteratura, fissare alcuni concetti base del modello concettuale esposto da Wolman e Miller (1960) sulla dinamica dei corsi d'acqua:

- La morfologia di un alveo mobile viene modificata da tutte le portate capaci di trasportare;
- Gli eventi di piena più grandi (Q_{50}-Q_{100} ecc), trasportano grandi quantità di sedimenti in tempi brevi, ma la loro frequenza è così bassa che la quantità di sedimenti trasportata è in realtà una piccola porzione della quantità totale trasportata nel lungo periodo;
- Le portate più efficaci nel conferire ad un corso d'acqua il suo assetto morfologico sono quelle che trasportano una moderata quantità di sedimenti, ma che si verificano con maggior frequenza.

Secondo alcuni autori (Leopold et al. 1964) è possibile individuare la portata formativa nella portata ad alveo pieno, "bankfull discarge", che è associata alle condizioni di trasporto al fondo necessario a mantenere la geometria del canale in equilibrio con la quantità dell'alimentazione dei sedimenti e la loro granulometria. In un alveo ghiaioso, tipicamente il materiale di fondo inizia a muoversi con un flusso pari a circa il 60% della portata al bankfull, e l'80% della quantità annuale di materiale trasportato al fondo viene mobilizzata con flussi compresi tra 0,8 e 1,6 volte la portata al bankfull (Billi – 2005).

Relativamente al diametro caratteristico d_X cui far riferimento per la ricerca della pendenza di compensazione, Ferro (2002), a seguito di verifiche di campo, suggerisce di orientarsi verso frattili elevati della curva granulometrica d_{84} o d_{90}. Nel manuale dell'A.S.C.E. sopra citato, si fa riferimento invece al d_{50}. Pica (2000), nel proporre dei criteri per la progettazione di canalizzazioni stabili, fa uso del diametro medio ponderale pari circa al d_{60}.

Secondo quanto indicato in recenti pubblicazioni da V. D'Agostino (2006), nella progettazione d'interventi di correzione dei corsi d'acqua in ambiente alpino, il dimensionamento delle opere longitudinali e trasversali dovrebbe essere eseguito su portate con tempi di ritorno compresi fra 10 e 30 anni e i diametri medi ponderali di riferimento sono quelli compresi fra d_{50} e d_{90}. Lo stesso Autore individua i seguenti limiti applicativi dei parametri suddetti, che sono d'indirizzo alla scelta progettuale:

Percentili e Portate di riferimento	Scelta progettuale
d_{50} e Q_{30}	**più prudenziale**
d_{90} e Q_{10}	**meno conservativa**

È evidente che la scelta delle grandezze Q_r e d_x da utilizzare per la ricerca di un valore attendibile della pendenza di compensazione risulta abbastanza problematica, essendo possibile assumere più coppie di valori Q_r, d_x seppure compresi negli intervalli sopra definiti.
A causa del grado di arbitrarietà insito nella scelta dei valori Q_r e d_x, non si può quindi ritenere a priori che la pendenza di equilibrio calcolata per fissati valori di Q_r e d_x corrisponda alla pendenza di compensazione. Affinché ciò si possa affermare, occorre fare un confronto tra i volumi solidi medi annui potenzialmente trasportabili in ogni tronco. Come noto, se non c'è scompenso tra il volume in ingresso e il volume in uscita dal tratto considerato, esso è in equilibrio; se il volume medio annuo potenzialmente trasportabile è sostanzialmente uguale a quello che caratterizza i tratti antecedenti e seguenti, l'insieme indica una porzione di corso d'acqua in sostanziale stato di equilibrio alla scala temporale ampia, scelta per l'analisi. La coppia di valori Q_r e d_x che, nei suddetti tratti in equilibrio, fornisce un valore della pendenza calcolata pari alla pendenza reale, potrà essere utilizzata per esaminare i restanti tratti, permettendo di trarre utili indicazioni circa la tendenza evolutiva di questi ultimi. Se la pendenza reale risulta maggiore della pendenza calcolata, il tratto può essere soggetto a fenomeni di erosione, anche per valori di portata inferiori a Q_r ; se le due pendenze pressappoco coincidono, il tratto è praticamente in una situazione di equilibrio dinamico; se la pendenza reale è minore della pendenza calcolata, il tratto può essere potenzialmente soggetto al deposito di eventuale materiale proveniente da monte.
È chiaro che queste valutazioni non tengono conto di potenziali fenomeni d'erosione laterale che possono mobilizzare grandi quantità di materiale provocando lo scoscendimento delle sponde e dei versanti, con modifiche profonde della morfologia dell'alveo. Normalmente questi fenomeni sono collegati ad eventi parossistici le cui conseguenze sono di difficile previsione e quasi mai implementate nei calcoli di progetto. La quantità di materiale mobilizzato e le modifiche alle condizioni di deflusso (mutamenti della morfologia del corso d'acqua, ostruzioni, aggiramenti, scalzamenti d'argini ecc.) possono modificare in modo rilevante la portata di riferimento, la scabrezza dell'alveo ed anche la stessa densità della massa liquida può aumentare in modo significativo (colate di fango/detriti), inficiando le previsioni di progetto.

6 - VALUTAZIONI DI MASSIMA SULLA CAPACITÀ DI TRASPORTO DEL T. MOGLIANA

Sono presenti in letteratura diverse metodologie e formule di calcolo che consentono di valutare il trasporto solido ma secondo alcuni autori queste analisi, più che alla stima, in genere non attuabile per l'indisponibilità di misure di campo, servono a "*confrontare la risposta di esse in termini di concordanza degli andamenti dei valori di volumi solidi calcolati nei vari tra*tti" (R.Fabrizio e G.Bianco - 2004). La loro risposta in assenza di misure dirette

(stazioni di misura del trasporto solido) è quindi in termini più qualitativi e consente di confrontare osservazioni in campo e valutazioni geomorfologiche e idrauliche. Per valutare il trasporto solido possono essere seguiti due tipi di approccio, l'uno fa corrispondere la degradazione specifica del bacino idrografico (erosione del suolo e delle rocce) al trasporto solido che il corso d'acqua raccoglie nel bacino stesso e fa transitare attraverso una sezione di misura, mentre l'altro si basa sulla valutazione della reale capacità di trasporto del corso d'acqua in esame su diverse sezioni di misura.

In quest'ultimo caso deve essere realizzata un'accurata schematizzazione della rete idrografica e dei fenomeni del trasporto che in essa si svolgono, e ciascun corso d'acqua (asta principale ed affluenti) deve essere suddiviso in tratti significativi, individuati sulla base di conoscenze geometriche (pendenza, larghezza, raggio idraulico), morfologiche (tipologia fluviale), idrauliche (regime delle portate liquide) e sedimentologiche (natura e dimensione dei sedimenti). All'interno di ciascun tratto tutte queste grandezze devono mantenersi abbastanza uniformi, non si devono riscontrare discontinuità geometriche (brusche variazioni di pendenza o di sezione), morfologiche, idrauliche (non comprendono immissioni o derivazioni) o sedimentologiche. Nel caso in esame si ritiene si possa applicare tale metodologia per una valutazione di massima del trasporto solido. Nel tratto del corso d'acqua in esame, considerate le caratteristiche dei materiali costituenti l'alveo, prevalentemente grossolane (ghiaie grosse – massi), il trasporto in sospensione è in occasione di eventi parossitici, è da considerarsi modesto rispetto al trasporto solido di fondo per trascinamento (rotolamento, strisciamento, saltazione). In letteratura sono state proposte numerose formule, ma nessuna di queste fornisce un criterio di stima del trasporto solido che possa ritenersi del tutto affidabile e adeguatamente accurato per gli scopi tecnici (Gomez e Church, 1989; Paris,2000). Si ritiene che nei successivi approfondimenti in fase esecutiva, si possa applicare la formula di Formula di Schoklitsch (1962), che è considerata da molti autori particolarmente idonea per alvei torrentizi composti da materiale grossolano (ghiaia, ciottoli e massi), e nonostante la sua semplicità risulta relativamente attendibile (Paris, 1998). Questa fornisce la capacità di trasporto istantanea Q_S [Kg/s] relativa alla portata liquida Q_{cr} [m3/s]:

$$Qs = 2500\ S^{3/2}\ (Q - Q\ cr)$$

dove Q_{cr} [mc/s] rappresenta la portata critica di inizio del moto dei sedimenti *(moto incipiente)*, ed è data da:

$$Q_{cr} = 0.6\ B\ (D_{40}^{3/2} / S^{7/6})$$

dove: - *B* [*m*] = larghezza dell'alveo attivo;
- D_{40} [*m*] = diametro rappresentativo dei sedimenti;
- *S* [-] = pendenza del fondo.

Le analisi sul corso d'acqua con l'applicazione della formula di Schoklitsch saranno svolte, ove richiesto, nelle successive fasi di progettazione esecutiva dell'impianto, ma si può già affermare con tutta sicurezza che le granulometrie misurate nelle stazioni di misura, in occasioni di eventi parossistici sono completamente mobilizzate. A riprova vi è che ampi tratti del corso d'acqua scorrono interamente in erosione sul substrato roccioso, e i pochi accumuli mobili presenti sono localizzati o in zone protette o in pozze, in cui vi è stata sedimentazione nella fase terminale della piena. Le stazioni di misura granulometrica, in effetti, sono state svolte su piccole barre laterali, poste quasi sempre in posizione protetta o sopraelevata rispetto all'alveo di magra a testimoniare che il loro deposito avviene nella fase terminale del deflusso di piena. Possono subire un trasporto limitato, solo blocchi rocciosi di dimensioni elevate, mutuamente incastrati, come si è constatato nei sopralluoghi, questi per ampie porzioni d'alveo costituiscono il solo materiale, oltre il substrato roccioso, presente sulle sponde e/o in alveo. Si osserva che i tratti d'alveo con pendenze superiori al 14% scorrono essenzialmente sul substrato roccioso, privi di deposito sia minuto sia di dimensioni elevate (massi ciclopici).

7 - GEOLOGIA-TECNICA

L'indagine svolta ha permesso di constatare le attuali condizioni dell'alveo e delle sponde e pur nella variabilità spaziale delle caratteristiche geotecniche del substrato e dei depositi presenti in alveo e sulle sponde, sulla scorta delle osservazioni fatte, si ritengono sufficienti in questa fase, ai fini della modellazione idraulica e di una stima della fattibilità geologica degli interventi in progetto, i dati geologici e geotecnici di massima a conoscenza dello scrivente desunti da studi interessanti l'areale per i litotipi d'interesse progettuale e le analisi granulometriche svolte nelle dodici stazioni di misura:

- coltri eluvio-colluviali (a_4): densità y_n = 1,6÷2,0 t/mc, coesione c'= 0,00÷0,05 Kg/cmq, angolo di attrito ø' = 26° ÷29°; (Coltre eluvio-colluviale e riporti di eguale natura).
- coltri detritiche (a_3): densità y_n = 1,7÷2,0 t/mc, coesione c'= 0,00÷0,05 Kg/cmq, angolo di attrito ø' = 30° ÷35°; (Coperture detritiche di versante di spessore medio ed elevato).
- depositi alluvionali (am e ar): densità y_n = 1,8÷2,1 t/mc, coesione c'= 0,00 Kg/cmq, angolo di attrito ø' = 30°÷42°; (Alluvioni mobili e recenti localmente mutuamente imbriciate, di granulometria generalmente grossolana ben gradata, localmente le alluvioni recenti si presentano ben addensate e saturate da materiale fino limoso-sabbioso e possono presentare una modesta coesione di tipo apparente).
- substrato roccioso (SZO): densità in sito y_n = 2,3÷2,6 t/mc, c' ≥ 0,5 Kg/cmq, ø' = 33÷45°; (secondo la classificazione di Bieniawski, generalmente il substrato, nelle aree di progetto presenta caratteristiche geotecniche generalmente da scadente a discrete, Classe IV-III; Localmente il livello d'alterazione e di tectonizzazione a livello superficiale può

determinare un deciso scadimento delle caratteristiche geotecniche dell'ammasso. Dove sono presenti aree a pendenza elevate e/o sottoposte all'azione erosiva della corso d'acqua, l'elevata energia dell'ambiente tende a rinnovare la superficie del substrato eliminando le porzioni dell'ammasso maggiormente degradate o riducendo lo spessore dei livelli d'alterazione. Per quanto concerne l'aspetto idraulico dell'ammasso è da considerarsi generalmente impermeabile e venute d'acqua sono possibili, lungo le superfici di fratturazione ove presenti).

Si conferma, in ogni caso, che i parametri suddetti sono solo indicativi e nella fase di rilascio delle autorizzazioni comunali e nella fase esecutiva strutturale di calcolazione del c.a. degli interventi in progetto, dovranno essere svolti tutti gli approfondimenti geologi previsti dal piano urbanistico comunale e dalle normative vigenti in materia di indagini sui terreni D.M. 11/03/88 e sotto il profilo geotecnico e sismico ai sensi delle NTC-2008.

Si ricorda, che l'intero territorio del Comune di Mezzanego, ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Deliberazione della Giunta Regionale della Liguria n. 1308 del 24.10.2008, è compreso in Zona Sismica 3A "*Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti. La sottozona 3A indica un valore di ag ≥ 0,10g*".

7.1 – FATTIBILITÀ DI MASSIMA DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

Le problematiche connesse alla realizzazione di opere in alveo sono molteplici, poiché possono determinare un profondo mutamento della morfologia e della dinamica del corso d'acqua con conseguenze negative sulla stabilità dell'alveo e delle sponde, ma possono essere superate con una serie di accorgimenti che consentano di mantenere o favorire il ripristino successivo della diversità ambientale esistente e che non inneschino processi d'erosione delle sponde e possano influire sulla funzionalità dei manufatti idraulici presenti.

In particolare nel prosieguo della progettazione e nella esecuzione degli interventi dovrebbero essere seguiti i seguenti criteri ambientali, ove compatibili con la modellazione idraulica (rischio di esondazione, fenomeni erosivi ecc.):

- *Si deve mantenere l'attuale quota di base del deflusso evitando la realizzazione di opere in alveo che inducano modifiche (innalzamenti/depressioni) troppo ampie del profilo del corso d'acqua.*
- *L'eventuale asportazione di materiale in alveo o il "rimodellamento" dello stesso dovrà avvenire sulla porzione eccedente rispetto all'alveo di magra.*
- *Deve essere realizzato un raccordo dolce fra l'alveo modificato e l'area circostante, evitando discontinuità nette (gradini) sulle sponde.*
- *Si deve conservare, ove possibile, almeno una sponda "naturale", operando con gli scavi solo sulla sponda opposta per favorire i processi di rinaturalizzazione.*

In questa fase di progetto connessa all'ottenimento della concessione di derivazione, il presente studio ha permesso in relazione alle esigenze idrauliche, di individuare l'ubicazione

migliore sia sotto il profilo ambientale che geologico-geomorfologico per i manufatti necessari alla realizzazione dell'impianto idroelettrico.

7.2 OPERA DI PRESA E MANUFATTI IDRAULICI CONNESSI

L'impianto in progetto prevede la realizzazione di una traversa di presa intorno alla quota assoluta 439m, posta immediatamente a valle della confluenza tra il torrente Mogliana e il suo tributario Rio Fossetto, con lo scopo di intercettare le acque da convogliare al dissabbiatore e alla vasca di carico, posti entrambi in sponda sx, attraverso una bocca di presa. L'ubicazione è stata scelta sotto il profilo idrologico per la possibilità di raccogliere il contributo del Rio Fossetto, che come indicato presenta un discreto bacino di alimentazione (1,55kmq). Il sito presenta però anche la caratteristica di essere facilmente raggiungibile tramite un ampia pista (sentiero) che si diparte dalla strada d'accesso al Cimitero.



Foto N.38)
Pista che si diparte dalla strada d'accesso al Cimitero e raggiunge il sito dove è prevista la realizzazione della presa. La condotta lascerà la pista un po' più a valle attraversando il pianoro detritico per circa 50m sino alla vasca di carico.

L'ubicazione presenta, quindi, diversi aspetti positivi, anche sotto il profilo geologico-geomorfologico e geologico-tecnico che possono essere riassunti nei seguenti aspetti:

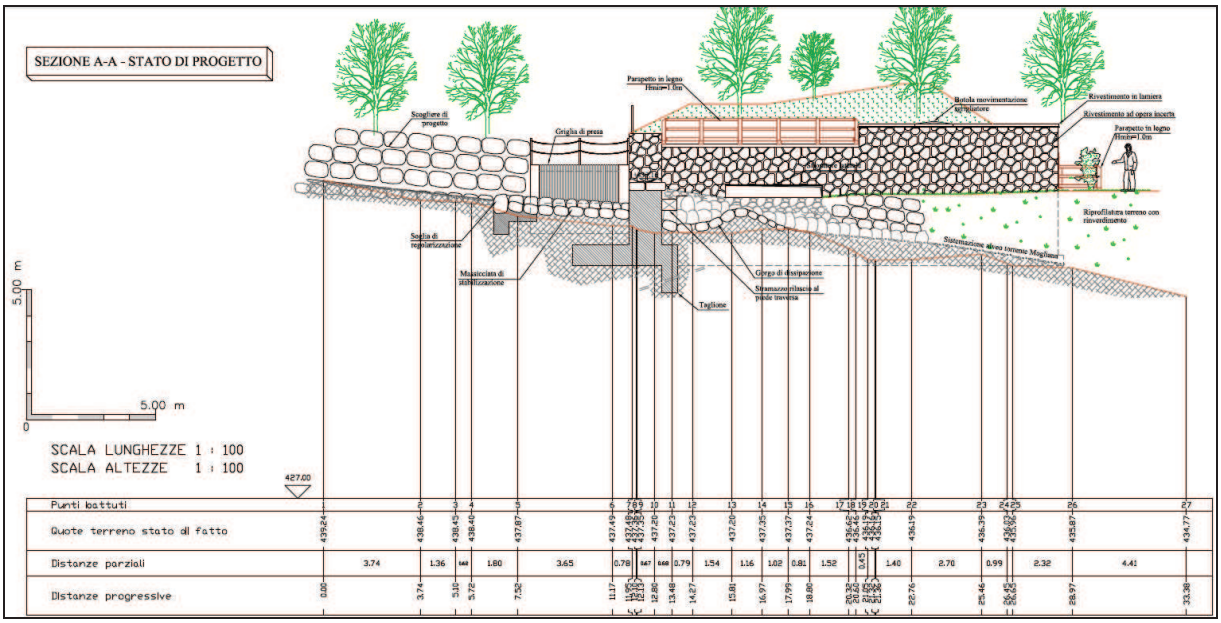
- La sezione di presa è facilmente raggiungibile dalla pista sterrata e procedendo da questa per circa 50m in un pianoro detritico (a2) sino alla presa. Sono, quindi, estremamente limitati sia i movimenti di terreno sia l'eventuale taglio di piante d'alto fusto.

- L'alveo del corso d'acqua nel tratto d'interesse scorre in erosione sul substrato roccioso degli Scisti Zonati (SZO), o presenta ridotti accumuli detritici costituiti essenzialmente da grossi massi, lo spessore è intorno a 2m. Gli scisti Zonati sono pressoché impermeabili e affiorano sia in sponda dx che sx. Ciò consente immorsando l'opera di presa nel substrato roccioso di raccogliere l'intero deflusso sotteso dal bacino senza alcuna perdita di flusso nel sub-alveo o laterale (ved. All. Stralcio Carta Geologica CARG).

- L'area sub-pianeggiante in sponda sx, è ampia e ben protetta dal corso d'acqua, essendo l'alveo del T. Mogliana incassato nel substrato roccioso, ciò consente di operare dalla

sponda sx alla realizzazione delle opere di presa e della vasca di carico, in assoluta tranquillità rispetto alle piene anche non ordinarie.

- Il versante in sponda dx come già indicato è in buone condizioni di stabilità con roccia affiorante sulle sponde a cui sono sovrapposti grossi blocchi rotolati, ciò consente di immorsare la briglia di presa nel versante senza operare scassi importanti e tali da richiedere l'esecuzione di particolari interventi di consolidamento.



Sezione della presa in progetto.

7.2.1 VERIFICA PRELIMINARE DELLA CONFORMITÀ AL PIANO DI BACINO DELL'AREA INTERESSATA DALLA PRESA E DAI MANUFATTI IDRAULICI CONNESSI

Il sito nella cartografia del Piano di Bacino Ambio 16, è inserito in una zona di frana per colata detritica naturalmente stabilizzata, censita col N.140068 nella Carta della Franosità Reale. Il sito per quanto attiene la suscettività al dissesto è inserito in un'area di grado elevato Pg3a ("*aree in cui sono presenti indicatori indiretti valutabili dalla combinazione di elementi geomorfologici e di uso del suolo, prive di movimenti gravitativi attivi e inattivi quiescenti, sulle quali sono state condotte indagini di maggior dettaglio che ne hanno evidenziato un livello di suscettività più contenuto rispetto all'entità dei parametri geologici, geomorfologici, geotecnici ed alla propensione al movimento gravitativo proprio delle frane attive e inattive quiescenti; appartengono a questa categoria frane inattive relitte (paleofrane) e zone a franosità diffusa inattive*"), e presenta un grado di rischio idrogeologico moderato R1 (Ved. All. Stralcio Carta della Pericolosità e del Rischio Idrogeologico del P.di B.).

Come già sottolineato, la Carta Geolitologica del P. di B. non rileva la presenza del substrato roccioso nell'alveo del T. Mogliana e sulle sponde, come altresì è stato rilevato in fase di sopralluogo e documentato nelle fotografie allegate. La cartografia geologica CARG pare

altresì, molto più vicina alla realtà, in effetti pone l'alveo nel tratto d'interesse interamente nel substrato roccioso degli Scisti Zonati. Conseguentemente le cartografie della Suscettività al Dissesto, della Pericolosità e della Franosità Reale del P. di B. risultano non completamente corrette soprattutto nelle zone di passaggio fra il deposito di colata detritica (a2) ed il substrato roccioso (Scisti Zonati - SZO).

Nel dettaglio le Norme di Attuazione del Piano di Bacino Ambito 16 (Approvato con D.G.P. n. 171 del 22/11/2011) indicano gli interventi ammessi in aree Pg3a:

"Nelle aree a suscettività al dissesto elevata per le quali in sede di piano siano già stati effettuati approfondimenti e/o studi di maggior dettaglio, individuate come (Pg3a) nella "Carta della suscettività al dissesto", sono consentiti anche interventi di nuova edificazione a condizione che le indagini a corredo degli interventi proposti verifichino che:

a) L'attuazione degli interventi consentiti non aggravi il grado di suscettività al dissesto dell'area ma permetta il miglioramento delle condizioni di stabilità dell'areale interessato, attraverso le opportune e le possibili opere volte a modificare i fattori geomorfologici e geotecnici determinanti il relativo grado di suscettività al dissesto;

b) Le condizioni di suscettività del territorio a contorno dell'area di intervento non interferiscano negativamente sull'intervento stesso;

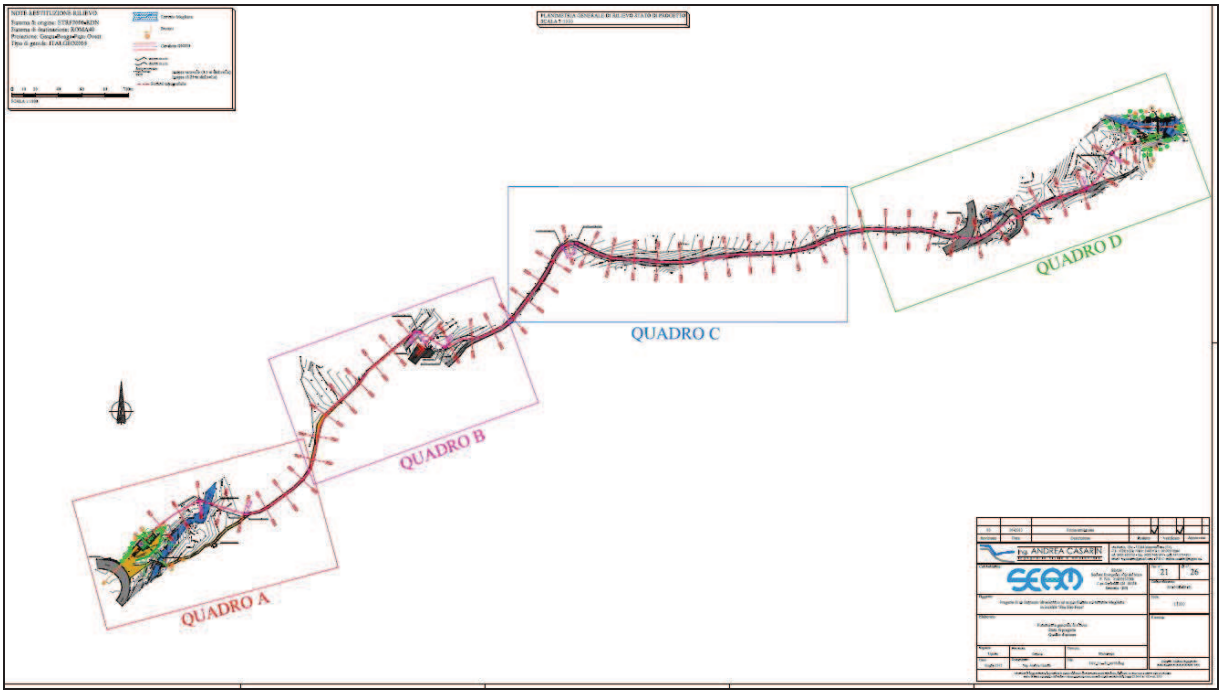
c) Gli interventi prevedano ogni accorgimento tecnico-costruttivo necessario ad assicurare la tutela della pubblica incolumità ed il non aumento del rischio."

A tal fine, ancorché non siano state svolte tutte le indagini esecutive, si ritiene in base alle osservazioni di sopralluogo, che le cautele indicate nelle tavole progettuali relative alla sistemazione delle sponde e dell'alveo nella zona di presa, siano del tutto sufficienti a garantire il mantenimento/miglioramento delle attuali condizioni di stabilità idrogeologica dell'area, tenuto conto anche della presenza in alveo del substrato roccioso appartenente alla formazione degli Scisti Zonati (SZO) e che la traversa di presa sarà ancorata interamente in esso. Pertanto si ritiene l'opera ed i manufatti di presa compatibili con le previsioni di pericolosità e rischio idrogeologico del P. di B. Ambito 16, e alle N.T.A. di cui dovranno essere svolti gli approfondimenti previsti/richiesti.

7.3 CONDOTTA FORZATA

Il tracciato della condotta forzata è stato disegnato quasi interamente interrato nel sedime delle strade o sentieri Comunali, e solo nel primo tratto per circa 50ml e nell'ultimo tratto circa 100ml, lascia le vie comunali per interessare altri terreni. Nei sopralluoghi è stato possibile visionare l'intero tracciato previsto dalla c.f., e non si sono rilevate particolari problematiche legate alla stabilità dei terreni attraversati, ancorché nel P. di B. siano presenti tratti indicati in zona Pg3, e neppure di carattere tecnico, se non la necessità di

operare in alcuni tratti col l'uso di martello demolitore o per segagione, essendo presente il substrato roccioso in posizione superficiale.



In effetti la c.f. è posata quasi interamente nel deposito di colata detritica (a2), che come già indicato dalle osservazioni di superficie presenta mediamente spessori variabili nell'intervallo 3÷5m (max presunto 10m). Sono presenti, altresì, tre zone con substrato roccioso affiorante o subaffiorante con copertura sottile (copertura max 1,5m), che procedendo dalla presa verso la centrale sono localizzati nei seguenti tratti:

- Tratto di strada comunale del cimitero in prossimità dell'incrocio con la S.P. N.26bis e sulla S.P. stessa, fra le sezioni di progetto N.42÷44 (ved. Foto N.17);
- Tratto fra le sezioni di progetto N.14÷17, che interessa la Chiesa di San Pietro di Pontegiacomo, questa è fondata probabilmente negli Scisti Zonati come già indicato (ved. Foto N.21, 25, 26 e 29), che affiorano diffusamente poca più a valle sino all'alveo del T. Mogliana *(In questo tratto nella fase di progetto esecutivo dovrà essere valutata nel dettaglio la profondità del substrato che comunque si ritiene non superi mai i 3m).*
- Tratto fra le sezioni di progetto N.1÷4 di attraversamento in subalveo del T. Mogliana sino alla centrale (ved. Foto N.31÷32).

7.3.1 VERIFICA PRELIMINARE DELLA CONFORMITÀ AL PIANO DI BACINO DELL'AREA INTERESSATA DALLA CONDOTTA FORZATA

Il percorso della c.f. nella cartografia del Piano di Bacino Ambito 16, è inserito quasi per la sua interezza, in una zona di Frana per *Colata Detritica* naturalmente *Stabilizzata*, censita

col N.140068 nella carta della franosità (ved. all. "Stralcio Carta della Franosità Reale"). Questo tratto per quanto attiene la suscettività al dissesto è inserito in un'area con un grado di suscettività al dissesto elevato Pg3a, e presenta un grado di rischio idrogeologico moderato R1 (Ved. All. Stralcio Carta della Pericolosità e del Rischio del P.di B.). Nel dettaglio la c.f. inserita in classe Pg3a, è compresa fra la presa, vasca di carico, e la Chiesa di S. Pietro di Pontegiacomo, Sezioni N.21÷51, ed un piccolo tratto in prossimità della sponda sx del T. Mogliana fra le Sezioni N. 4÷5. Per quanto concerne le N.T.A. relative alle aree Pg3a del Piano di Bacino Ambito 16, si rimanda a quanto indicato al paragrafo 7.2.1.
La parte centrale del percorso della c.f. fra le sezioni di progetto Sez. 5÷20 (Dalla Chiesa di S. Pietro sino in prossimità dell'attraversamento dell'alveo del T. Mogliana), è compresa nella cartografia del Piano di Bacino Ambio 16, in una zona di *Frana Complessa Quiescente*, censita col N.140067 nella carta della franosità (ved. all. "Stralcio Carta della Franosità Reale"). Questo tratto per quanto attiene la suscettività al dissesto è inserito in un'area con un grado di suscettività al dissesto molto elevato (frana quiescente) Pg3 ("*aree in cui sono presenti indicatori geomorfologici diretti, quali l'esistenza di frane quiescenti o di segni precursori o premonitori di movimenti gravitativi, ovvero indicatori indiretti valutabili dalla combinazione di elementi geomorfologici e di uso del suolo anche se prive al momento di movimenti gravitativi"*), e presenta un grado di rischio idrogeologico da moderato a medio R1÷R2 (Ved. All. Stralcio Carta della Pericolosità e del Rischio Idrogeologico del P.di B.).
Nel dettaglio le Norme di Attuazione del Piano di Bacino Ambito 16 (Approvato con D.G.P. n. 171 del 22/11/2011) indicano gli interventi ammessi in aree Pg3:

"Nelle aree a suscettività al dissesto elevata Pg3 non sono consentiti:

a) gli interventi di nuova edificazione;

b) gli interventi eccedenti la ristrutturazione edilizia, come definita dalla lett. d), comma 1, dell'articolo 31 l. 457/1978, fatti salvi gli interventi pertinenziali, che le norme tecniche degli strumenti urbanistici, in relazione alla zonizzazione ed al pregio ambientale e paesaggistico delle aree, non qualifichino come interventi di nuova costruzione, fermo restando che gli interventi ammessi non devono aumentare la vulnerabilità degli edifici e le condizioni di rischio rispetto a fenomeni di dissesto; nel caso di interventi di demolizione con ricostruzione deve essere assicurata la riduzione della vulnerabilità dell'edificio, rendendola maggiormente compatibile con la condizione di elevata pericolosità dell'area anche attraverso la messa in opera di tutti gli accorgimenti tecnici e le misure finalizzate a tutelare la pubblica incolumità. Sono fatti salvi gli interventi di viabilità, servizi tecnologici ed aree a verde attrezzato, corredati di progetti supportati dal parere vincolante della Provincia e basati su studi che dettaglino le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e geotecniche che determinano la suscettività elevata e che

verifichino che la realizzazione dell'opera non interferisca negativamente con le condizioni di stabilità dell'intera area.

3 bis. Nelle aree classificate Pg3 indagini di maggior dettaglio possono accertare se, all'interno delle stesse, siano individuabili aree che presentino un livello di pericolosità più contenuto rispetto all'entità dei parametri geologici, geomorfologici e geotecnici ed alla propensione al movimento gravitativo proprio delle frane quiescenti.

3 ter. Le indagini, sulla base delle specifiche caratteristiche geologiche, geomorfologiche e geotecniche delle aree considerate, sono dirette a verificare che:

a) in coerenza con la metodologia di classificazione sviluppata nei piani, tali aree presentino caratteristiche fisiche tali da confermare il relativo inquadramento nella classe di suscettività al dissesto elevata (Pg3);

b) tali aree presentino, peraltro, un livello di pericolosità più contenuto rispetto all'entità dei parametri geologici geomorfologici geotecnici e alla propensione al movimento gravitativo proprio delle frane quiescenti, tale da consentire anche interventi di nuova edificazione; tali aree, ove individuate, vengono denominate Pg3a, come indicato al precedente art. 12, comma 2, lettera b) punto 2 – II."

La parte della c.f. nel tratto fra la centrale e la sponda dx del T. Mogliana prima dell'attraversamento dell'alveo, fra le sezioni di progetto N.1÷4, è compresa in un'area con classe di suscettività al dissesto media Pg2, e con grado di rischio medio R2. Nelle N.T.A. del P. di B. Ambito 16, non vi sono particolari limitazioni all'edificazione e quindi alla realizzazione di condotte, se non il mantenimento/miglioramento delle attuali condizioni di suscettività al dissesto. In queste aree le N.T.A. del P.di B. Ambito 16 specificano che:

"Nelle aree a suscettività al dissesto media (Pg2), bassa (Pg1) e molto bassa (Pg0) si demanda ai Comuni, nell'ambito della norma geologica di attuazione degli strumenti urbanistici o in occasione dell'approvazione sotto il profilo urbanistico-edilizio di nuovi interventi insediativi e infrastrutturali, la definizione della disciplina specifica di dette aree, attraverso indagini specifiche, che tengano conto del relativo grado di suscettività al dissesto. Tali indagini devono essere volte a definire gli elementi che determinano il livello di pericolosità, ad individuare le modalità tecnico-esecutive dell'intervento, nonché ad attestare che gli stessi non aggravino le condizioni di stabilità del versante.".

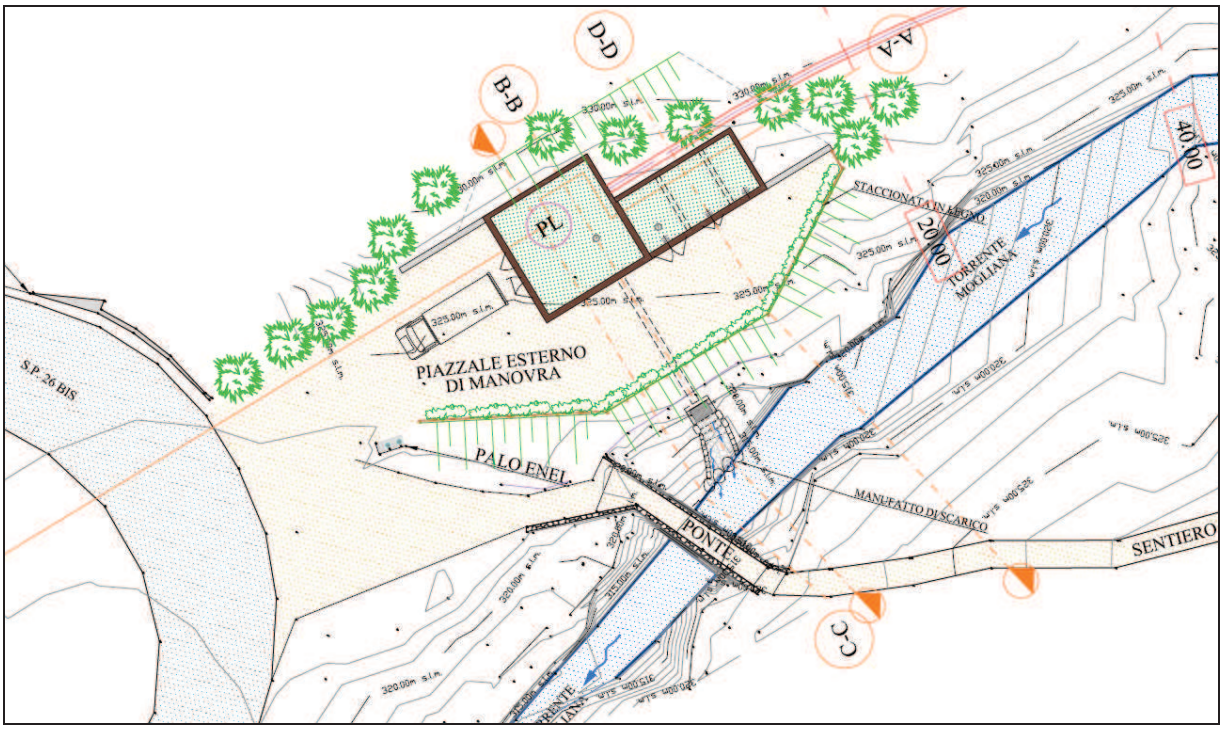
Il tratto di attraversamento del T. Mogliana, all'incirca fra le Sez. 3-4 è compreso in una suscettività al dissesto di grado basso Pg1, e con grado di rischio moderato R1. In questi tratti come sopra indicato, le N.T.A. del P. di B. Ambito 16 non presentano particolari limitazioni all'esecuzione di interventi anche edificatori.

La realizzazione della condotta forzata in considerazione di quanto sopra evidenziato, nonché delle cautele indicate nelle tavole progettuali relative alla sistemazione delle aree

interessate dal tracciato, si ritiene compatibile con le previsioni di pericolosità e rischio idrogeologico del P. di B. Ambito 16, e alle N.T.A. di cui dovranno essere svolti gli approfondimenti previsti/richiesti.

7.4 CENTRALE E RILASCIO DELLA PORTATA TURBINATA

Il fabbricato della centrale è previsto intorno alla quota assoluta 325-330m sopra la sponda dx del Torrente Mogliana (Quota alveo intorno a 315m), a circa 20-25m dalla Strada S.P. 26bis. Si accede alla centrale direttamente dalla strada provinciale attraverso il piazzale esterno di manovra.



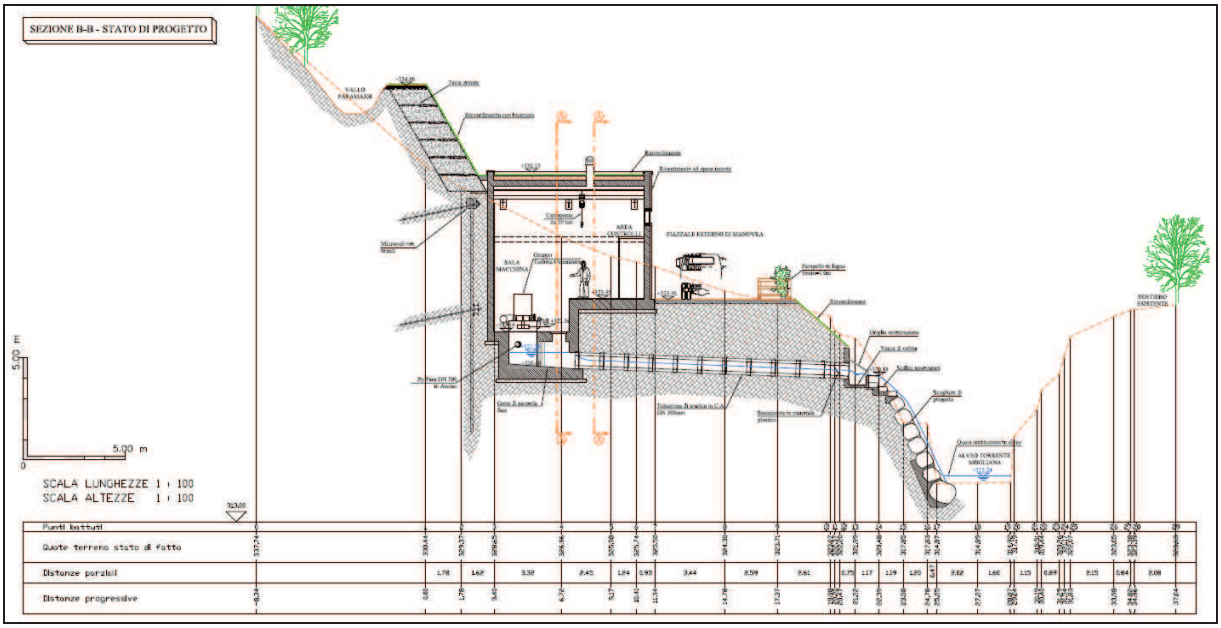
Non vi ravvisano particolari problematiche alla sua realizzazione sia per quanto concerne l'accessibilità e la predisposizione del cantiere, sia per quanto concerne gli aspetti geologici geomorfologici, che comunque già in questa fase tesa all'ottenimento della concessione idroelettrica, la progettazione si è fatto carico di affrontare. Si vuole nuovamente rilevare che la Carta Geolitologica del P.di B. inserisce l'area di costruzione della centrale in deposito detritico potente (dt) a differenza della Carta Geologica CARG e delle osservazioni di sopralluogo ove il substrato roccioso appartenente agli Scisti Zonati (SZO) affiora diffusamente in alveo, sulle sponde e negli intagli del versante lungo la S.P. 26bis. L'area scelta per la realizzazione della centrale presenta il substrato roccioso (SZO) in posizione affiorante o sub-affiorante (Coltre con spessore max <1,5). Localmente le misure di strato misurate sulla sponda dx del T. Mogliano presentano giaciture intono a 180°N con immersione verso W ed inclinazione intorno a 25°. Questa giacitura concorda con quella

indicata nella CARG, ubicata poco più a W negli intagli stradali della S.P. 26bis, che presenta però un inclinazione maggiore 41°. L'area di costruzione della centrale presenta, quindi, un assetto strutturale ad attraversopoggio/reggipoggio e quindi generalmente favorevole alla stabilità d'assieme del versante (ved. all. Stralcio Carta Geologica CARG).



Foto N.39)
Vista verso monte dell'alveo e della sponda dx del T. Mogliana nel punto di costruzione della centrale (indicato dalla freccia a tratto rosso). Si noti la presenza diffusa in affioramento del substrato roccioso (SZO) con disposizione a reggipoggio, mentre sul versante sono presenti spessori di coltre generalmente contenuti in 1,5m.

Come indicato la progettazione ha già indicato una serie di interventi atti a mitigare l'impatto dell'opera sull'assetto idrogeologico del versante ed a garantire la sicurezza del manufatto e la pubblica e privata incolumità sia in fase di realizzazione sia in esercizio.



Sezione B-B di progetto del fabbricato della centrale idroelettrica.

Si prevede, ancorchè, l'assetto stratigrafico e le caratteristiche geomeccaniche consentano di poter operare anche con scavi a campioni, un preventivo intervento di consolidazione con una berlinese costituita da pali e due ordini di tiranti. Il manufatto è quasi interamente inserito nel profilo naturale del versante e per proteggerlo da eventuali crolli di materiale lapideo o flussi erosivi in occasione di fenomeni meteo intensi, è stato predisposto un vallo a corona del fabbricato, realizzato in terra armata con finitura rinverdita. Si ritiene che quest'ultima opera se ritenuta visivamente impattante dagli Uffici proposti, possa essere sostituita da due ordini di terrazzamenti con muri a secco e piantumati con alberi di alto fusto, senza diminuirne l'efficacia.

Per quanto concerne il rilascio del deflusso turbinato non vi sono limitazioni alla sua realizzazione, come indicato l'alveo e le sponde sono costituite dal substrato roccioso degli scisti zonati (SZO), già dilavato dalle piene e quindi ripulito dalla porzione alterata superficiale. Pertanto si ritiene che la scogliera di protezione indicata alla base del rilascio, se non gradita dagli Uffici proposti possa, anche, essere omessa.

È evidente che in fase di approvazione architettonica e strutturale degli interventi in progetto, dovranno essere eseguiti tutti gli accertamenti e le indagini geologico-tecniche necessarie per la modellazione geologica e geotecnica e la definizione del rischio geologico puntuale.

7.4.1 VERIFICA PRELIMINARE DELLA CONFORMITÀ AL PIANO DI BACINO DELL'AREA INTERESSATA DALLA CENTRALE E RILASCIO DELLA PORTATA TURBINATA

L'area come si rileva anche dalla cartografia del Piano di Bacino è inserita in una zona senza particolari problematiche di carattere idrogeologico, con suscettività al dissesto di grado medio Pg2 e con grado di rischio lieve o trascurabile R0 (Ved. All. Stralcio Carta della Pericolosità e del Rischio Idrogeologico del P.di B.). L'area è lambita a monte da un'area con suscettività al dissesto di grado elevato Pg3a e con grado di rischio moderato R2.

In queste aree le N.T.A. del P.di B. Ambito 16, come sopra indicato: "*demanda ai Comuni, nell'ambito della norma geologica di attuazione degli strumenti urbanistici o in occasione dell'approvazione sotto il profilo urbanistico-edilizio di nuovi interventi insediativi e infrastrutturali, la definizione della disciplina specifica di dette aree, attraverso indagini specifiche, che tengano conto del relativo grado di suscettività al dissesto. Tali indagini devono essere volte a definire gli elementi che determinano il livello di pericolosità, ad individuare le modalità tecnico-esecutive dell'intervento, nonché ad attestare che gli stessi non aggravino le condizioni di stabilità del versante.".*

La realizzazione della centrale e del manufatto di rilascio della portata turbinata in considerazione di quanto sopra evidenziato, nonché delle cautele indicate nelle tavole

progettuali relative alla sistemazione delle aree interessate, si ritiene compatibile con le previsioni di pericolosità e rischio idrogeologico del P. di B. Ambito 16, e alle N.T.A. di cui dovranno essere svolti gli approfondimenti previsti/richiesti.

8 - CONCLUSIONI

L'indagine svolta ha permesso di definire ai fini del presente progetto le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrologiche ed idrogeologiche dell'area d'intervento.

In relazione alle conoscenze dello scrivente, alle indagini geologiche e geotecniche già eseguite nell'areale (Piano di Bacino Ambito 16 e la Carta Geologica CARG), alle analisi granulometriche eseguite, ed alle osservazioni svolte in fase di sopralluogo in alveo e sulle sponde, sugli affioramenti del substrato, sui depositi alluvionali e sulle coltri di copertura, sono stati indicati i parametri geotecnici ai fini della modellazione geologica e geotecnica preliminare dei manufatti connessi all'impianto idroelettrico, e forniti suggerimenti per la modellazione idraulica.

Le aree interessate dalle opere in progetto ed in particolare la prese ed i manufatti annessi vasca di sedimentazione e di carico, la condotta, la centrale ed il rilascio del deflusso turbinato sono da considerarsi generalmente stabili, ancorché un tratto della condotta forzata sia inserito in un'area ad elevata pericolosita Pg3 (frana quiescente).

L'esame della Norme tecniche di Attuazione relativamente alle aree d'interesse ha consentito di verificare la compatibilità degli interventi in progetto (opera di presa, c.f. e centrale e rilascio), in attesa comunque degli approfondimenti che gli Uffici proposti ritenessero richiedere.

Nei sopralluoghi si è potuto accedere direttamente all'alveo del Torrente Mogliana, come ampiamente documentato, ed in particolare nei tratti interessati dalle suddette opere, in cui sono in atto fenomeni d'erosione di fondo e di sponda del T. Mogliana che mettono a nudo il substrato roccioso, ma che allo stato attuale si è potuto constatare che non inducono particolari problematiche alla stabilità d'assieme dei versanti.

La progettazione degli interventi e la presente relazione geologica redatta ai fini del rilascio della concessione di derivazione d'acqua a scopo idroelettrico hanno già raggiunto un elevato grado di approfondimento consentendo la predisposizione di soluzioni quasi esecutive agli interventi in progetto. Si evidenzia, altresì, che nella fase di progettazione esecutiva dei singoli interventi, dovranno essere svolti ulteriori approfondimenti sotto il profilo geologico, idrologico, idrogeologico, geotecnico e sismico, anche ai sensi delle N.T.A del P. di B. Ambito 16 e delle NTC-2008.

Questi approfondimenti dovranno consentire la predisposizione di soluzioni progettuali tali da garantire la stabilità dei versanti, dei manufatti e fabbricati esistenti, e dovranno essere

atti a mitigare i possibili effetti di mobilizzazioni del fondo (am) e delle sponde (a_2) in occasione delle piene, oltre a mantenere, ove possibile, una certa naturalità sia al corso d'acqua, minimizzando gli effetti sulla vita acquatica, sia alle aree interessate dagli interventi, favorendo la ripresa vegetativa delle alberature esitenti e dei nuovi interventi di mitigazione che si prevede siano realizzati con tecniche di ingegneria naturalistica.

Si attesta, pertanto, in osservanza delle indicazioni tecniche descritte e in osservanza delle previsioni del Piano di Bacino Ambito 16, assumendosene la piena responsabilità, la fattibilità di massima degli interventi previsti in progetto ai fini del rilascio della autorizzazione/concessione di derivazione acqua per scopo idroelettrico, sotto il profilo geologico, geomorfologico, idrologico, idrogeologico e geologico-tecnico.

Sanremo, 23/07/2013 Dott. Geol. Marco Martolini

La relazione è composta da numero 62 pagine a cui sono allegate *(Per le cartografie tecniche progettuali idrauliche ed idrologiche si rimanda al Progetto a firma dell'Ing A. Casarin)*:

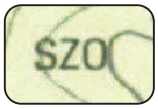
- Stralcio Carta Geologica CARG – Modificata (Impianto) (Ingrandimento Scala 1:5000);
- Stralcio Carta Geologica CARG – Modificata (Bacino sotteso);
- Stralcio Carta Geolitologica del P. di B.;
- Stralcio della Carta Idrogeologica del P. di B.
- Stralcio della Carta della Franosità Reale del P.di B.;
- Stralcio della Carta della Pericolosità o Suscettività al dissesto del P. di B.;
- Stralcio della Carta del Rischio Idrogeologico del P.di B.;
- Stralcio della Carta delle area sottoposte a Vincolo Idrogeologico del P. di B.;
- N.2 Schede di campionamento analisi granulometrica (Stazioni di misura);
- Foglio di calcolo "Analisi Morfometriche e Geomorfologiche – Curva Ipsografica";
- Foglio di calcolo "Erosione Fournier".

STRALCIO CARTA GEOLOGICA CARG

(*Tavoletta N.215-3 "Borzonasca" Scala 1:25000*)

Ingrandimento Scala 1:5000

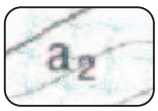
LEGENDA



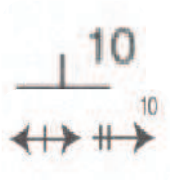
- **SZO)** **Scisti Zonati (SZO),** indicati nel P. di B. come Argilliti, Argille a Palombini del Lago di Giacopiane, agGIC, sono costituiti da torbiditi sottili a composizione silicoclastica indicativi di un ambiente di piana bacinale. L'età del tetto degli Scisti Zonati è stata attribuita da MARRONI & PERILLI (1990) nel settore di M. Zatta all'intervallo Campaniano superiore-Maastrichtiano inferiore. Le argilliti SZO affiorano nell'intera area interessata dai manufatti idraulici in progetto (presa, condotta e centrale), anche se generalmente coperte da spessori da sottili ad elevati di coltri colluviali e/o alluvionali antiche e recenti. Rispetto al bacino idrografico sotteso dalla presa, gli SZO affiorano nella porzione terminale del bacino, lungo l'asta del T. Mogliana sino intorno a quota 495m, poco a monte del ponte della S.P. N.26bis in località Piano di San Siro Foce.



- **FYV)** **Le Arenarie di Monte Gottero (GOT),** indicate nel P. di B. come Arenarie, Arenarie del Monte Gottero arGOT, affiorano principalmente nell'area del M. Ramaceto e nel settore di M. Zatta. Si tratta di torbiditi arenaceo-pelitiche a composizione silicoclastica interpretate in letteratura come l'espressione di un sistema di conoide attivo durante il Cretacico superiore. Le arenarie GOT, occupano la quasi totalità del bacino di alimentazione del T. Mogliana sia sulla dx idrografica su tutto il crinale di Costa di Braccalupo, sino in prossimità di M. Bocco dove affiorano le sovrastanti Argilliti di Giaiette, sia sulla dx orografica da M.Zatta, ove è generalmente ricoperto da un importante coltre detritica, sino a M. Pinarello.



- **a_2)** **Depositi di frana antica** sono rappresentati da accumuli gravitativi antichi di materiale eterogeneo ed eterometrico talvolta coinvolgenti porzioni di substrato; essi possono distinguersi in frane relitte con caratteristiche di frane di materiali incoerenti semicoerenti, di origine spesso complessa, e in frane relitte con caratteri di frane in roccia, prevalentemente "frane di scivolamento gravitativo in massa", sia rotazionale sia planare di scaglie di substrato. Questi depositi sono presenti soprattutto in prossimità dei corsi d'acqua alla base dei tratti più acclivi e sono riconducibili perlopiù a conoidi; Localmente è presente un esteso accumulo detritico riconducibile ad un antico colamento stabilizzato (Debris flow) lungo il corso del T. Mogliana in sponda sx dalla zona di presa sino alla zona di rilascio, questa area si sviluppa anche nel tratto terminale del Rio Fossetto prima della confluenza ove si nota nelle coperture, la presenza di blocchi litoidi di forma arrotondata di dimensioni da decimetriche a plurimetriche, é individuata nella "Carta della Franosità Reale" del P.D.B. col N.140068 ed è classificata come Frana Stabilizzata.



Strato diritto con misura dell'inclinazione in gradi.

Assi di mesopieghe di 2° fase.



Punti di misura della giacitura del substrato roccioso. Di seguito sono indicate le giaciture misurate e il numero delle fotografie corrispondenti descritte in relazione:
- punto 1) Direzione 220° N, Inclinazione 32°, Immersione NW (ved. Foto N 7 e 8); - punto 2) 240° N, 28°, NW (ved. Foto N 11 e 12); - punto 3) 320° N, 29°, SW (ved. Foto N.14); punto 4) 320°N, 29°, SW (ved. Foto N.17); - punto 5) giacitura non misurabile (ved. Foto N.21); - punto 6) 350°N, 55°, W (ved. Foto N.25); - punto 7) 0°N, 33°, W (ved. Foto N.26); - punto 8) 340°N, 50°, W (ved. Foto N.31 e 32); - punto 9) 0°N, 25°, W (ved. Foto N.33); - punto 10) 0°N, 55°, W (ved. Foto N.37).



Stazioni di misura in alveo della granulometria dei sedimenti.



Area interessata da un fenomeno franoso negli anni '80 nell'abitato di Pontegiacomo Superiore. Questa presenta limitati segni di attività in due fabbricati abitati, un terzo è in abbandono da più di 20 anni con tetto parzialmente compromesso e crolli non direttamente riconducibili al fenomenno franoso.



Ubicazione della presa dell'impianto idroelettrico in progetto.

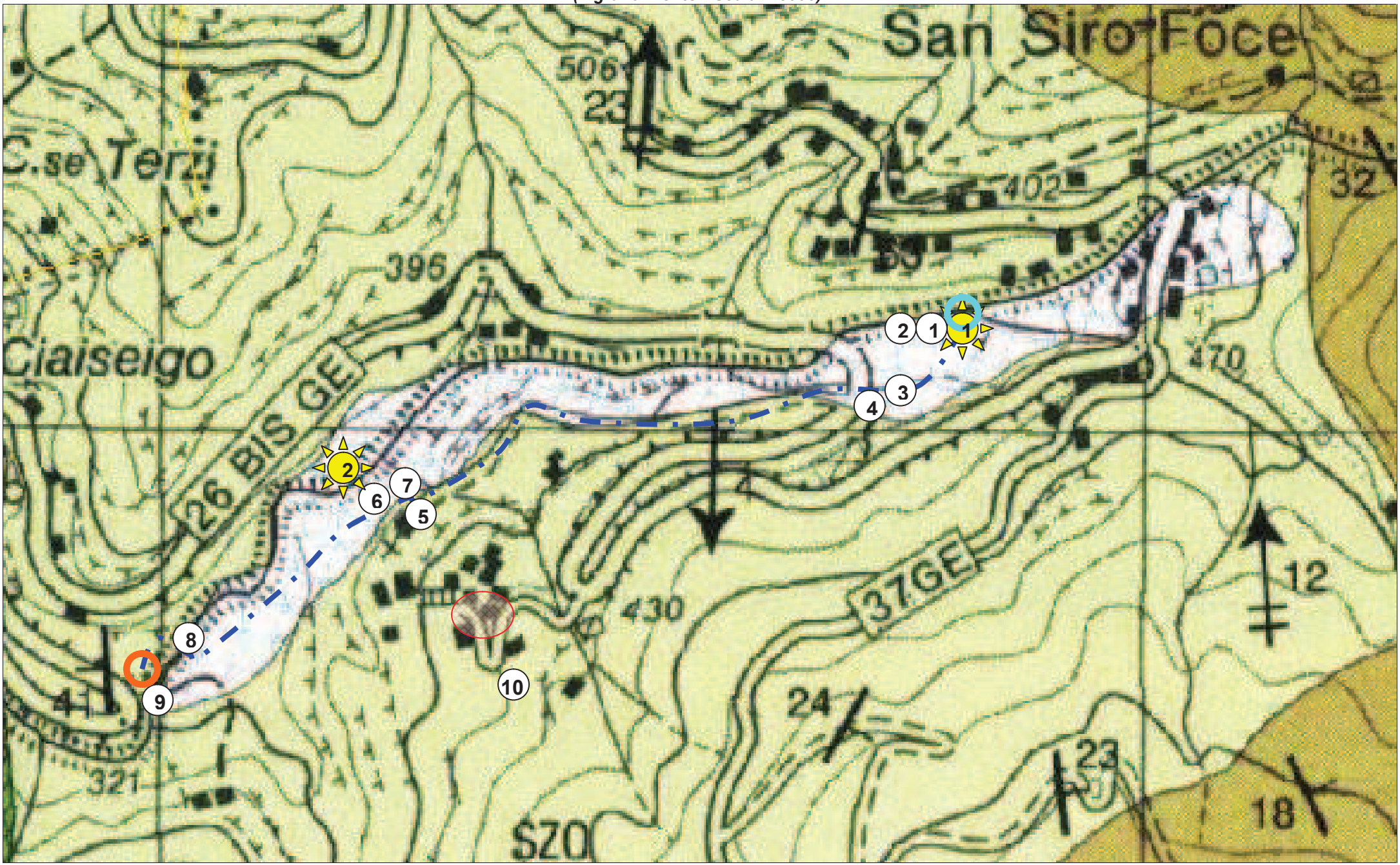


Ubicazione della centrale idroelettrica in progetto.

Tracciato della condotta forzata in progetto.

STRALCIO CARTA GEOLOGICA CARG – MODIFICATA *(Impianto - giaciture rilevate – stazioni granulometriche)*

(Ingrandimento - Scala 1:5000)

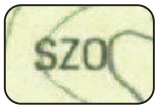


STRALCIO CARTA GEOLOGICA CARG

(*Tavoletta N.215-3 "Borzonasca" Scala 1:25000*)

Ingrandimento Scala 1:20000

LEGENDA



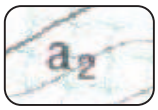
- **SZO)** **Scisti Zonati (SZO),** indicati nel P. di B. come Argilliti, Argille a Palombini del Lago di Giacopiane, agGIC, sono costituiti da torbiditi sottili a composizione silicoclastica indicativi di un ambiente di piana bacinale. L'età del tetto degli Scisti Zonati è stata attribuita da MARRONI & PERILLI (1990) nel settore di M. Zatta all'intervallo Campaniano superiore-Maastrichtiano inferiore. Le argilliti SZO affiorano nell'intera area interessata dai manufatti idraulici in progetto (presa, condotta e centrale), anche se generalmente coperte da spessori da sottili ad elevati di coltri colluviali e/o alluvionali antiche e recenti. Rispetto al bacino idrografico sotteso dalla presa, gli SZO affiorano nella porzione terminale del bacino, lungo l'asta del T. Mogliana sino intorno a quota 495m, poco a monte del ponte della S.P. N.26bis in località Piano di San Siro Foce.



- **FYV)** **Le Arenarie di Monte Gottero (GOT),** indicate nel P. di B. come Arenarie, Arenarie del Monte Gottero arGOT, affiorano principalmente nell'area del M. Ramaceto e nel settore di M. Zatta. Si tratta di torbiditi arenaceo-pelitiche a composizione silicoclastica interpretate in letteratura come l'espressione di un sistema di conoide attivo durante il Cretacico superiore. Le arenarie GOT, occupano la quasi totalità del bacino di alimentazione del T. Mogliana sia sulla dx idrografica su tutto il crinale di Costa di Braccalupo, sino in prossimità di M. Bocco dove affiorano le sovrastanti Argilliti di Giaiette, sia sulla dx orografica da M.Zatta, ove è generalmente ricoperto da un importante coltre detritica, sino a M. Pinarello.



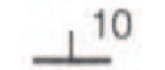
- **GTT)** **Le Argilliti di Giaiette (GTT),** indicate nel P. di B. come Argilliti, Argilliti di Giaiette agGTT), sono costituite dall'associazione di argilliti e strati torbiditici pelitico-arenacei sottili a composizione silicoclastica con depositi clastici grossolani derivati principalmente dal rimaneggiamento di una successione del tipo Argille a Palombini e da una sequenza ofiolitica. All'interno delle Argilliti di Giaiette sono riconoscibili differenti litofacies la cui associazione è stata ritenuta indicative di un ambiente sedimentario di scarpata (TREVES, 1984; MARRONI,1991). Le Argilliti di Giaiette hanno fornito nella località tipo associazioni di Microforaminiferi (PASSERINI & PIRINI; 1964; GALBIATI, 1968) e di nannofossili calcarei indicative del Paleocene inferiore (MONECHI & TREVES, 1984; MARRONI & PERILLI, 1990)



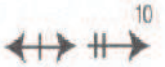
- **a_2)** **Depositi di frana antica** sono rappresentati da accumuli gravitativi antichi di materiale eterogeneo ed eterometrico talvolta coinvolgenti porzioni di substrato; essi possono distinguersi in frane relitte con caratteristiche di frane di materiali incoerenti semicoerenti, di origine spesso complessa, e in frane relitte con caratteri di frane in roccia, prevalentemente "frane di scivolamento gravitativo in massa", sia rotazionale sia planare di scaglie di substrato. Questi depositi sono presenti soprattutto in prossimità dei corsi d'acqua alla base dei tratti più acclivi e sono riconducibili perlopiù a conoidi.



- **a_3)** **Coperture detritiche di versante** di spessore medio ed elevato dovute ad alterazione in situ ed in seguito mobilizzate da processi di versante, costituite da clasti eterometrici di varia litologia in matrice pelitica e sabbioso-ghiaiosa con estesa copertura pedogenetica, assai spesso rimaneggiata. Nel bacino sotteso l'accumulo detritico di versante di maggior estensione è ubicato in località Piane di Borzonasca (1000÷1400m), sulle pendici del M. Zatta.



Strato diritto con misura dell'inclinazione in gradi.



Assi di mesopieghe di 2° fase.

Bacino idrologico sotteso dall'impianto idroelettrico in progetto.



Ubicazione della presa dell'impianto idroelettrico in progetto.

STRALCIO CARTA GEOLOGICA CARG – Bacino sotteso dall'impianto

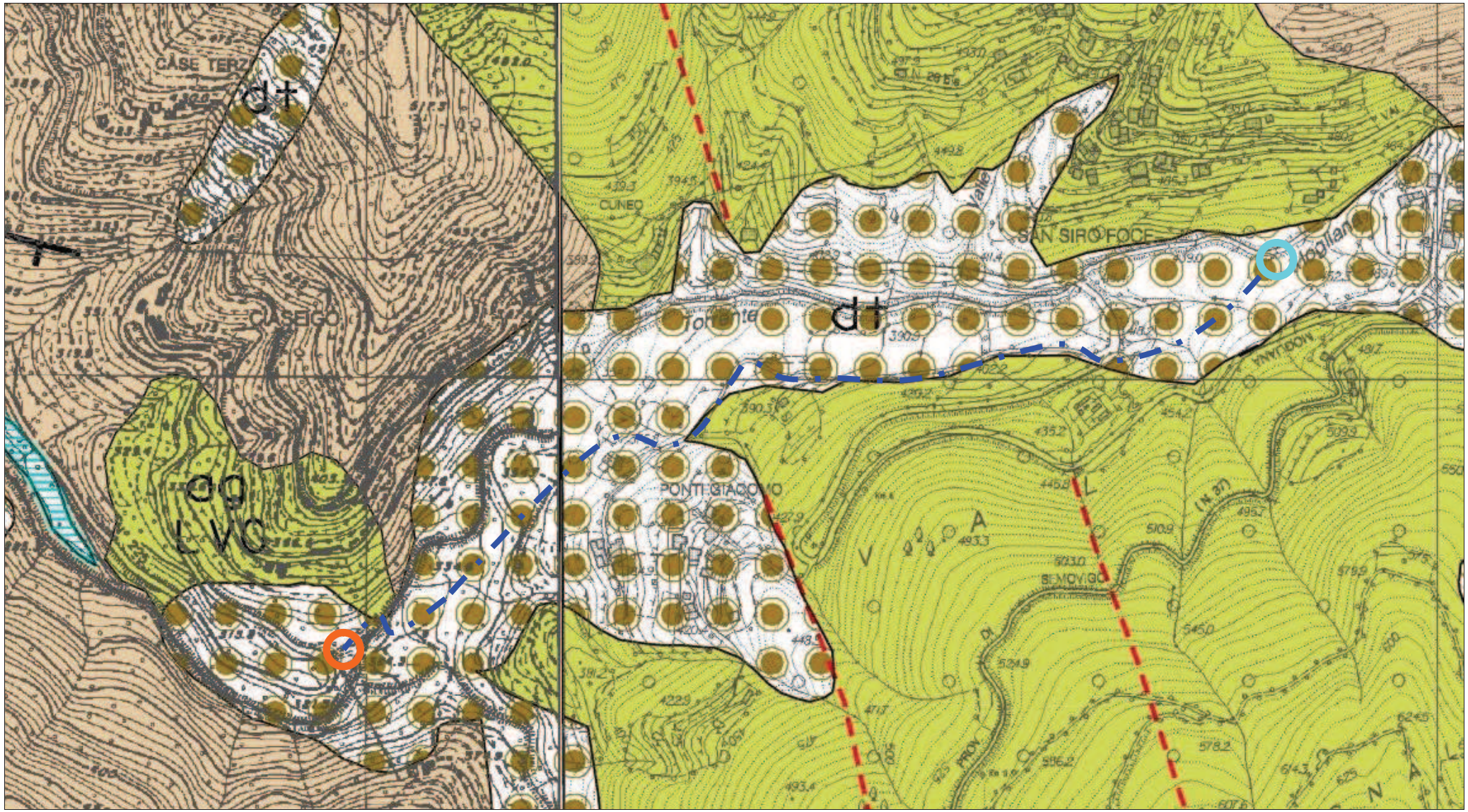
(Ingrandimento - Scala 1:20000)



Stralcio della Carta Geolitologica di Bacino Ambito 16

Tav. 215130-215140 - Variante approvata con D.C.P. N.8 del 01.03.206

non in scala



DEPOSITI ALLUVIONALI

(am) Mobili attuali

(ar) Terrazzati recenti

(aa) Terrazzati antichi

(al) Depositi lacustri

DEPOSITI DI SPIAGGIA

(ds) Depositi di spiaggia

COPERTURE DETRITICHE POTENTI (superiori a mt. 3)

(dt) Coperture detritiche superiori a 3 metri – (dm) Depositi morenici

(gr) Grossi riporti

LIMITI FORMAZIONALI

certi

presunti

GIACITURE DEGLI STRATI

orizzontali

verticali

inclinati

rovesciati

contorti

FAGLIE

certe

presunte

Ubicazione della presa dell'impianto idroelettrico in progetto.

Ubicazione della centrale idroelettrica in progetto.

Tracciato della condotta forzata in progetto.

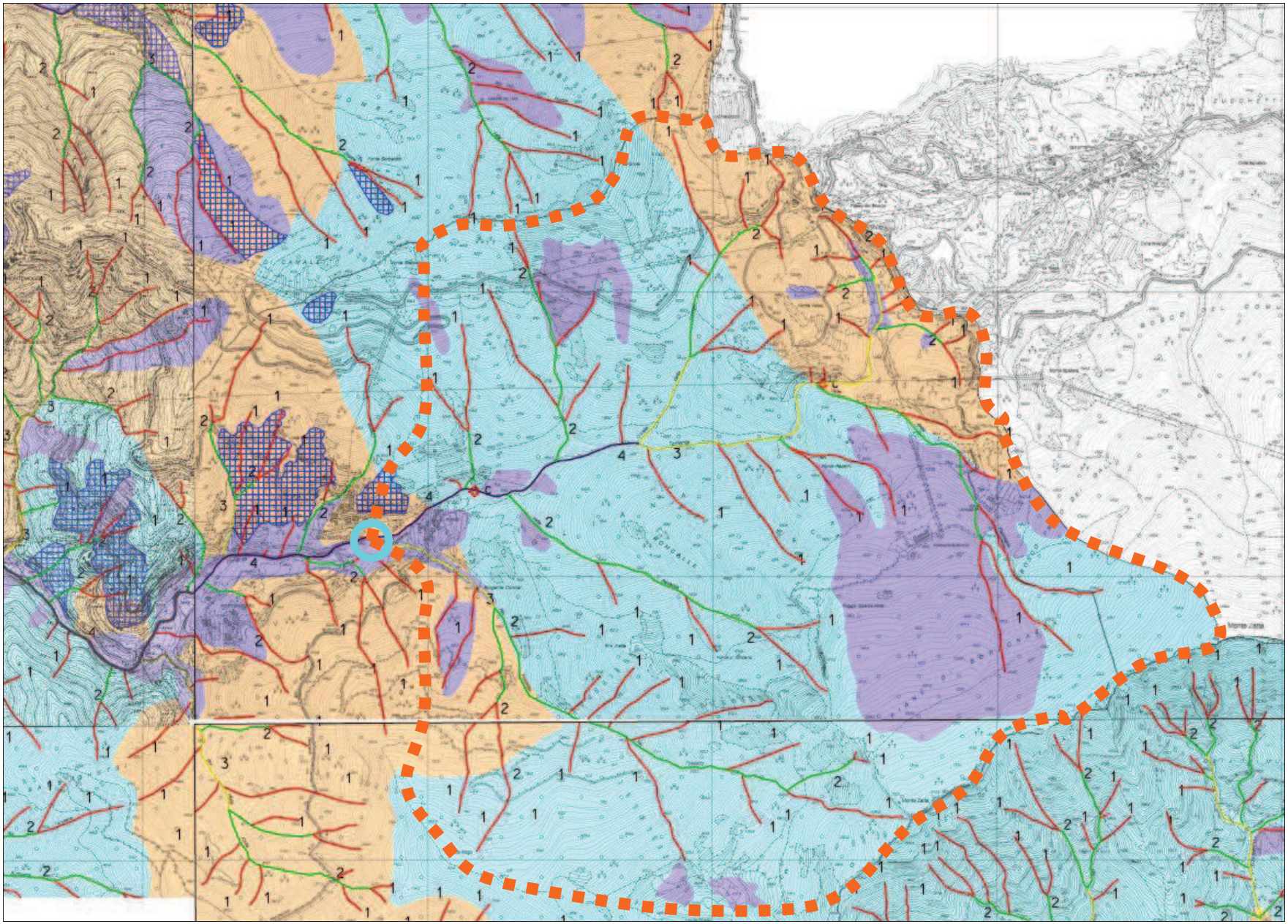
LITOLOGIE

maSOP	MARNE (Marne di Sopralacroce)
arCSU	ARENARIE (Arenarie di Casanova)
bcCSU	BRECCE (Formazione delle Arenarie di Casanova)
dbCSU	DIABASI E BASALTI (Formazione delle Arenarie di Casanova)
srCSU	SERPENTINITI (Formazione delle Arenarie di Casanova)
agGTT	ARGILLITI (Argilliti di Gialette)
arGOT	ARENARIE (Arenarie del Monte Gottero)
maLVG	MARNE (Formazione della Val Lavagna)
agLVG	ARGILLITI (Formazione della Val Lavagna)
agGIC	ARGILLITI (Argille a palombini del Lago di Giacopiane)
cCAL	CALCARI (Calcari a calpionella)
dMAL	DIASPRI (Diaspri di Monte Alpe)
bcCAP	BRECCE (Brecce di Monte Capra)
bcBVG	BRECCE (Brecce Unita' Bracco-Gravegila)
dbBVG	DIABASI E BASALTI (Unita' Bracco-Gravegila)
gbBVG	GABBRI (Unita' Bracco-Gravegila)
srBVG	SERPENTINITI (Unita' Bracco-Gravegila)

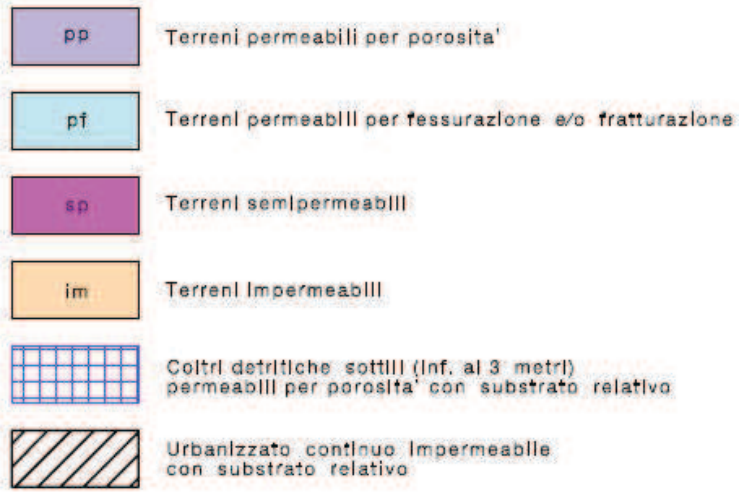
Stralcio della Carta Idrogeologica del Piano di Bacino Ambito 16

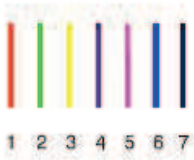
Tav. 215130-215140- 232020- Variante approvata con D.G.P. N.215 del 09.11.2010

non in scala



LEGENDA





Reticolo idrografico gerarchizzato secondo Strahler



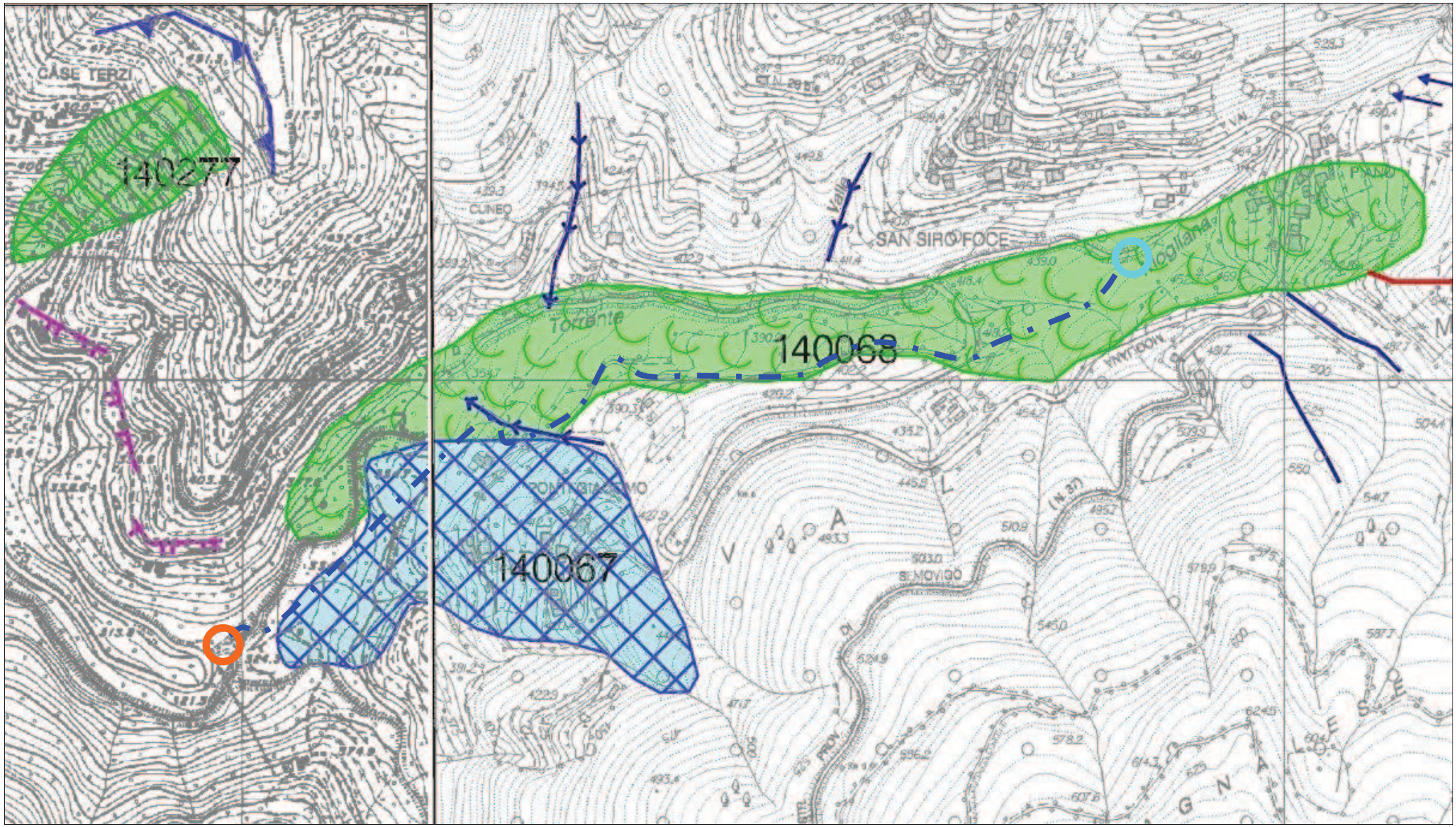
Delimitazione del bacino idrologico del T. Mogliana sotteso dalla presa in progetto.

Ubicazione della presa dell'impianto idroelettrico in progetto

Stralcio della Carta della Franosità Reale del Piano di Bacino Ambito 16

Tav. 215130-215140 - Variante approvata con D.C.P. N.27 del 13.05.2009

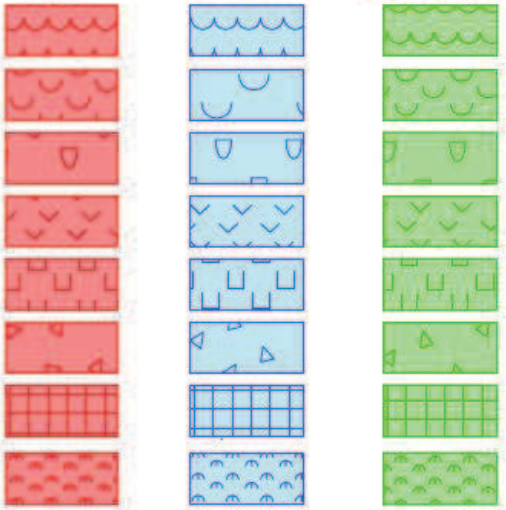
non in scala



LEGENDA

TIPOLOGIA DI FRANA

Attiva | Quiescente | Relitta o stabilizzata o paleofrana



(SS) Frana superficiale – Soil slip

(DF) Frana per colamento – Debris flow

(SC) Frana per scorrimento o scivolamento

(SCr) Frana per scorrimento o scivolamento rotazionale

(SCp) Frana per scorrimento o scivolamento planare

(CL) Frana per crollo o ribaltamento

(FC) Frana complessa

(FD) Area a franosita' diffusa



(FP) Deformazione gravitativa profonda di versante



(CR) Area interessata da movimenti gravitativi lenti superficiali – soliflusso, reptazione, creep

Frana non cartografabile

ELEMENTI LINEARI

CIGLI DI FRANA

Attiva



Quiescente



DIREZIONE DI MOBILIZZAZIONE MATERIALI SCIOLTI



Ubicazione della presa dell'impianto idroelettrico in progetto.



Ubicazione della centrale idroelettrica in progetto.

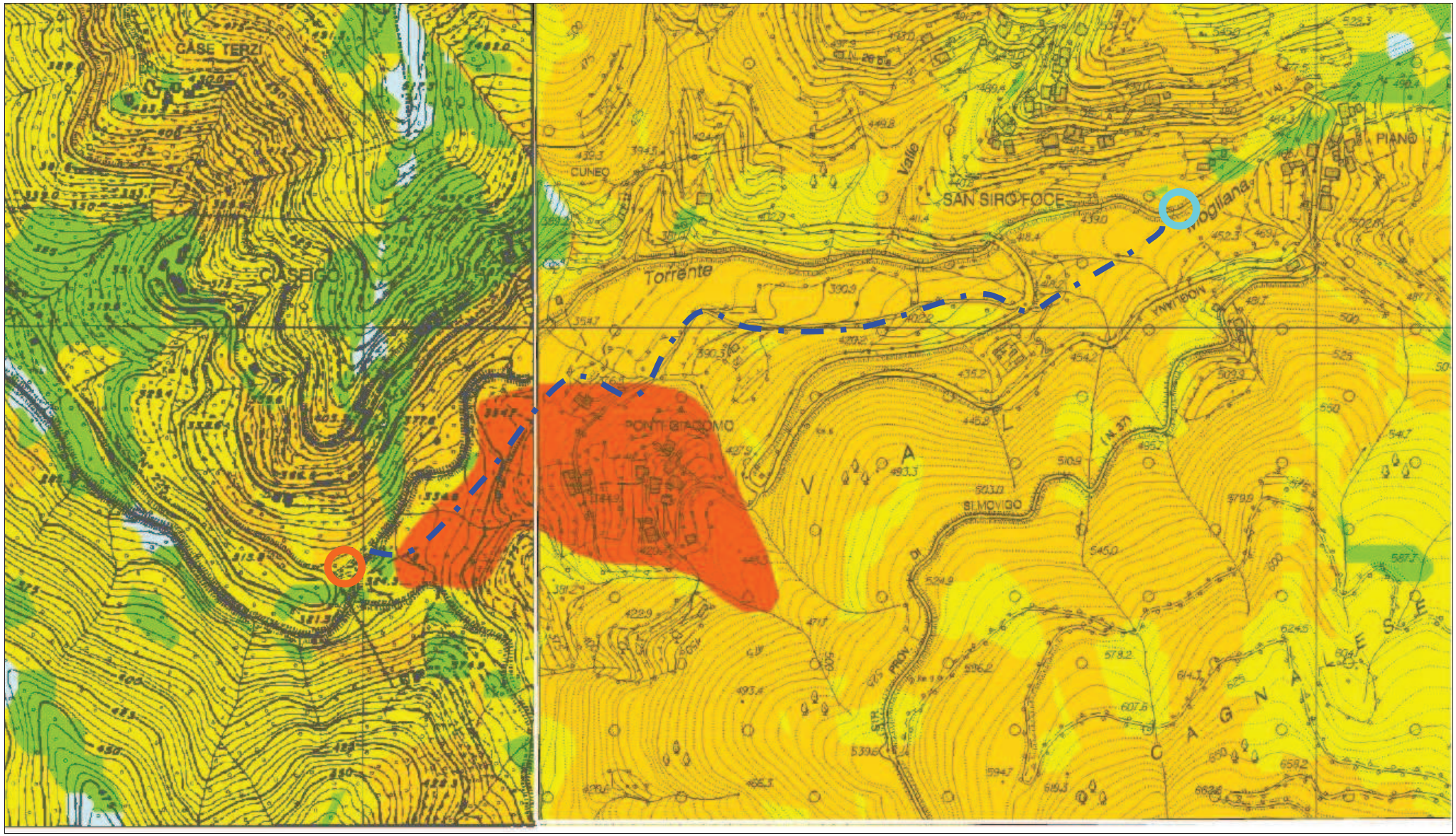


Tracciato della condotta forzata in progetto.

Stralcio della Carta della Pericolosità o Suscettività al Dissesto del Piano di Bacino Ambito 16

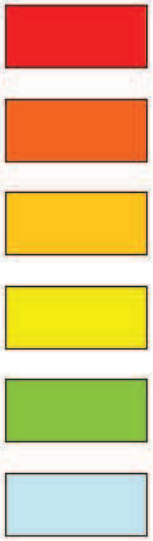
Tav. 215130-215140 - Variante approvata con D.G.P. N.166 del 17.11.2011

non in scala



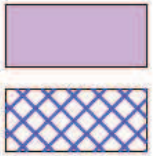
LEGENDA

CLASSI DI SUSCETTIVITA' AL DISSESTO



FRANA ATTIVA	Pg4
FRANA QUIESCENTE	Pg3
SUSCETTIVITA' ALTA	Pg3a
SUSCETTIVITA' MEDIA	Pg2
SUSCETTIVITA' BASSA	Pg1
SUSCETTIVITA' MOLTO BASSA	Pg0

CLASSI SPECIALI



CAVE ATTIVE, MINIERE ATTIVE E DISCARICHE IN ESERCIZIO	
EX CAVE, EX MINIERE E DISCARICHE DISMESSE	Pg3



Ubicazione della presa dell'impianto idroelettrico in progetto.

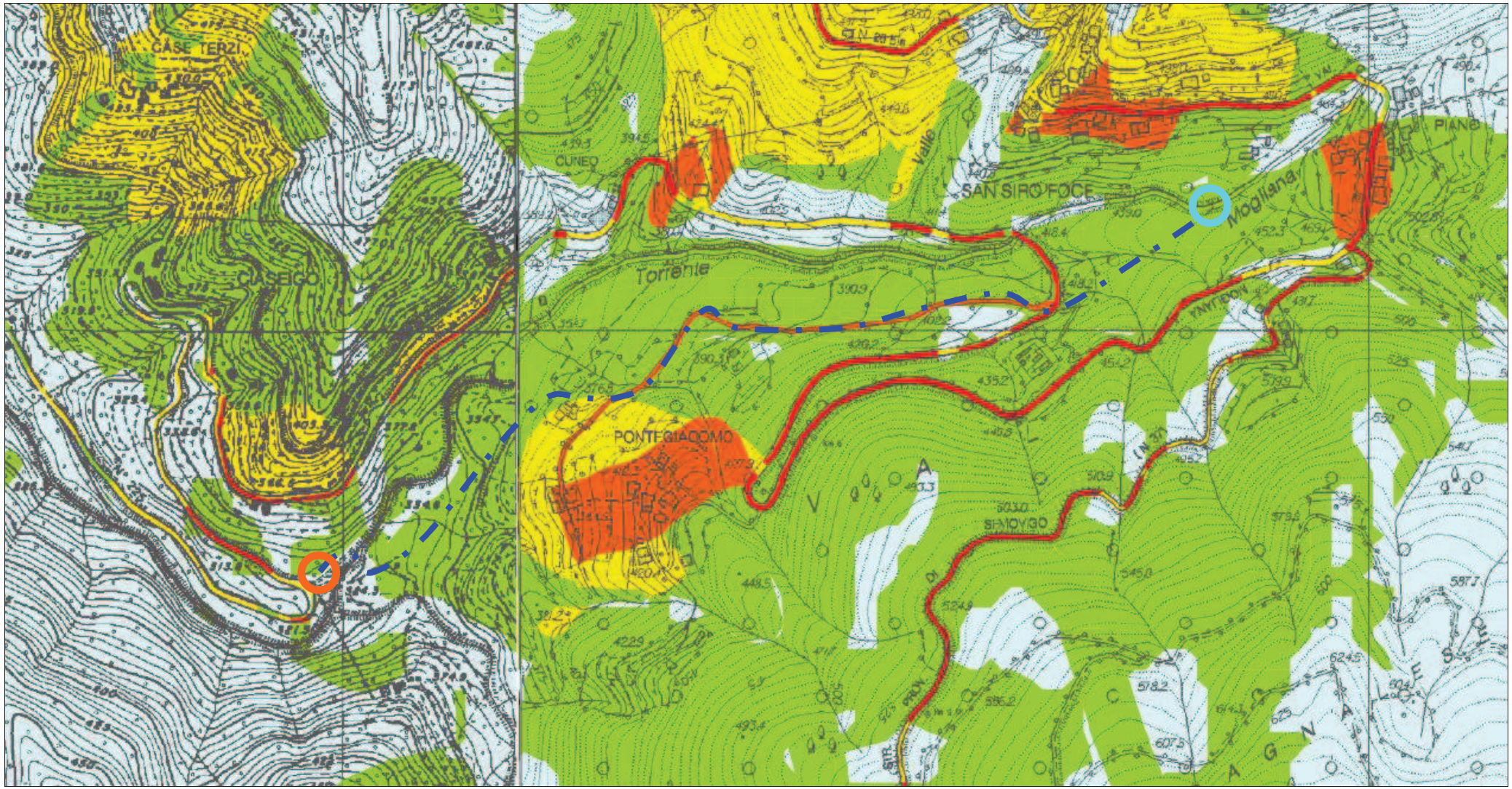
Ubicazione della centrale idroelettrica in progetto.

Tracciato della condotta forzata in progetto.

Stralcio della Carta Rischio Idrogeologico del Piano di Bacino Ambito 16

Tav. 215130-215140 - Variante approvata con D.G.P. N.144 del 19.09.2012

non in scala



LEGENDA

CLASSI DI RISCHIO GEOMORFOLOGICO

	RISCHIO MOLTO ELEVATO	R4
	RISCHIO ELEVATO	R3
	RISCHIO MEDIO	R2
	RISCHIO MODERATO	R1
	RISCHIO LIEVE O TRASCURABILE	R0

CLASSI SPECIALI

	CAVE ATTIVE, MINIERE ATTIVE E DISCARICHE IN ESERCIZIO
	EX CAVE, EX MINIERE E DISCARICHE DISMESSE

Ubicazione della presa dell'impianto idroelettrico in progetto.

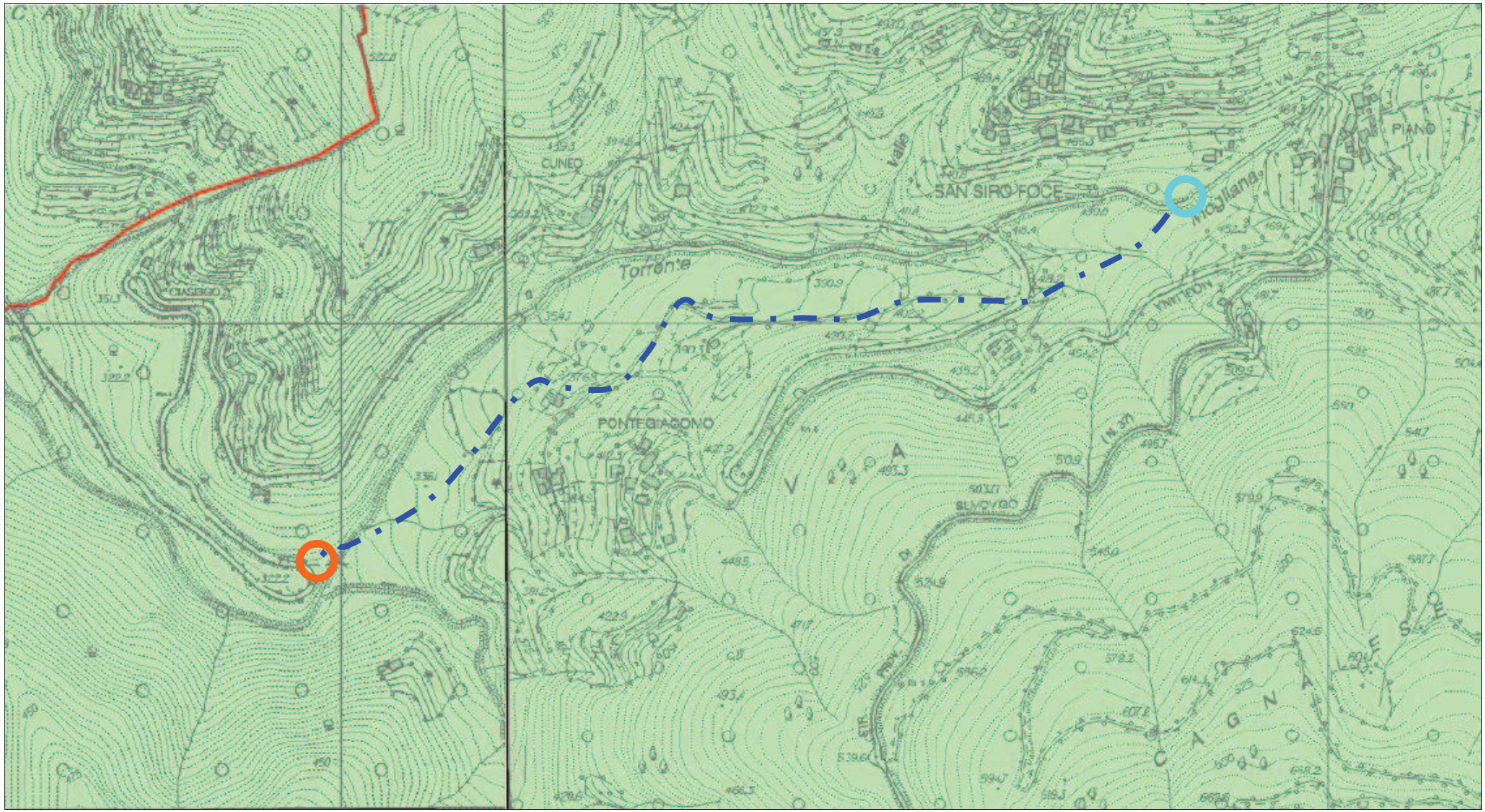
Ubicazione della centrale idroelettrica in progetto.

Tracciato della condotta forzata in progetto.

Stralcio della Carta delle Aree Sottoposte a Vincolo Idrogeologico del Piano di Bacino Ambito 16

Tav. 215130-215140 - Approvata con D.C.P. N.55 del 09.11.2011

non in scala


CUNEO
SAN SIRO FOCE
Torrente
CIASSECO
PONTEGIACOMO
PIANO
Rioglianaa
Via Provinciale
Via Provinciale
Via Provinciale

LEGENDA



AREE SOTTOPOSTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO



AREE NON SOTTOPOSTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO



LIMITE DEL PIANO DI BACINO



Ubicazione della presa dell'impianto idroelettrico in progetto.



Ubicazione della centrale idroelettrica in progetto.



Tracciato della condotta forzata in progetto.

ANALISI GRANULOMETRICA SEDIMENTI FLUVIALI - METODO NUMERALE

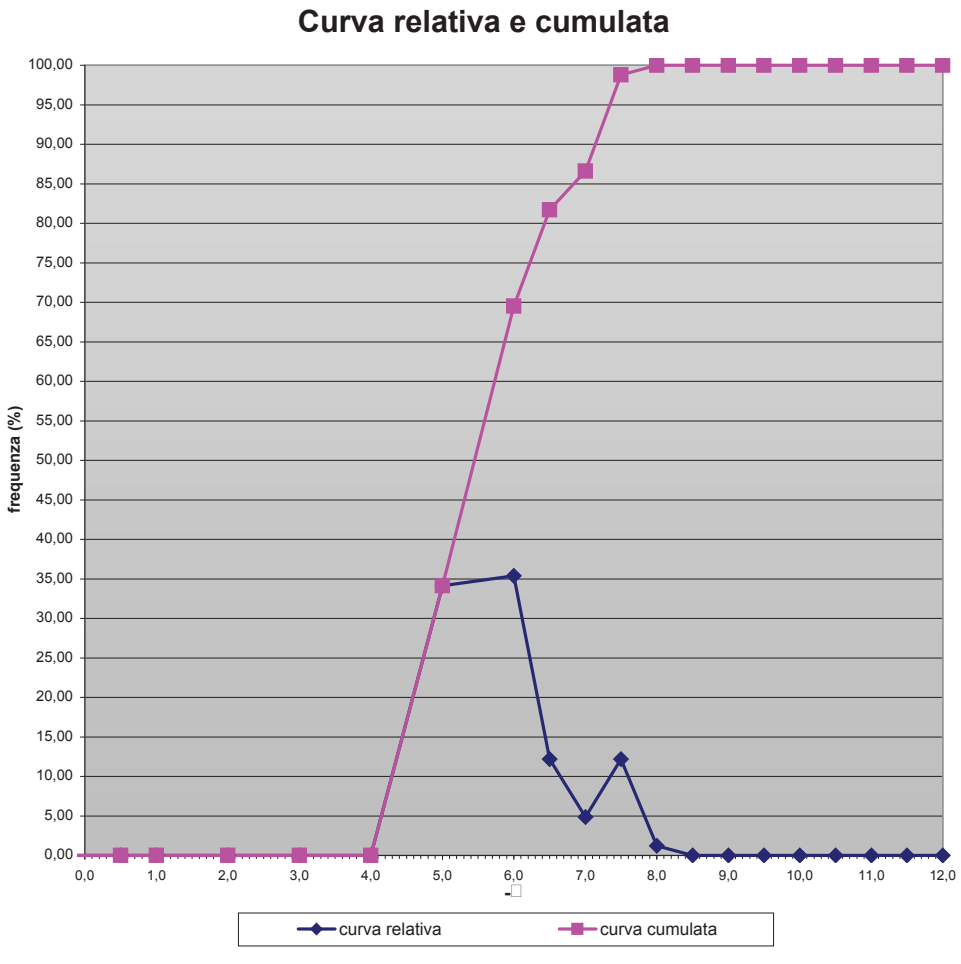
Bacino Idrografico:	ENTELLA-STURLA - P. di B. AMBITO 16 - PROVINCIA DI GENOVA	Corso d'acqua:	Torrente Mogliana
Comune/Località:	MEZZANEGO / San Siro Foce-Ponte Giacomo - Sito presa dell'impianto in progetto	Provincia:	GE
Sezioni sottese n°:	Sez. ? (Quota 435-437m) - Spaziatura campionamento maglia quadrata 0,2m	Stazione:	1

MISURE DEL SEDIMENTO			ANALISI DEL SEDIMENTO							
Punto. n°	Diametro medio [mm]	Indice Ø	Quantità	Tipo di sedimento	Indice $-Ø_{minore}$	Indice $-Ø_{passante}$	Diametro passante [mm]	frequenza %	Cumulata	$f_i * -Ø_i$
1	50	-5,6	0	Massi molto grossi 2	11,5	12,0	4096	0,00	100,00	0,0
2	54	-5,8	0	Massi molto grossi 1	11,0	11,5	2896	0,00	100,00	0,0
3	35	-5,1	0	Massi grossi 2	10,5	11,0	2048	0,00	100,00	0,0
4	60	-5,9	0	Massi grossi 1	10,0	10,5	1448	0,00	100,00	0,0
5	85	-6,4	0	Massi medi 2	9,5	10,0	1024	0,00	100,00	0,0
6	22	-4,5	0	Massi medi 1	9,0	9,5	724	0,00	100,00	0,0
7	35	-5,1	0	Massi piccoli 2	8,5	9,0	512	0,00	100,00	0,0
8	45	-5,5	0	Massi piccoli 1	8,0	8,5	362	0,00	100,00	0,0
9	22	-4,5	1	Ciottoli grossi 2	7,5	8,0	256	1,22	100,00	9,5
10	50	-5,6	10	Ciottoli grossi 1	7,0	7,5	181	12,20	98,78	88,4
11	150	-7,2	4	Ciottoli piccoli 2	6,5	7,0	128	4,88	86,59	32,9
12	25	-4,6	10	Ciottoli piccoli 1	6,0	6,5	91	12,20	81,71	76,2
13	55	-5,8	29	Ghiaia molto grossa	5,0	6,0	64	35,37	69,51	194,5
14	70	-6,1	28	Ghiaia grossa	4,0	5,0	32	34,15	34,15	153,7
15	25	-4,6	0	Ghiaia media	3,0	4,0	16	0,00	0,00	0,0
16	30	-4,9	0	Ghiaia fine	2,0	3,0	8	0,00	0,00	0,0
17	40	-5,3	0	Ghiaia molto fine	1,0	2,0	4,0	0,00	0,00	0,0
18	25	-4,6	0	Sabbia molto grossa	0,5	1,0	2,0	0,00	0,00	0,0
19	155	-7,3	0	Sabbia grossa	-1,0	0,5	1,41	0,00	0,00	0,0
20	80	-6,3	0	Sabbia da media a molto fine	-4,0	-1,0	0,50	0,00	0,00	0,0
21	60	-5,9	0	Limo	-8,0	-4,0	0,063	0,00	0,00	0,0
22	40	-5,3	0	Argilla	-12,0	-8,0	0,0039	0,00	0,00	0,0
23	40	-5,3								
24	22	-4,5								
25	30	-4,9								
26	150	-7,2								
27	40	-5,3								
28	50	-5,6								
29	35	-5,1								
30	80	-6,3								
31	70	-6,1								
32	30	-4,9								
33	20	-4,3								
34	25	-4,6								
35	40	-5,3								
36	30	-4,9								
37	80	-6,3								
38	50	-5,6								
39	180	-7,5								
40	120	-6,9								
41	50	-5,6								
42	50	-5,6								
43	30	-4,9								
44	30	-4,9								
45	20	-4,3								
46	90	-6,5								
47	50	-5,6								
48	130	-7,0								
49	60	-5,9								
50	140	-7,1								
51	30	-4,9								
52	50	-5,6								
53	30	-4,9								
54	30	-4,9								
55	150	-7,2								
56	150	-7,2								
57	80	-6,3								
58	70	-6,1								
59	40	-5,3								
60	30	-4,9								
61	20	-4,3								
62	50	-5,6								
63	150	-7,2								
64	50	-5,6								
65	80	-6,3								
66	40	-5,3								
67	40	-5,3								
68	20	-4,3								
69	30	-4,9								
70	20	-4,3								
71	30	-4,9								
72	180	-7,5								
73	100	-6,6								
74	120	-6,9								
75	40	-5,3								
76	80	-6,3								
77	30	-4,9								
78	20	-4,3								
79	30	-4,9								
80	50	-5,6								
81	250	-8,0								
82	30	-4,9								
82	n° totale misure									

computazione corretta

Diametro D_{95} [mm] :	164,570	Diametro D_{40} [mm] :	38,502
Diametro D_{90} [mm] :	138,793	Diametro D_{30} [mm] :	30,057
Diametro D_{84} [mm] :	107,860	Diametro D_{16} [mm] :	24,425
Diametro D_{70} [mm] :	77,254	Diametro D_{10} [mm] :	22,011
Diametro D_{60} [mm] :	55,393	Diametro D_5 [mm] :	20,000
Diametro mediano D_{50} [mm] :	46,948	Diametro medio [mm] :	46,910

Deviazione standard = σ :	2,101	Distribuzione non uniforme
Coeff. di uniformità (D_{60}/D_{10}) = U :	2,517	Sedimento uniforme
Coeff. di asimmetria (Folk e Ward 1957) = sk :	0,155	Asimmetria verso il grossolano
Coeff. di classazione (Folk e Ward 1957) = s :	0,996	Grado di classazione moderato
Classe granulometrica prevalente (moda) :		Ghiaia molto grossa



ANALISI GRANULOMETRICA SEDIMENTI FLUVIALI - METODO NUMERALE

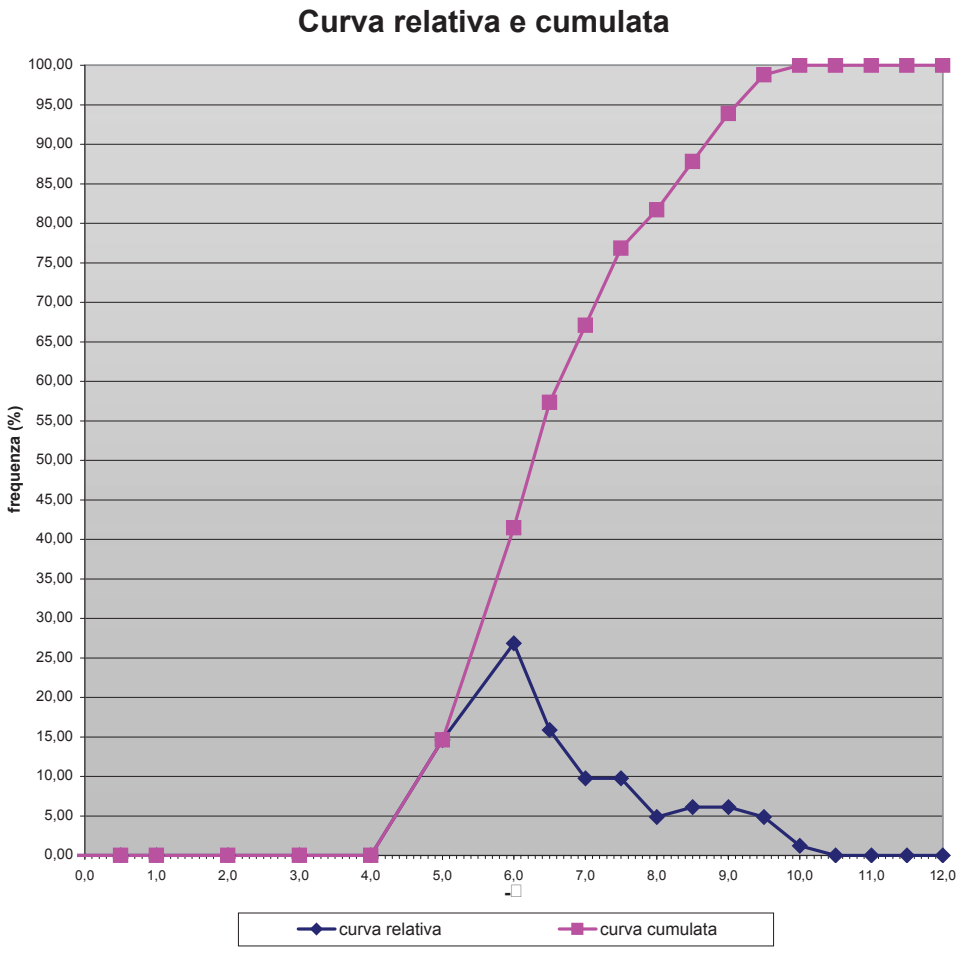
Bacino Idrografico:	ENTELLA-STURLA - P. di B. AMBITO 16 - PROVINCIA DI GENOVA	Corso d'acqua:	Torrente Mogliana
Comune/Località:	MEZZANEGO / San Siro Foce-Ponte Giacomo - Tratto a minor acclività (Chiesa di S. Pietro Pontegiacomo)	Provincia:	GE
Sezioni sottese n°:	Sez. ? (Quota 350 ?m) - Spaziatura campionamento maglia quadrata 0,3m	Stazione:	2

MISURE DEL SEDIMENTO			ANALISI DEL SEDIMENTO							
Punto. n°	Diametro medio [mm]	Indice Ø	Quantità	Tipo di sedimento	Indice $-Ø_{minore}$	Indice $-Ø_{passante}$	Diametro passante [mm]	frequenza %	Cumulata	$f_i * -Ø_i$
1	80	-6,3	0	Massi molto grossi 2	11,5	12,0	4096	0,00	100,00	0,0
2	60	-5,9	0	Massi molto grossi 1	11,0	11,5	2896	0,00	100,00	0,0
3	30	-4,9	0	Massi grossi 2	10,5	11,0	2048	0,00	100,00	0,0
4	30	-4,9	0	Massi grossi 1	10,0	10,5	1448	0,00	100,00	0,0
5	80	-6,3	1	Massi medi 2	9,5	10,0	1024	1,22	100,00	11,9
6	80	-6,3	4	Massi medi 1	9,0	9,5	724	4,88	98,78	45,1
7	350	-8,5	5	Massi piccoli 2	8,5	9,0	512	6,10	93,90	53,4
8	60	-5,9	5	Massi piccoli 1	8,0	8,5	362	6,10	87,80	50,3
9	20	-4,3	4	Ciottoli grossi 2	7,5	8,0	256	4,88	81,71	37,8
10	140	-7,1	8	Ciottoli grossi 1	7,0	7,5	181	9,76	76,83	70,7
11	35	-5,1	8	Ciottoli piccoli 2	6,5	7,0	128	9,76	67,07	65,9
12	35	-5,1	13	Ciottoli piccoli 1	6,0	6,5	91	15,85	57,32	99,1
13	40	-5,3	22	Ghiaia molto grossa	5,0	6,0	64	26,83	41,46	147,6
14	50	-5,6	12	Ghiaia grossa	4,0	5,0	32	14,63	14,63	65,9
15	400	-8,6	0	Ghiaia media	3,0	4,0	16	0,00	0,00	0,0
16	450	-8,8	0	Ghiaia fine	2,0	3,0	8	0,00	0,00	0,0
17	120	-6,9	0	Ghiaia molto fine	1,0	2,0	4,0	0,00	0,00	0,0
18	50	-5,6	0	Sabbia molto grossa	0,5	1,0	2,0	0,00	0,00	0,0
19	350	-8,5	0	Sabbia grossa	-1,0	0,5	1,41	0,00	0,00	0,0
20	350	-8,5	0	Sabbia da media a molto fine	-4,0	-1,0	0,50	0,00	0,00	0,0
21	350	-8,5	0	Limo	-8,0	-4,0	0,063	0,00	0,00	0,0
22	450	-8,8	0	Argilla	-12,0	-8,0	0,0039	0,00	0,00	0,0
23	40	-5,3								
24	600	-9,2								
25	100	-6,6								
26	730	-9,5								
27	40	-5,3								
28	50	-5,6								
29	35	-5,1								
30	80	-6,3								
31	70	-6,1								
32	30	-4,9								
33	35	-5,1								
34	25	-4,6								
35	40	-5,3								
36	30	-4,9								
37	80	-6,3								
38	50	-5,6								
39	180	-7,5								
40	120	-6,9								
41	50	-5,6								
42	80	-6,3								
43	30	-4,9								
44	30	-4,9								
45	20	-4,3								
46	90	-6,5								
47	50	-5,6								
48	130	-7,0								
49	60	-5,9								
50	140	-7,1								
51	30	-4,9								
52	50	-5,6								
53	80	-6,3								
54	30	-4,9								
55	250	-8,0								
56	150	-7,2								
57	80	-6,3								
58	70	-6,1								
59	100	-6,6								
60	550	-9,1								
61	500	-9,0								
62	50	-5,6								
63	150	-7,2								
64	50	-5,6								
65	80	-6,3								
66	90	-6,5								
67	300	-8,2								
68	20	-4,3								
69	200	-7,6								
70	40	-5,3								
71	60	-5,9								
72	180	-7,5								
73	100	-6,6								
74	120	-6,9								
75	600	-9,2								
76	80	-6,3								
77	180	-7,5								
78	250	-8,0								
79	450	-8,8								
80	80	-6,3								
81	250	-8,0								
82	650	-9,3								
82	n° totale misure									

computazione corretta

Diametro D_{95} [mm] :	559,700	Diametro D_{40} [mm] :	64,164
Diametro D_{90} [mm] :	416,000	Diametro D_{30} [mm] :	50,327
Diametro D_{84} [mm] :	295,856	Diametro D_{16} [mm] :	33,952
Diametro D_{70} [mm] :	181,869	Diametro D_{10} [mm] :	26,933
Diametro D_{60} [mm] :	100,450	Diametro D_5 [mm] :	20,000
Diametro mediano D_{50} [mm] :	78,000	Diametro medio [mm] :	88,992

Deviazione standard = σ :	2,952	Distribuzione non uniforme
Coeff. di uniformità (D_{60}/D_{10}) = U :	3,730	Sedimento non uniforme
Coeff. di asimmetria (Folk e Ward 1957) = sk :	0,207	Asimmetria verso il grossolano
Coeff. di classazione (Folk e Ward 1957) = s :	1,509	Grado di classazione basso
Classe granulometrica prevalente (moda) :		Ghiaia molto grossa



ANALISI MORFOMETRICHE E CALCOLO ALTEZZA MEDIA E PENDENZA MEDIA DI UN BACINO IMBRIFERO

Bacino imbrifero :	Torrente MOGLIANA	Comune:	Mezzanego	Prov.	IM

Q_{min} =	439,00	m	Altezza minima del bacino alla sezione di misura sul livello del mare
Q_{max} =	1402,00	m	Altezza massima del bacino sul livello del mare
S_{Tot} =	5,190	Kmq	Superfice totale del bacino sotteso alla sezione di misura
e =	100,00	m	Spaziatura fra le curve di livello che delimitano le superfici (Si)
P =	9970	m	Perimetro del bacino corrisponde alla lunghezza dello spartiacque sino alla chiusura
L_p =	2662	m	Lunghezza dell'asta fluviale principale dalla sezione di misura allo spartiacque
N_{max} =	5		Ordine massimo di gerarchizzazione del bacino secondo Strahler (1952)
N_1 =	62		Nunero di aste del primo ordine secondo Strahler (1952)
G_a =	22		Numero di anomalia gerarchica
ΣL =	22068	m	Lunghezza totale dei segmenti fluviali del bacino

Quota [m]	S_{totali} [Kmq]	li [m]	La [m]	Q_{La} [m]	n° sup	Hi [m]	Si [Kmq]	ΣSi [Kmq]	Si*Hi [Kmq*m]	Hi %	Si %	ΣSi %	Si*Hi [%*m]	ΔQ_{La} [m]	i_{La} [%]	$i_{La}*L_a$ [%*m]	ΔQ_{Li} [m]	$\Delta Q_{Li}*Li$ [m]
439				439														
500	5,193	1095	395	500	1	469,5	0,063	5,193	29,58	3	1	100	4	61	15	6100	61,00	66795
600	5,130	2601	487	600	2	550,0	0,314	5,130	172,70	12	6	99	70	100	21	10000	100,00	260100
700	4,816	3826	376	700	3	650,0	0,528	4,816	343,20	22	10	93	223	100	27	10000	100,00	382600
800	4,288	4613	193	800	4	750,0	0,676	4,288	507,00	32	13	83	421	100	52	10000	100,00	461300
900	3,612	5176	380	900	5	850,0	0,706	3,612	600,10	43	14	70	581	100	26	10000	100,00	517600
1000	2,906	5471	831	950	6	950,0	1,119	2,906	1063,05	53	22	56	1144	50	6	5000	100,00	547100
1100	1,787	2782			7	1050,0	0,723	1,787	759,15	63	14	34	884	0	0	0	100,00	278200
1200	1,064	2091			8	1150,0	0,444	1,064	510,60	74	9	21	632	0	0	0	100,00	209100
1300	0,620	1565			9	1250,0	0,417	0,620	521,25	84	8	12	677	0	0	0	100,00	156500
1400	0,203	65			10	1350,0	0,202	0,203	272,70	95	4	4	368	0	0	0	100,00	6500
1402	0,001				11	1401,0	0,001	0,001	1,40	100	0	0	2	0	0	0	2,00	0
					12		0,000			0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
					13		0,000			0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
					14		0,000			0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
					15		0,000			0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
					16		0,000			0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
					17		0,000			0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
					18		0,000			0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
					19		0,000			0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
					20		0,000			0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
					21		0,000			0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
					22		0,000			0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
					23		0,000			0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
					24		0,000			0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
					25		0,000			0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
					26		0,000			0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
					27		0,000			0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
					28		0,000			0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
					29		0,000			0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
					30		0,000			0	0	0	0	0	0	0	0,00	0

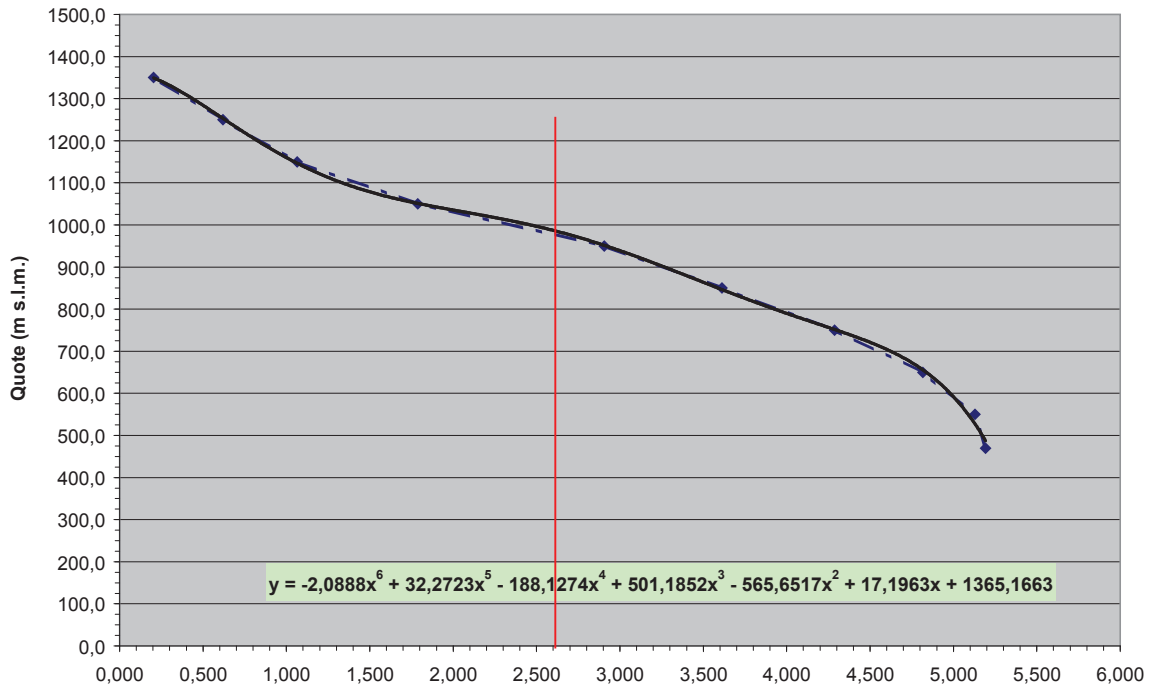
RISULTATI ANALISI MORFOMETRICHE DEL BACINO

$S_{1/2}$ =	2,60	Kmq	Metà superfice del bacino			
$H_{1/2}$ =	988	m	57	%	Altitudine mediana del bacino imbrifero	
H_{med} =	921	m	50	%	Altezza media del bacino imbrifero	
M =	3,66	-	Rapporto di Melton			
I_{med} =	55,60	%	29,08	°	Pendenza media del bacino (metodo Peucker-Finsterwalder)	
R_c =	0,66	-	Rapporto di circolarità			
F_f =	1,04	-	Fattore di forma			
R_{all} =	0,97	-	Rapporto di allungamento		Descrizione asta principale = Raccolta	
i_{med} =	36,18	%	19,20	%	Pendenza media del corso d'acqua	
Φ =	1,23	-	Coefficiente di Gravelius		Descrizione forma del bacino = Rotonda-Ovale Rotonda	
T_C =	0,54	ore	33	minuti	Tempo di corrivazione secondo la formulazione di Giandotti	
T_C =	0,48	ore	29	minuti	Tempo di corrivazione secondo la formulazione di Ventura	
T_C =	44	minuti	22	minuti	Intervallo di valori plausibili del tempo di corrivazione	
ga =	4	-	Densità di anomalia gerarchica			
Δ_a =	0,35	-	Indice di anomalia gerarchica			
D =	4,25	Km^{-1}	Densità di drenaggio			
$T_{u,1}$ =	737	t/Kmq*a	Trasporto solido in sospensione (deflusso torbido) medio annuo per unità di superficie (Cicacci et al. 1988)			
$T_{u,2}$ =	643	t/Kmq*a	Trasporto solido in sospensione (deflusso torbido) medio annuo per unità di superficie (Cicacci et al. 1980)			
$T_{u,3}$ =	707	t/Kmq*a	Trasporto solido in sospensione (deflusso torbido) medio annuo per unità di superficie (C.E.S.I. 2001-rel.5)			
$T_{u,4}$ =	568	t/Kmq*a	Trasporto solido in sospensione (deflusso torbido) medio annuo per unità di superficie (C.E.S.I. 2001-rel.4)			
$T_{u,1,3}$=	722	t/Kmq*a	Valore medio del trasporto solido in sospensione medio annuo per unità di superficie ($T_{u,1}$ e $T_{u,3}$ - D>6)			
$T_{u,2,4}$=	606	t/Kmq*a	Valore medio del trasporto solido in sospensione medio annuo per unità di superficie ($T_{u,2}$ e $T_{u,4}$ - D<6)			
$T_{u,med}$=	664	t/Kmq*a	Valore medio del trasporto solido in sospensione medio annuo per unità di superficie (varie formulazioni)			
$T_{u,calc}$=	606	t/Kmq*a	Valore medio del trasporto solido in sospensione medio annuo per unità di superficie (Tu,2 eTu,4 - D<6)			
$T_{u,calc}$=	6,1	t/ha*a	Valore medio del trasporto solido in sospensione medio annuo per ettaro			

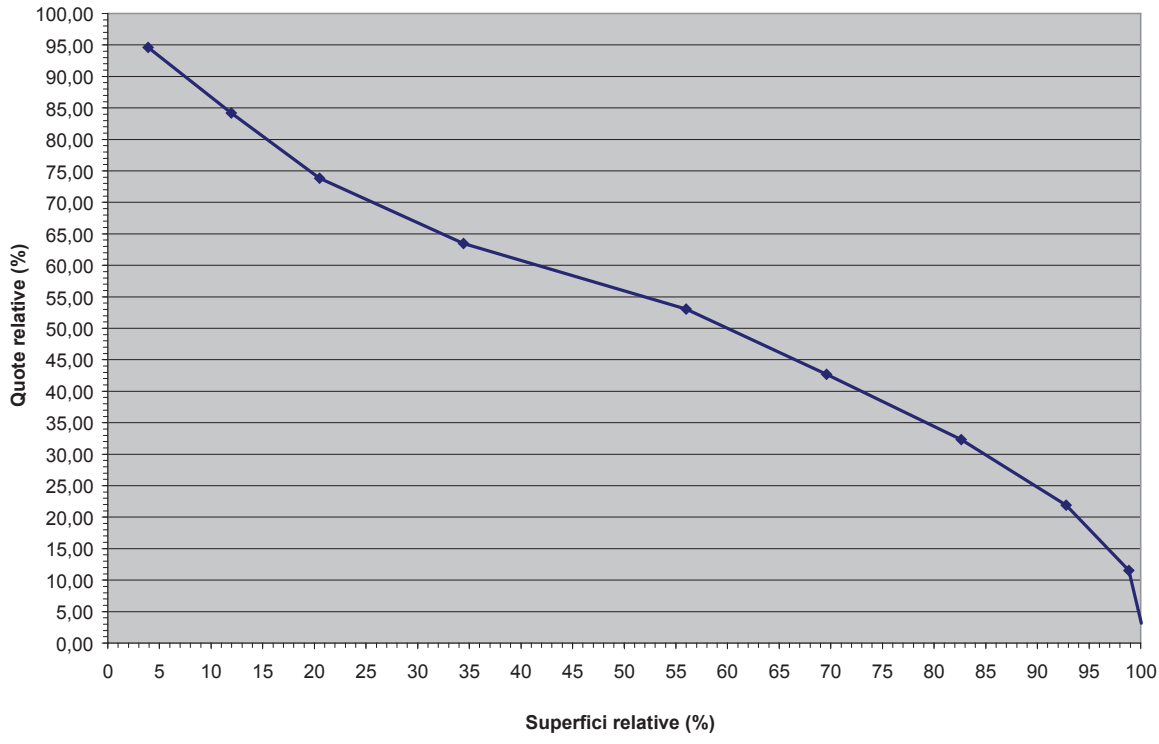
Grado di erosione del bacino classificazione di Fournier = Erosione Media

T_{tot}=	3143	t*anno	Trasporto solido in sospensione (deflusso torbido) annuo totale per l'intero bacino ($T_{u,calcolo}$)
$\gamma_{granuli}$=	2,000	t/mc	Peso specifico dei granuli del materiale trasportato in sospensione
V_{tu} =	1572	mc*a	Volume annuo del materiale trasportato in sospensione (torbida) escluso il trasporto di fondo
γ_{suolo}=	1,800	t/mc	Densità media del suolo di copertura
E_s=	0,34	mm	Profondità d'erosione suolo — Classificazione U.S.D.A. = erosione tollerata da piante con radici 0÷10cm

Curva ipsografica



Curva ipsografica percentuale



EROSIONE DEL PENDIO
(Fournier, 1960)

$$LogE = 2{,}65 \cdot Log\left(\frac{P^2}{P_m}\right) + 0{,}46 \cdot LogH^0 \cdot TgI_m - 1{,}56$$

DATI

COMUNE	**MEZZANEGO**		
SOTTOBACINO	**MOGLIANA**		
STAZIONE PLUVIOMETRICA	**Mediata**		
QUOTA STAZ. PLUVIOM. s.l.m.		**593**	m
PRECIPITAZIONE MESE + PIOVOSO	**P**	**193,6**	mm
PRECIPITAZIONE MEDIA ANNUA	**P_m**	**1567**	mm
AREA DEL SOTTOBACINO	**As**	**5,19**	Km^2
PENDENZA MEDIA	**I_m**	**55,6**	%
ALTITUDINE MEDIA	**H°**	**920,5**	m

RISULTATI

Erosione (sedimento trascinato in sospensione)	**E**	**121,5**	T/Km^2/anno
Erosione del sottobacino	**E_s**	**630,4**	T/anno
Erosione del suolo in mm/anno	**Eh**	**0,064**	mm/anno

EROSIONE 1.0

Foglio di calcolo per la stima dell'erosione di un piccolo sottobacino idrografico con il Metodo di Fournier (1960).

Software freeware distribuito da geologico.it

per informazioni e/o suggerimenti mailto:info@geologico.it