

REGIONE PIEMONTE



PROVINCIA DEL VCO



COMUNE DI GHIFFA

**SISTEMAZIONE IDROGEOLOGICA A DIFESA ABITATI
RIO DELLA VALLE**

CODICE INTERVENTO VB 213A/10

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE IDROGEOLOGICA E TECNICA

Elaborato:

A

Data : Dicembre 2017

Aggiornamenti:

PROGETTO :

Dott. Ing. Stefano Pagani
C.so Risorgimento 9 - 28823 GHIFFA (VB)
tel 0323 52893 e-mail proserco@proserco.it

Dott. Geol. Francesco D'Elia
Via Roma 3/A - 28808 MERGOZZO (VB)
tel 0323 80206 e-mail geodeliaf@gmail.com



VISTI :

SOMMARIO

1. PREMESSA	1
2. BREVE INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE	3
3. SITUAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROLOGICA DEL BACINO IMBRIFERO	5
3.1 Caratteri generali	5
3.2 Ramo orientale (Bacino “1A”): da quota 520 m a quota 421 m s.l.m.	6
3.3 Ramo occidentale (Bacino “1B”): da quota 490 m a quota 421 m s.l.m.	7
3.4 Rio della Valle (Bacino “2”): da quota 421 m a quota 353 m s.l.m.	8
3.5 Rio della Valle (Bacino “3”): da quota 353 m a quota 266 m s.l.m.	10
4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA, GEOMECCANICA E SISMICA DEI MATERIALI IN SITO	12
4.1 Parametri geotecnici dei depositi di copertura	12
4.2 Parametri geomeccanici del substrato roccioso	13
4.3 Caratterizzazione sismica	13
5. ANALISI IDROLOGICA-IDRAULICA	17
5.1 Caratteristiche morfometriche del bacino imbrifero	17
5.2 Calcolo delle precipitazioni	18
5.3 Calcolo dei deflussi	19
5.3.1 Calcolo del tempo di corrivazione	19
5.3.2 Stima del coefficiente di deflusso	19
5.4 Risultati ottenuti	21
5.5 Valutazioni sul trasporto solido	22
5.6 Verifiche di compatibilità idraulica	23
5.6.1 Metodologia utilizzata	23
5.6.2 Risultati ottenuti	25
6. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO	27
6.1 Sistemazione del Ramo orientale (Bacino “1A”)	27
6.2 Sistemazione del Ramo occidentale (Bacino “1B”)	28
6.3 Sistemazione del Rio della Valle (Bacino “2”)	28
6.4 Sistemazione del Rio della Valle (Bacino “3”)	29
7. SCAVI E MOVIMENTI TERRA ED INDICAZIONI PER LA FASE ESECUTIVA	30
7.1 Scavi e movimenti terra	30
7.2 Indicazioni per la fase esecutiva	31
8. OCCUPAZIONI DI AREE PRIVATE PER LA REALIZZAZIONE DELLE OPERE PREVISTE	33
9. QUADRO ECONOMICO DI INTERVENTO	34

1. PREMESSA

Il Comune di Ghiffa, essendo stato inserito tra le Amministrazioni Pubbliche, in qualità di Stazione Appaltante, per la progettazione degli interventi di cui all'Accordo di Programma del 17-11-2010 e successivo Atto Integrativo, relativo al decreto n. 003 del 21-12-2011, del Commissario Straordinario della Presidenza del Consiglio dei Ministri, con l'intervento VB213A/10, riguardante la "Sistemazione Idrogeologica e Consolidamento Versanti su Rio Molino a difesa abitati", per un importo complessivo (come da Accordo di Programma ed Atto Integrativo) di Euro 300.000,00, conferiva incarico congiunto al dott. ing. Stefano Pagani di Ghiffa ed al dott. geol. Francesco D'Elia di Mergozzo, di effettuare le necessarie indagini geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche ed idrologiche sul bacino imbrifero del Rio della Valle, tributario di sinistra del T. Ballona e di redigere la progettazione preliminare e definitiva per la realizzazione delle opere di regimazione idraulica, regolarizzazione fondo alveo e opere di sistemazione dei versanti a monte del corso d'acqua.

A tal fine ci si è attivati e, dopo aver esperito un sopralluogo orientativo, congiuntamente all'ing. Pagani, lungo le tratte d'alveo caratterizzate da avanzato dissesto lineare-areale e di fondo, si è proceduto effettuando una dettagliata ricognizione lungo l'intero bacino imbrifero del Rio della Valle, esteso alle zone di testata, ove le linee di deflusso sono ben incise nel terreno, ma non sono riportate nelle mappe catastali, con alveo demaniale, in modo da riconoscere e cartografare i tipi litologici caratterizzanti il bacino di drenaggio, gli aspetti geomorfologici attivi e non attivi, tanto lungo le linee di deflusso, quanto sulle fasce di versante incumbenti sulle linee di impluvio; sono state rilevate, altresì, le situazioni di dissesto attivo e quelle potenziali, nonché le situazioni ritenute critiche, ai fini del corretto deflusso delle portate di piena.

A supporto della Progettazione Preliminare degli interventi di sistemazione idrogeologica lungo il Rio della Valle, redatta nel mese di agosto 2013, venne eseguita l'analisi idrologica del corso d'acqua, suddividendo il bacino in più sotto-bacini, individuando per ciascuno di essi i caratteri morfometrici e determinando gli afflussi ed i deflussi, con valutazioni sul trasporto solido, che incrementa le portate liquide.

Alla luce di tutti gli aspetti osservati e rilevati in sito e delle successive elaborazioni e determinazioni, vennero proposti, con il Progetto Preliminare, alcuni interventi di sistemazione idrogeologica e regimazione idraulica del corso d'acqua principale, in parte riguardanti anche i "rami secondari", costituenti la testata del bacino imbrifero.

Successivamente, sulla scorta dei dati precedentemente raccolti, opportunamente integrati da nuove elaborazioni e considerazioni, si era quindi proceduto alla redazione del Progetto Definitivo (novembre 2013) di sistemazione idrogeologica del Rio della Valle e dei suoi affluenti.

In particolare, a supporto della progettazione definitiva, si era proceduto alla caratterizzazione geotecnica, geomeccanica e sismica dei materiali di copertura e del substrato roccioso, che verranno interessati dalle opere in progetto; inoltre, vennero svolte appropriate verifiche idrauliche, sulle sezioni di progetto ritenute più significative.

A seguito dell'esame degli Elaborati del Progetto Definitivo, la Regione Piemonte, Direzione Opere Pubbliche, Difesa del Suolo, Montagna, Foreste, Protezione Civile, Trasporti e Logistica – Settore Decentrato OO.PP. e Difesa Assetto Idrogeologico – VB, con Determinazione n. 981 del 24-04-2015, ha espresso "**Parere Favorevole di Autorizzazione**" ai fini idraulici delle opere in progetto, ritenendo ammissibile la realizzazione delle stesse, nel rispetto del buon regime idraulico.

Successivamente, il Commissario Straordinario Delegato all'attuazione degli Interventi di mitigazione del rischio idrogeologico, di cui all'Accordo di Programma tra il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e la Regione Piemonte, con Decreto n. 6-AdP2010 del 10 maggio 2017, ha approvato (con prescrizioni) il Progetto, ai fini del finanziamento dello stesso.

Essendo trascorso un tempo di circa 4 anni dalla presentazione del Progetto Definitivo, si è provveduto ad esperire un nuovo dettagliato sopralluogo (nello scorso ottobre 2017), in maniera da verificare l'eventuale evoluzione dei fenomeni dissestivi descritti in seguito, per poter redigere il Progetto Esecutivo delle opere

Il nuovo sopralluogo, ha permesso di osservare che, la situazione descritta nel 2013, è rimasta sostanzialmente immutata, fatte salve situazioni puntuali non legate all'evoluzione del dissesto idraulico (è stata registrata la presenza di una nuova vasca di decantazione nella parte alta del bacino idrografico, lungo l'impluvio orientale a sedime non demaniale, ed è stato costruito l'edificio residenziale in sinistra idrografica, a quota 390 m s.l.m., laddove nel 2013 vi era un'area di cantiere); la descrizione dello stato di fatto (cap. 3) è stata aggiornata.

2. BREVE INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

Il bacino imbrifero del corso d'acqua esaminato e delle sue diramazioni nella zona di testata, si sviluppa in territorio comunale di Ghiffa, all'incirca nella porzione mediana della fascia costiera lacuale, risultando inquadrato quasi interamente nella sezione 073040 "Ghiffa" della Carta Tecnica Regionale, in scala 1: 10.000 ed in minima parte (tratta terminale), nella sezione 073070-080 "Verbania"; per quanto attiene la cartografia geologica ufficiale, l'area in analisi si inserisce nel foglio n. 31 "Varese" della Carta Geologica d'Italia, in scala 1: 100.000; ulteriori informazioni circa l'assetto geologico e tettonico della zona di interesse sono desumibili dall'analisi della "*Carta geologica della zona di Verbania*", in scala 1:50.000, realizzata dal C.N.R., Centro di Studi per la Petrografia e la stratigrafia delle Alpi Centrali (prof. Boriani et Al.).

Dal punto di vista geologico regionale, il settore indagato si colloca nell'ambito delle complesse strutture che costituiscono l'apparato orogenico delle Alpi nord-occidentali, la cui struttura a "falde di ricoprimento" è il risultato della collisione tra i paleocontinenti europeo ed africano; in particolare, i litotipi affioranti nel territorio del Comune di Ghiffa rientrano nel dominio noto in letteratura come Sudalpino, che comprende a sua volta le unità della "*Serie dei Laghi*" e "*Ivrea-Verbano*"; tali complessi litologici sono giustapposti per contatto tettonico, per la presenza di faglie sviluppate alla scala regionale, note come *Linea di Cossato-Mergozzo-Brissago* (risalente al periodo tardo-ercinico) e *Linea del Pogallo*.

L'unità della "*Serie dei Laghi*" costituisce un complesso che, in relazione alla diverse associazioni litologiche riconoscibili al suo interno, può essere ulteriormente suddiviso in due subunità, divise da un livello piuttosto continuo, benché sottile, di metabasiti:

- la subunità *Strona –Ceneri*, costituita in prevalenza da gneiss minuti e paragneiss, generalmente micacei ed a tessitura variabile da massiccia a fortemente scistosa e lineata, con lenti di rocce mafiche – ultramafiche e corpi di ortogneiss intrusi;
- la subunità degli *Scisti dei Laghi*, in cui ricade interamente il territorio comunale di Ghiffa, formata in prevalenza da micascisti e paragneiss a due miche, derivati da metamorfismo di protoliti pelitici in facies di "grado medio" (paragenesi staurolite-cianite); in tale unità, inoltre, si riconoscono subordinate zone ad ortogneiss (M.te Cargiogo).

La storia evolutiva dell'areale in questione, è caratterizzata da intense deformazioni succedutesi attraverso una serie di piegamenti e dislocazioni avvenuti in più fasi successive; le più rilevanti discontinuità di tipo tettonico, riconoscibili in base ad osservazioni condotte alla macroscale, sono riconducibili ad una serie di sistemi distinti, comprendenti:

- faglie e fratture parallele alla citata linea Cossato-Mergozzo-Brissago, ad andamento NE-SO;
- faglie subverticali, orientate NS, sviluppate con maggiore continuità in settori posti al di fuori del territorio comunale di Ghiffa, con particolare riguardo alla zona di Aurano e Scareno;
- faglie inverse e sovrascorrimenti, a prevalente immersione verso NO, ben sviluppati a Nord del territorio Comunale (sovrascorrimento del M.te Morissolo);
- discontinuità sviluppate a scala più locale (direzioni prevalenti ENE – WSW ed ESE - WNW), riconoscibili in base a criteri di tipo morfologico (allineamento di elementi caratteristici) piuttosto che su base litologica.

In ragione dei processi che si sono verificati durante il quaternario, e in parte ancora oggi in atto, i rilievi hanno subito un profondo rimodellamento, cosicché allo stato attuale risultano caratterizzati da acclività variabile e morfologia piuttosto articolata: più nello specifico, sulla struttura geologica sopra descritta, si è inizialmente sovrimposta l'azione modellatrice del ghiacciaio del Ticino, che ha contribuito alla ripetuta rielaborazione delle forme del paesaggio per effetto dei processi di esarazione e di deposizione; l'impronta dovuta a tale attività (soprattutto in termini di depositi glaciali e fluvio-glaciali, superfici in roccia montonate e lisciate, trovanti ed erratici), è generalmente evidente fino a quota 1000 m s.l.m. circa, mentre più in alto tendono ad essere conservate le morfologie pre-glaciali.

Un effetto di notevole importanza riconducibile all'azione di modellamento delle masse glaciali si riconosce anche nella forma peculiare che caratterizza il profilo delle incisioni vallive principali: lungo i fianchi montuosi, infatti, la continuità del pendio è sovente interrotta a mezza costa da rotture di pendenza, se non addirittura dalla presenza di veri e propri terrazzi (spalle glaciali).

In tempi più recenti, alla rielaborazione del paesaggio ha contribuito in misura preponderante l'azione morfogenetica legata alla dinamica torrentizia dei corsi d'acqua, i quali hanno inciso profondamente le strutture metamorfiche ed eroso le coperture moreniche, dando così origine alle tipiche incisioni vallive con profilo trasversale a V, con una netta prevalenza delle tratte torrentizie in erosione rispetto a quelle, meno acclivi, in cui si può avere deposizione del carico solido.

Tale azione di deposito si concretizza in particolare allo sbocco dei corsi d'acqua nel bacino lacustre, dove si sono formati gli apparati delle conoidi di deiezione; queste ultime unità morfologiche vengono in genere a trovarsi, parzialmente od interamente, al di sotto del livello lacustre, mentre, qualora emergono, i loro tratti originari risultano mal conservati a causa dell'antropizzazione di tali aree.

La forte tendenza erosiva, ha coinvolto anche il substrato metamorfico, creando spesso profonde incisioni delimitate da scarpate acclivi di altezza talora superiore a 10 m; la dinamica fluvio-torrentizia ed in parte quella gravitativa si sono perciò sovrapposte ed hanno in parte cancellato le forme di ambiente glaciali.

Ulteriori fasi di modellamento sono dovute all'azione operata dagli agenti atmosferici e dalla gravità, cui è riconducibile la presenza di estese coperture di materiale detritico ed eluvio – colluviale, seppure di spessore contenuto, perlopiù concentrate nei settori ad acclività media o medio-alta.

Vanno infine ricordati i processi legati alla rapida evoluzione per dinamica gravitativa in senso stretto dei versanti rocciosi, con crolli più o meno estesi di porzioni lapidee e formazione di accumuli detritici grossolani; tali fenomeni sono favoriti, oltre che dalla presenza di famiglie di superfici strutturali che disarticolano gli ammassi, anche dai processi crioclastici.

3. SITUAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROLOGICA DEL BACINO IMBRIFERO

3.1 Caratteri generali

Il Rio della Valle, è un modesto corso d'acqua, diviso nella parte alta del bacino orografico in due affluenti, a carattere stagionale; complessivamente, il bacino imbrifero di tale corso d'acqua, occupa una porzione di versante ad acclività medio-moderata, digradante in direzione SSE e che si allunga secondo la direzione Nord – Sud, sviluppandosi all'estremità Sud-occidentale della cresta del M.te Cargiagio, comprendendo sia settori di versante quasi completamente boscati, sia fasce di territorio ampiamente antropizzate ed edificate, il tutto all'interno di una fascia di territorio compresa all'incirca tra quota 550 e quota 265 m s.l.m. (immissione nel Rio Ballona).

Nel corso dei sopralluoghi effettuati, i rilievi e le osservazioni condotte hanno permesso di individuare la natura dei litotipi affioranti e dei materiali di copertura presenti all'interno del bacino in questione (suddiviso nella parte alta, in due sottobacini), di riconoscere i caratteri morfologici salienti dell'area e di valutare le condizioni di dissesto in atto e/o potenziali, laddove presenti, sia lungo le semplici linee di deflusso, sia lungo l'asta del corso d'acqua vero e proprio.

Per quanto attiene l'assetto geologico locale, si evidenzia innanzitutto che l'osservazione del substrato roccioso si è resa possibile in numerosi settori, diffusi principalmente nella parte alta del bacino imbrifero, laddove il substrato metamorfico è generalmente affiorante o subaffiorante; solo quando la morfologia del versante si addolcisce e le coltri di copertura si ispessiscono, non è stato possibile osservare il substrato, se non occasionalmente, al fondo dell'incisione torrentizia, laddove l'azione erosiva ha approfondito l'incisione, fino a mettere a nudo il basamento metamorfico.

I materiali di copertura, nell'ambito del settore di versante indagato, sono piuttosto eterogenei: sono infatti stati osservati depositi misti di versante (materiali di origine glaciale, rimaneggiati dall'azione gravitativa e frammisti a materiali detritico-colluviali, derivanti da disaggregazione e disfacimento degli ammassi litici) e depositi glaciali o fluvio-glaciali indisturbati (ben addensati, con abbondante matrice ed alterazione in ferretto, costituiti generalmente da sabbie e sabbie limose, inglobanti clasti e ciottoli).

Dalle osservazioni del substrato effettuate, sia in corrispondenza degli affioramenti lungo le incisioni dei corsi d'acqua, sia delle pareti rocciose presenti lungo i settori maggiormente acclivi del versante, è stato possibile constatare che i litotipi sono costituiti da micascisti e paragneiss a due miche, a grana medio-fine, aventi talvolta una tessitura marcatamente scistosa; l'assetto strutturale del substrato roccioso, risulta controllato da una serie di famiglie di fratture e linee di debolezza strutturale, aventi direzione NE-SO (all'incirca parallele alla linea di dislocazione tettonica Cossato-Mergozzo-Brissago), oltre che, a livello locale, orientate lungo la direttrice Est-Ovest; tali sistemi di fratturazione, interrompono l'uniformità del versante e, talvolta, causano la formazione di tratte in contropendenza, che isolano delle vere e proprie vallecicole, lungo cui si sviluppano i corsi d'acqua, i quali si adattano alla morfologia strutturale del versante, dando origine ad un pattern di tipo angolare.

In considerazione delle differenti caratteristiche morfologiche, caratterizzanti il bacino idrografico e gli stessi impluvi in esame, sia nella parte medio-alta del versante (in cui gli alvei risultano distinti), sia in quella inferiore (in cui formano un unico corso d'acqua), sono stati effettuati numerosi sopralluoghi, lungo l'intera estensione dei due rii, al fine di fornire le necessarie indicazioni, per la realizzazione delle previste opere di regimazione idraulica, le cui risultanze vengono qui di seguito esposte.

3.2 Ramo orientale (Bacino “1A”): da quota 520 m a quota 421 m s.l.m.

La testata dell'affluente orientale del Rio della Valle, è situata nel territorio della “Riserva Naturale Speciale del Sacro Monte della S.S. Trinità di Ghiffa” della Regione Piemonte; detta testata, posta circa a quota 520 m s.l.m., è caratterizzata da un ampio pianoro, che si raccorda ai versanti boscati sottostanti, mediante dolci scarpate, ove sono presenti modeste coperture colluviali e ripide paretine rocciose, lungo cui affiora il substrato.

L'incisione naturale, si sviluppa dapprima lungo la direttrice E-W, quindi piega dolcemente verso SW; nella zona di testata non si riscontra un vero e proprio alveo inciso ma, piuttosto, si evidenzia un dolce avvallamento concavo, dal quale prende origine, più in basso (quota 502 m s.l.m.), una modesta linea di ruscellamento poco prima dell'inizio di un'area privata, recintata con rete plastificata.

In sinistra idrografica dell'impluvio, a pochi metri di distanza, vi è una balza rocciosa, alta 7-8 m, che delimita una contropendenza, che si sviluppa in direzione Est; tale contropendenza, di lunghezza attorno agli 80 m, termina su una dorsale rocciosa, larga alla sommità 8-10 m, che funge da spartiacque con il bacino del Rio Brughi.

La linea di ruscellamento entra nell'area privata, alla quota di 495 m s.l.m., oltrepassando la recinzione mediante uno spezzone di tubo in cls ($\varnothing$ 40 cm), quindi forma un'incisione maggiormente affermata nei materiali di copertura, a tratti protetta nella sponda destra da un muretto con scaglie in pietra; il fondo naturale è invaso da foglie e materiale terroso organico, ed il modesto corso d'acqua è attraversato da una serie di ponticelli in legname, o defluisce entro tubazioni in cls, in corrispondenza degli attraversamenti della rete di recinzione.

Alla quota di 484 m s.l.m., immediatamente a monte di una strada sterrata di collegamento al Parco del Sacro Monte, il corso d'acqua (non indicato dalle basi catastali e senza nome) esce dall'area privata, defluendo sotto al manufatto in pietrame cementato ad arco in pietrame alto 10 cm, che costituisce il cordolo porta-recinzione, il quale rappresenta un punto di criticità idraulica.

A valle della strada, superata mediante tubazione interrata in cls, il corso d'acqua entra in un'altra proprietà privata, attraversando una rampa che conduce alla baracca posta in destra idrografica, mediante una seconda tubazione ($\varnothing$ 50 cm), poggiata (lato valle) sopra una gabbionata ammalorata, che funge anche da muro di contenimento della suddetta rampa trattorabile; le acque meteoriche sono regimate e convogliate nell'impluvio.

Nella tratta immediatamente a valle, l'alveo presenta la sponda destra naturale e quella sinistra delimitata da un muro in pietrame; a fondo alveo, vi è del pietrame sciolto, probabilmente derivante dall'erosione del vecchio muro in sinistra, poi rifatto sempre in pietrame a contenimento del gradone antistante la baracca; a quota 475 m, l'alveo è superato da un ponticello in legname, a monte del quale è presente una tubazione in ferro catramata dell'acquedotto com.le ($\varnothing$ 110 mm), trasversale rispetto all'alveo.

Immediatamente a valle del suddetto ponticello, l'incisione del corso d'acqua diviene più marcata, ove ha inciso la copertura metrica (depositi detritico-colluviale, di transizione alle coltri moreniche presenti più ad Ovest), fino al sottostante substrato roccioso, svasando le sponde ed alimentando il trasporto solido.

Alla quota di circa 470 m s.l.m., pochi metri a valle, l'alveo è attraversato da un guado in terra trattorabile, collegante i terreni di sinistra a quelli in destra idrografica, prossimi a talune case d'abitazione situate tra gli abitati di Cargiagno e Caronno; in destra idrografica, nell'area privata, è stata demolita la testata di un muro di terrazzamento, alto

2.5-3.0 m, per realizzare una stretta pista trattorabile di collegamento fra il terrazzamento superiore a quello inferiore; in corrispondenza della pista defluiscono parte delle portate liquide del corso d'acqua, in caso di piena, mentre a valle della pista, in fregio all'incisione torrentizia, si è formata una nicchia di erosione nel materiale detritico, sino al substrato roccioso che si rinviene a fondo alveo.

Alla base di questa breve tratta, alla quota di 460 m s.l.m., è stata realizzata una vasca di calma, contenuta da un muretto in pietrame e cls e, subito a valle, vi è un ponticello in muratura con conci di pietra cementata (arco e piedritti) largo alla base circa 50 cm ed alto alla volta 55 cm, quindi il corso d'acqua si sviluppa con una tratta poco acclive, delimitata in sponda destra da un muretto in cls (cordolo) con sovrastante rete di recinzione.

Da quota 455 m circa sino a 440 m s.l.m., l'alveo attraversa una fascia di versante invasa da vegetazione infestante (canne di bambù e palme) che ostacola il corretto deflusso delle portate del corso d'acqua; questa lunga fascia vegetata, è contornata in sinistra idrografica da un orlo di una vecchia frana, formatasi nei materiali di copertura anche a causa dell'erosione al piede esercitata dalle portate di piena del corso d'acqua in esondazione in sinistra.

Al momento, tale dissesto, che contorna una sorta di "varice", non è attivo ma quiescente, con superficie vegetata, e si distingue una porzione centrale, anch'essa vegetata, ma di riattivazione più recente rispetto ai settori laterali.

A valle di quota 440 m, l'alveo inciso, in parte affermato nel substrato, prosegue verso valle ancora per una decina di metri, per poi intercettare il sentiero pedonale che corre a monte dei campi da tennis in loc. Cargiagio.

Dopo aver attraversato il sentiero pedonale, il corso d'acqua scorre tra 2 muri in cls (quello in destra, a contenimento e delimitazione della testata orientale del campo da tennis e del latistante campo da bocce), con fondo alveo dapprima in cls, sagomato a corda molle, quindi con fondo naturale; in questa tratta, l'incisione si sviluppa in sponda destra, alla base del muro in cls, che risulta parzialmente scalzato a causa dell'erosione.

Superato il campo da bocce, la sponda destra presenta una breve scarpata con depositi di copertura superficialmente frammisti a materiali di riporto, invasa da vegetazione infestante, mentre il solco di erosione si sviluppa in sinistra, alla base di un muro di recinzione in pietrame cementato.

In corrispondenza della curva verso Ovest dell'alveo del corso d'acqua, il processo erosivo in sponda sinistra diviene più intenso, tanto da aver provocato lo scalzamento del banchettone in cls, al piede del muro di recinzione, nel quale era stato inglobato un tubo in PVC arancione, ora parzialmente a giorno.

Tale processo erosivo, termina all'inizio del muro in c.a. di contenimento del parcheggio del condomino in destra; in questo settore, l'alveo è mal definito (coincide con una sorta di sentiero pedonale), per la presenza di accumuli di detrito terroso e vegetale; l'incisione, torna ad essere definita solo pochi metri prima della strada asfaltata di C.so Dante Alighieri, alla quota di 421 m s.l.m., allorché il corso d'acqua si immette nella tratta canalizzata coperta, sottostante il sedime stradale, con imbocco scatolare (circa 1.0 x 0.80 m), protetto da una griglia in ferro.

3.3 Ramo occidentale (Bacino "1B"): da quota 490 m a quota 421 m s.l.m.

L'affluente occidentale del Rio della Valle, non è costituito da un vero e proprio corso d'acqua, ma da una semplice linea di deflusso / ruscellamento, il cui assetto attuale è fortemente influenzato dall'intervento antropico.

Alla quota di 490 m s.l.m., presso l'abitato di Caronnio, ha inizio un sentiero pedonale, con sedime principalmente sterrato, che si sviluppa all'incirca lungo la linea di massima pendenza, in direzione SSE; tale sentiero, costituisce una

linea di deflusso preferenziale per le acque meteoriche, che ruscellano lungo il piano viario, sino alla quota 480 m s.l.m., dove il sentiero viene attraversato dal tracciato della S.C. Cargiagio-Caronnio (C.so Dante Alighieri).

Le acque di ruscellamento, normalmente attraversano il rilevato stradale mediante un sottopasso in pietra, a sezione scatolare (circa 0.60x0.60 m), il cui imbocco, è però quasi interamente ostruito da accumuli di detrito terroso.

A valle del rilevato della S.C., riprende il sentiero pedonale, sviluppandosi sempre lungo la linea di massima pendenza, con sedime compreso tra i muri di contenimento dei latitanti terreni posti a quota superiore; le acque meteoriche, sia quelle di ruscellamento, defluenti nella tombinatura stradale, sia quelle intercettate dalla strada asfaltata, mal regimate e scaricate lungo il sentiero direttamente dal piano viario della S.C., scorrono lungo il sedime del sentiero (fondo erboso), ove danno origine ad un solco di erosione, che lambisce il manufatto dell'acquedotto comunale, presente in sinistra "idrografica".

Alla quota di 465 m s.l.m., dopo aver superato una vecchia area di frana, presumibilmente risalente all'evento alluvionale del settembre 1998 e contenuta al piede da un muro in pietrame, il sentiero curva circa 90° verso SW, quindi, con sedime in acciottolato, costeggia il muro di recinzione di una proprietà privata; in tutto questo settore, a lato del suddetto muro, lungo il sentiero è stata realizzata una cunetta in pietrame, lungo cui defluiscono le acque di ruscellamento, sino ad una griglia metallica, che le intercetta e le incanala in una vasca nell'area privata (453 m s.l.m.), il cui scarico (sfioratore) viene smaltito verso valle con una tratta intubata.

Le acque tornano a scorrere a cielo aperto a partire da quota 441 m s.l.m., dove formano una vera e propria linea di deflusso concentrato, dapprima canalizzata artificialmente (pietrame e cls al fondo), quindi con incisione naturale nei depositi di copertura, in parte invasa da vegetazione infestante.

Alla quota di 431 m s.l.m., entrando nella periferia settentrionale dell'abitato di Cargiagio, tale linea di deflusso viene intercettata da un pozzetto grigliato, da cui si sviluppa una tratta intubata (tubo in cls con imbocco Ø 70 cm), che corre lungo C.so Dante Alighieri, sino alla quota di 421 m s.l.m., dove s'immette nel "ramo orientale", prima descritto.

3.4 Rio della Valle (Bacino "2"): da quota 421 m a quota 353 m s.l.m.

Gli apporti dei Bacini 1A ed 1B, defluiscono lungo una tratta intubata / coperta, che si sviluppa sotto il sedime stradale di C.so Dante Alighieri, nell'abitato di Cargiagio, sino alla quota di 405 m s.l.m., allorché le acque tornano a defluire a cielo aperto ed ha inizio la tratta con alveo demaniale del Rio della Valle.

All'uscita della vecchia tombinatura in muratura (arco più piedritti), il fondo alveo è impostato in roccia, cui segue un salto morfologico di altezza pari a circa 1.0 m, ed una breve tratta con alveo ben inciso, invaso dalla vegetazione infestante con qualche esemplare arboreo e presenza di alcuni blocchi lapidei in alveo.

Alla quota di 393 m s.l.m., il corso d'acqua viene intersecato dal rilevato di una strada privata, nel quale è stata inglobata una tubazione in cls (Ø 100 cm), per consentire il deflusso delle portate liquide del corso d'acqua.

A valle della suddetta tubazione Ø 100 cm ed in continuità con la stessa, è stata collocata una tubazione in cemento Ø 150 cm, posta al di sotto di una rampa di recente formazione, che costituisce l'accesso ad un'area in sinistra idrografica, ove è stato recentemente costruito un fabbricato residenziale; al termine della tubazione in cls (Ø 150) è stata realizzata una doppia soglia in pietrame cementato per dissipare l'energia dell'acqua in deflusso (quota 390 m s.l.m.).

Immediatamente a valle di tale doppia soglia, in destra idrografica, inizia una fascia spondale, caratterizzata da un dissesto costituito da accentuata erosione alla base della sponda, che provoca scavernamenti e continui franamenti del materiale glaciale e che ha dato origine ad un'ampia "lunata di erosione", con pareti subverticali, alte fino a 5.0÷6.0 m; tale frana regressiva, che occupa un fronte complessivamente lungo 35 m, è suddivisibile in due settori, da monte a valle: il primo settore è lungo circa 20 m ed è attivo, mentre il secondo settore, posto in continuità con il primo, si sviluppa per una lunghezza di circa 15 m ed è parzialmente vegetato (presenza di vegetazione rampicante e rovi, cresciuti negli ultimi anni), risultando di riattivazione meno recente rispetto a quello di monte.

Questo secondo fronte ha un'altezza media attorno ai 6 m e lateralmente si raccorda ai terrazzi prativi sottostanti con una scarpata ripida, apparentemente privo di instabilità.

I depositi di origine glaciale, di spessore plurimetrico, osservati lungo l'intaglio di frana, sono dati da clasti, blocchi e numerosi frammenti spigolosi in abbondante matrice sabbioso-ghiaiosa, subordinatamente limosa, addensata, ricchi di venute d'acqua e stillicidi che saturano la matrice, allentando la resistenza intrinseca (coesione ed angolo di attrito).

Nell'ambito del fronte di frana, si osserva come l'acqua di infiltrazione fuoriesce dall'intaglio del suddetto fronte morenico, più o meno alla stessa altezza, ossia a circa -3.00 m dalla sommità; pertanto, nell'ambito dell'intaglio, i depositi glaciali superiori (spessore circa 3 m), sono dati da materiale più arido, poroso e permeabile, mentre i depositi inferiori, sono formati da materiali più addensati e coesivi, aventi minore permeabilità dove l'acqua d'infiltrazione tende a fuoriuscire a giorno, dando origine ad una serie di venute d'acqua tendenzialmente allineate tra loro, in parte presenti anche a quote inferiori a -3.0 m dalla sommità

In tutta questa tratta d'alveo, si rinviene il materiale detritico franato dalla scarpata in dissesto, oltre a quello proveniente da monte (presente in percentuale minore); associato a tale materiale detritico, si rinvencono blocchi lapidei irregolari, da spigolosi a subarrotondati, che ostacolano ed alterano il deflusso, facendo scorrere le portate vicino alla base della parete in frana; l'accumulo di frana in alveo, è caratterizzato da materiale medio-grossolano, in quanto quello minuto è stato dilavato e trasportato a valle dalle portate di piena.

All'estremità inferiore del dissesto, alla quota di circa 370 m s.l.m., in alveo è presente un accumulo di grossi blocchi, che formano un salto morfologico di altezza dell'ordine di 1.5 m.

Proseguendo verso valle, l'incisione del corso d'acqua è sempre ben affermata nell'ambito del versante, con le sponde incise nei materiali di origine glaciale; dapprima, in sinistra idrografica, si rinviene una vecchia nicchia di frana, presumibilmente innescata per erosione al piede, ormai vegetata e quiescente, mentre in destra idrografica, si può osservare una nicchia di erosione attiva, con intaglio verticale nei materiali morenici, avente evoluzione analoga alla frana descritta precedentemente, presente più a monte, ma con dimensioni minori, essendo caratterizzata da lunghezza di circa 12 m ed altezza pari a 4.5÷5.0 m; anche in questo settore, in alveo vi è la presenza di abbondante pietrame (blocchi eterometrici).

Circa alla quota di 360 m s.l.m., in alveo si è formata una sorta di parziale sbarramento con blocchi e materiale detritico, che portano la corrente torrentizia a defluire al piede della sponda in sinistra, mentre in destra si riconosce un alveo abbandonato che si riattiva solo con le portate di piena; si possono osservare taluni fenomeni di scalzamento dell'accumulo di blocchi, benché di entità molto limitata.

Alla quota di 355 m s.l.m., termina l'alveo naturale e inizia una tratta con alveo artificializzato nelle sponde ed al fondo, ove era stata posata una tubazione in PVC ($\varnothing$ 20 cm), posta al di sotto di una soletta in cls armato con staffe in acciaio, ormai messe a nudo dall'attività erosiva torrentizia.

Tale tratta artificiale, che compie una curva verso SW e prosegue per circa 23 m, sino al ponticello della strada comunale con sedime in acciottolato (la vecchia Via per Cargiogo), avente imbocco scatolare (0.80 x 0.60 m).

3.5 Rio della Valle (Bacino "3"): da quota 353 m a quota 266 m s.l.m.

A valle del ponte in pietrame, l'alveo torna a svilupparsi lungo un'incisione naturale, con profilo longitudinale modellato da una soglia in pietrame e cls, antierosione, puntualmente ammalorata; lungo la sponda destra, vi è presenza di vegetazione infestante, presente con continuità sino al sottostante salto morfologico (piccola cascata) presente in alveo, modellata da un affioramento del substrato roccioso; la vegetazione infestante, normalmente presente anche in sponda sinistra, al momento del sopralluogo era stata tagliata ed asportata.

Immediatamente a valle del salto in roccia, il corso d'acqua compie una curva verso Sud, sviluppandosi con una tratta subpianeggiante, a lato del Lavatoio pubblico di Carpiano; dopo una seconda curva, a valle del lavatoio, è presente una soglia in pietra (quota 336.5 m s.l.m.), cui segue una modesta incisione impostata nei materiali di copertura, con profilo longitudinale subpianeggiante, lunga circa 50 m, all'interno di terreni prativi in destra ed appezzamenti coltivati ad orto in sinistra.

Subito dopo una curva di 90° verso SSE, con limitate evidenze di erosione spondale in destra idrografica, il corso d'acqua continua a svilupparsi nell'ambito di terreni subpianeggianti e, a partire da quota 333 m s.l.m., attraversa un'area invasa in destra ed in sinistra da vegetazione infestante (prevalentemente palme) che hanno colonizzato internamente le sponde e talvolta anche l'alveo; in sinistra è presente una difesa spondale, data da pietrame disposto ad accollato per difendere la sponda, mentre in destra, tale muratura è andata localmente distrutta, con franamento dei conci di pietra e del terreno in alveo.

La tratta con vegetazione infestante, si sviluppa per circa 50 m, sino a quota 328 m s.l.m., ove il corso d'acqua è attraversato da un ponticello, dato da una lastra di pietra, a valle del quale, continuano i muri di difesa spondale in entrambe le sponde, di cui quello in destra necessita di manutenzione straordinaria e qualche locale risarcimento.

Avvicinandosi alla chiesa di Carpiano, a monte della strada, i muri spondali in pietrame sono cementati ed il fondo alveo è lastricato in blocchi di pietrame, quindi, all'altezza della chiesa, il corso d'acqua entra in una tratta tombinata (imbocco 1.10 x 1.20 m), che attraversa la strada; in questa tratta, i muri spondali e la seguente tratta tombinata, sono stati rifatti a seguito dell'evento alluvionale di settembre 1998.

A valle della tratta coperta, il Rio della Valle defluisce dapprima in un cunettone in cls, lungo 13 m, la cui soletta di fondo alveo è stata estesamente scalzata ed asportata, soprattutto sul lato in sinistra idrografica; la tratta canalizzata, termina in corrispondenza di una soglia in pietrame, a valle della quale, nelle sponde naturali, si osservano due modeste nicchie di erosione.

Il corso d'acqua, defluisce quindi nell'ambito dei terreni prativi a valle di Carpiano, risultando caratterizzato da alveo prevalentemente naturale, con presenza di una serie di soglie in pietrame, alte circa 1.0 m, che a monte delle

stesse hanno stabilizzato il profilo dell'alveo, con innalzamento del fondo per effetto dei depositi, mentre a valle di tali opere trasversali, seguono brevi tratte più incise nei depositi glaciali di potenza plurimetrica.

In questa tratta testé descritta, laddove è presente il muro in pietrame a difesa della sponda, soprattutto in sinistra, l'alveo si presenta privo di fenomeni erosivi; dove, invece, mancano le opere di difesa, si notano modesti fenomeni erosivi in sponda destra, presenti principalmente a valle delle soglie.

Alla quota di circa 308 m s.l.m., il corso d'acqua è delimitato da muri in c.a., posti lungo le sponde a contenimento delle adiacenti proprietà private; in particolare, il muro in sponda destra, è stato realizzato a contenimento di terreni presumibilmente riportati a ridosso dell'alveo, tanto che la struttura di contenimento, inizia con la testata nell'alveo, che riduce drasticamente la sezione di deflusso naturale del Rio della Valle.

L'azione della corrente torrentizia che s'infrange contro il muro (che funge in pratica da "pennello"), ha danneggiato la struttura del muro, che presenta numerose crepe, originate dalle spinte del terreno di riporto a tergo.

La tratta d'alveo compresa tra i muri spondali in c.a., normalmente invasa da vegetazione infestante, nel 2013 era stata oggetto di recenti operazioni di pulizia, che avevano permesso di osservare la presenza di modeste barre detritiche terroso-ciottolose, rilevabili soprattutto a monte del ponticello stradale ad arco (largo 1.60 m ed alto alla volta 1.0 m), posto alla quota di circa 304 m s.l.m.; nel periodo di ottobre 2017, l'intera tratta a monte dell'attraversamento stradale, si presenta nuovamente invasa da vegetazione infestante, che ha impedito osservazioni di dettaglio.

Il fondo alveo sottostante tale attraversamento, è dato da una soglia in pietrame, quindi vi è l'alveo in roccia, che a valle della strada comunale forma una cascata, cui segue l'incisione impostata in roccia, lungo il versante acclive che forma il fianco destro della profonda incisione del sottostante T. Ballona.

4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA, GEOMECCANICA E SISMICA DEI MATERIALI IN SITO

4.1 Parametri geotecnici dei depositi di copertura

In base alle osservazioni effettuate sugli “spaccati” naturali ed artificiali, presenti all’interno dell’intero bacino idrografico investigato, nonché dai dati raccolti dallo scrivente, nel corso di precedenti indagini svolte all’interno del territorio comunale, facendo riferimento alla tabella *Valori di ϕ per i vari tipi di terreno* (NAVFAC, 1971), per terreni non coesivi con frazione fine non plastica, è stato possibile stimare i parametri geotecnici dei materiali investigati, fornendo il riferimento alla classificazione U.S.C.S. (*Unified Soil Classification System*).

Si ricorda che i valori di ϕ così deducibili sono valori di picco, utilizzabili direttamente solo in casi caratterizzati da bassi livelli tensionali e piccole deformazioni; in situazioni, come quella in esame, che comportino fenomeni di rottura progressiva (spinta passiva) è preferibile fare riferimento all’angolo di attrito a volume costante (ϕ_{CV}), considerando che l’angolo di dilatanza, $\phi_{dilatante} = \phi_{TC} - \phi_{CV}$, funzione della densità relativa, è valutabile in circa 4-5°.

Per i depositi detritico-colluviali, presenti principalmente lungo l’affluente occidentale del Rio della Valle (bacino idrografico 1a) e nella parte superiore del bacino 2, localmente frammisti a materiale di origine glaciale, rimaneggiati più o meno intensamente dall’azione gravitativa, costituiti da materiali fortemente eterogenei, con clasti e blocchi da sub-arrotondati a spigolosi, immersi in una matrice prevalentemente sabbiosa, a tessitura caotica, si può fare riferimento ai seguenti valori dei parametri geotecnici:

Depositi superficiali detritico-colluviali (SW-GP)

γ (peso di volume secco)	1.90 t/m ³
γ_{sat} (peso di volume saturo)	2.20 t/m ³
γ' (peso di volume sommerso)	1.20 t/m ³
D_r (densità relativa)	30÷50 %
ϕ_{TC} (angolo di attrito interno di picco)	35°÷37°
ϕ_{CV} (angolo di attrito interno a volume costante)	31°÷33°
c (coesione)	0 t/m ²

Per i depositi di origine glaciale, rinvenuti lungo il bacino 1b, nella parte inferiore del bacino 2 e lungo tutto il bacino 3, con spessori fortemente variabili, costituiti da una matrice addensata di sabbie ghiaioso-limose, inglobante clasti eterogenei in percentuali variabili, si può fare riferimento ai seguenti valori dei parametri geotecnici:

Depositi glaciali (SP-SW)

γ (peso di volume secco)	1.80 t/m ³
γ_{sat} (peso di volume saturo)	2.05 t/m ³
γ' (peso di volume sommerso)	1.05 t/m ³
D_r (densità relativa)	40÷50 %
ϕ_{TC} (angolo di attrito interno di picco)	33°÷35°
ϕ_{CV} (angolo di attrito interno a volume costante)	29°÷31°
c (coesione)	0.5÷3.0 t/m ²

Valori di ϕ per vari tipi di terreno (da NAVFAC, 1971)

TIPO DI MATERIALE:

ML - sabbie limose molto fini

SM - sabbie limose

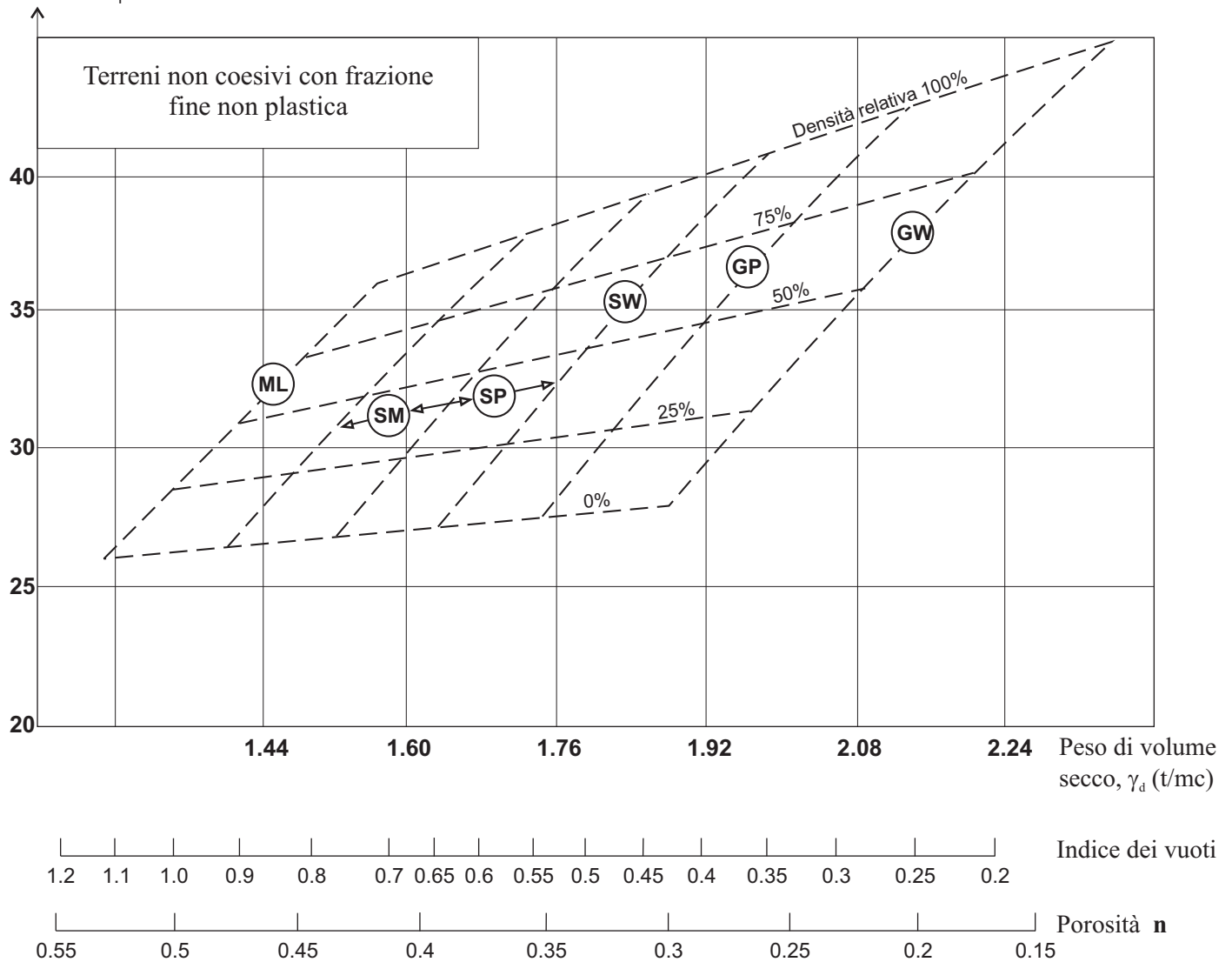
SP - sabbie, sabbie ghiaiose con granulometria uniforme

SW - sabbie a granulometria mista, sabbia ghiaiosa

GP - ghiaia a granulometria uniforme

GW - ghiaia a granulometria mista, misto ghiaia e sabbia

Valori di ϕ



UNIFIED SOIL CLASSIFICATION SYSTEM

- USCS -

Major division			Group symbol		Typical names	Classification criteria for coarse-grained soils	
coarse-grained soils (more than half of the material is larger than N. 200)	Gravels (more than half of coarse fraction is larger than N. 4 sieve size)	Clean gravels (little or no fines)	GW		Well graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines	$C_u = D_{90}/D_{10} > 4$ $C_c 1 < D_{30}^2/D_{10} \times D_{40} < 3$	
			GP		Poorly graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines	Not meeting all gradation requirements for GW	
		Gravels with fines (appreciable amount of fines)	GM	d/u	Silty gravels, gravel-sand-silt mixtures	Attemberg limits below A line or $L_p < 4$	Above A line with $4 < L_p < 7$ are borderline cases requiring use of dual symbols
			GC		Clayey gravels, gravel-sand-clay mixtures	Attemberg limits above A line with $L_p > 7$	
	Sands (more than half of coarse fraction is smaller than N. 4 sieve size)	Clean sands (little or no fines)	SW		Well graded sands, gravelly-sand, little or no fines	$C_u = D_{90}/D_{10} > 6$ $C_c 1 < D_{30}^2/D_{10} \times D_{40} < 3$	
			SP		Poorly graded sands, gravelly-sand, little or no fines	Not meeting all gradation requirements for SW	
		Sands with fines (appreciable amount of fines)	SM	d/u	Silty sands, sand-silt mixtures	Attemberg limits below A line or $L_p < 4$	Limit plotting in atched zone with $4 < L_p < 7$ are borderline cases requiring use of dual symbols
			SC		Clayey sands, sand-clay mixtures	Attemberg limits above A line with $L_p > 7$	
fine-grained soils (more than half of the material is smaller than N. 200)	Silt and clays (liquid limit < 50)	ML		Inorganic silts and very fine sands, rock flour, silty or clayey fine sands, or clayey silts with slight plasticity	1. Determine percentages of sand and gravel from grain-size curve. 2. Depending on percentages of fines (fraction smaller than 200 sieve size), coase grained soils are classified as follows: Less than 5% - GW, GP, SW, SP More than 12% - GM, GC, SM, SC 5-12% - Borderline cases requiring dual symbols		
		CL		Inorganic clays of low to medium plasticity, gravelly clays, sandy clays, silty clays, lean clays			
		OL		Organic silts and organic silty clays of low plasticity			
	Silt and clays (liquid limit > 50)	MH		Inorganic silts, micaceus or diatomaceous fine sandy or silty soils, clastic silts			
		CH		Inorganic clays of high plasticity, fat clays			
		OH		Organic clays of medium to high plasticity, organic silts			
	Highly organic soils	Pt		Peat and other highly organic soils			

I valori attribuiti ai vari parametri geotecnici, sono cautelativi; si sottolinea in ogni caso che, nell'arco dell'intera area esaminata, i materiali possono presentare caratteristiche piuttosto differenti da zona a zona e, pertanto, i valori dei parametri geotecnici dei depositi superficiali qui forniti, così come quelli geomeccanici del substrato roccioso riportati di seguito, sono da considerarsi come un dato medio, eventualmente soggetto a variazioni locali.

4.2 Parametri geomeccanici del substrato roccioso

Le rocce che costituiscono il substrato roccioso, sono costituite dalle metamorfiti della Serie dei Laghi, qui rappresentate da micascisti e paragneiss a due miche, a grana medio-fine, aventi una tessitura scistosa.

In base alle osservazioni effettuate, è stato possibile constatare che i litotipi sono costituiti da micascisti, caratterizzati da una scistosità regionale avente direzione media NNE – SSW, con inclinazione generalmente elevata ($70^{\circ}\div 80^{\circ}$); l'ammasso roccioso risulta inoltre controllato da una serie di fratture, aventi direzione NE-SW, sviluppantesi all'incirca parallelamente alla linea di dislocazione tettonica Cossato-Mergozzo-Brissago.

L'assetto strutturale dell'ammasso, presenta localmente settori in cui le discontinuità sono poco sviluppate (prevalentemente in corrispondenza delle bancate gneissiche più massive e compatte), alternati ad ampie zone in cui le fratture risultano piuttosto frequenti e persistenti.

Le caratteristiche geomeccaniche del substrato roccioso integro possono quindi essere valutate come segue:

- | | |
|---|------------------------|
| - γ (peso di volume) | = 2.7 t/m ³ |
| - σ_c (resistenza a compressione monoassiale del materiale roccia) | = 70 MPa |
| - ϕ_b (angolo di attrito di base) | = 36° |
| - c (coesione dell'ammasso roccioso) | = 3.1 t/m ² |

4.3 Caratterizzazione sismica

Fra gli interventi in Progetto, lungo la tratta del Rio della Valle sottesa al bacino 3, in prossimità di taluni edifici residenziali, vi è la sistemazione dell'estesa nicchia di erosione presente in sponda destra, a valle di quota 390.0 m s.l.m. con pareti subverticali, alte fino a 5.0÷6.0 m, compresi i settori immediatamente adiacenti, lungo un fronte complessivamente ampio 55 m, prevedendo, tra le altre cose, la costruzione di una scogliera spondale, alta 2.0 m, a sua volta sormontata da una palificata a parete singola, alta 2.50÷4.00 m, con riprofilatura del ciglio sovrastante.

Trattandosi di un intervento piuttosto significativo, si è proceduto alla caratterizzazione sismica del sito specifico, in maniera da fornire i dati necessari al progettista delle strutture.

Premesso che, con D.G.R. n. 4-3084 del 12-12-2011, è stata recepita la classificazione sismica di cui alla D.G.R. n. 11-13058 del 19-01-2010, la quale assegna il territorio comunale di Ghiffa alla Zona 4 della Classificazione Sismica Regionale, sono state condotte appropriate valutazioni sismiche, per l'attribuzione della categoria di suolo di fondazione, utilizzando, con criteri cautelativi, i dati ricavati da quanto osservato in sito.

Infatti, le Categorie di suolo di fondazione, definite in base alle velocità di propagazione delle onde trasversali o di taglio V_{S30} , secondo i criteri specificati al paragrafo 3.2, *Azione Sismica*, 3.2.2. *Categorie di suolo di fondazione*, Tabella 3.2 II delle N.T.C., fanno riferimento anche alla sequenza stratigrafica:

<i>Categoria</i>	<i>Descrizione</i>
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Sulla base delle risultanze dei rilievi in sito, con riferimento allo spessore dei depositi di copertura, i terreni sono stati ascritti alla categoria dei Suoli di tipo E.

Le N.T.C., adottano un approccio prestazionale alla progettazione delle nuove strutture ed alla verifica di quelle esistenti: la pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici, che in termini temporali, approfondendo l'aspetto relativo ai valori di accelerazione sismica orizzontale a_g (effetti di sito), e superando il concetto di attribuzione di un unico valore di a_g , all'intero territorio comunale, in base alla sua Zona Sismica.

Per gli spettri di risposta delle componenti verticale ed orizzontale delle azioni sismiche, è stato utilizzato il foglio di calcolo di GeoStru software, sviluppato ai sensi del D.M. 14-01-2008, confrontando i dati così ottenuti, con quelli ricavabili dal documento Excel "SPETTRI – NTC" e messo gratuitamente a disposizione, dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici; la definizione dei vari spettri di risposta, è articolata in 3 fasi:

- *Fase 1: individuazione della pericolosità del sito.* Per valutare le azioni sismiche, si effettua una ricerca in base alle coordinate (WGS84) del sito specifico:

lat. 45.952108

long. 8.592280

- *Fase 2: scelta della strategia di progettazione.* In base alle tabelle di riferimento delle Nuove Norme Tecniche per la Costruzioni, sono stati inseriti i dati relativi alla vita nominale del progetto ($V_N \geq 50$ anni "opere ordinarie") e del suo Coefficiente d'uso ($C_U = 0.7$ "Classe I"), ricavando il periodo di ritorno per la definizione dell'azione sismica.

- *Fase 3: determinazione dell'azione di progetto.* sono stati considerati i vari Stati Limite (SLO “Operatività” – SLD “Stato Limite Danno” - SLV “Salvaguardia Vita” e SLC “Prevenzione Collasso”); è stata selezionata la categoria di Sottosuolo (tipo E) e, per le condizioni topografiche, è stata selezionata la categoria T2 “pendii con inclinazione media >15°”, corrispondente ad un coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1.20$.

In base ai dati inseriti, si ottengono, per ciascuno Stato Limite, i valori di F_0 (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale), a_g (accelerazione sismica orizzontale massima) e T^*C (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale):

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_0	T^*C [s]
Operatività (SLO)	30	0,016	2,576	0,155
Danno (SLD)	35	0,017	2,569	0,159
Salvaguardia vita (SLV)	332	0,040	2,638	0,263
Prevenzione collasso (SLC)	682	0,048	2,687	0,292

A questo punto si può ottenere, per ciascuno Stato Limite, il valore di a_{max} (accelerazione massima attesa), dove $a_{max} = S_s \cdot a_g \cdot S_T$ e dove S_s = fattore di amplificazione dipendente dalla categoria del suolo di fondazione, è così definito:

CATEGORIA SUOLO	S_s
A	1.0
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.20$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.50$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.80$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.60$

Nel caso in esame (categoria E), il valore di $S_s = 1.60$, mentre il fattore di amplificazione topografica (S_T), trattandosi di terreni con inclinazione >15°, viene assunto pari a 1.20

Per il calcolo dei coefficienti sismici orizzontali e verticali K_h e K_v si procede con le seguenti formule:

$$K_h = \beta_s \cdot a_{max} / g$$

$$K_v = 0.5 K_h$$

dove:

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima del sito, definita in base alla seguente tabella:

Tabella 7.11.I - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (N.T.C.)

	CATEGORIA SUOLO	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0.2 < \cdot ag/g \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < \cdot ag/g \leq 0.2$	0.27	0.24
$ag/g \leq 0.1$	0.20	0.20

Quindi, i coefficienti sismici relativi a ciascuno Stato Limite, in base alle caratteristiche dell'area, della categoria del suolo e della morfologia, sono le seguenti:

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
Kh	0.006	0.007	0.015	0.019
Kv	0.003	0.003	0.008	0.009
a_{max}/g	0.298	0.320	0.747	0.911
β_s	0.200	0.200	0.200	0.200

5. ANALISI IDROLOGICA-IDRAULICA

5.1 Caratteristiche morfometriche del bacino imbrifero

Allo scopo di fornire un'analisi degli aspetti idrologici che caratterizzano il bacino imbrifero che alimenta il Rio della Valle, ne è stato delimitato il bacino imbrifero su base cartografica (carta aerofotogrammetrica digitale comunale) e sono state definite le sue caratteristiche morfometriche.

Con riferimento a quanto rappresentato nella Carta del bacino idrografico, in scala 3.000, si precisa che, oltre al bacino imbrifero totale (*bac. 3* - sezione di chiusura all'immissione nel T. Ballona, q. 266 m s.l.m.) si sono considerati anche i seguenti sottobacini:

- *bac. 1A* - sezione di chiusura a q. 421 m s.l.m., relativo al ramo orientale di testata del Rio della Valle, a monte nel nucleo abitato di Cargiagio;
- *bac. 1B* - sezione di chiusura a q. 421 m s.l.m., relativo al ramo occidentale di testata del Rio della Valle, a monte nel nucleo abitato di Cargiagio;
- *bac. 2* - sezione di chiusura a q. 353 m s.l.m., a monte nel nucleo abitato di Carpiano.

I parametri morfometrici di bacino presi in considerazione sono i seguenti:

- 1) Quote massima (H_{max}) e minima (H_0 , in corrispondenza della sezione di chiusura) del bacino.
- 2) Quota media del bacino (H_m).

Tale valore si ricava come media ponderata delle altezze medie (h_i) di un certo numero di superfici parziali (S_i) delimitate da curve di livello, in cui viene suddivisa tutta la superficie del bacino (S), secondo la formula:

$$H_m = \frac{\sum h_i \times S_i}{S}$$

dove:

h_i = quota media della superficie i -esima, cioè media dei valori delle due curve di livello che delimitano tale superficie (m);

S_i = area della superficie i -esima (m^2);

S = area del bacino (m^2).

- 3) Superficie del bacino (S).
- 4) Lunghezza dell'asta collettoria principale (L).
- 5) Pendenza media del bacino.

Per il calcolo della pendenza media del bacino (i_m) si è ricorsi al metodo proposto da Horton (1914), riferendosi cioè alla seguente formula:

$$i_m = \frac{e \times \sum l_i}{S}$$

e = equidistanza tra le curve di livello (m);

$\sum l_i$ = lunghezza complessiva delle linee di livello comprese nel bacino (m);

S = area del bacino (m^2).

Nella tabella seguente vengono, pertanto, riassunti i caratteri morfometrici dei bacini idrografici analizzati.

Parametro morfometrico	Bacino			
	1A	1B	2	3
$H_{\max}$ (m s.l.m.)	555	500	555	555
H_0 (m s.l.m.)	421	421	353	266
H_m (m s.l.m.)	483	461	444	409
S (km ²)	0,044	0,031	0,145	0,206
L (km)	0,39	0,30	0,70	1,10
i_m	33,6% ($\cong 18^\circ$)	21,6% ($\cong 12^\circ$)	29,7% ($\cong 16^\circ$)	27,8% ($\cong 15^\circ$)

5.2 Calcolo delle precipitazioni

Il calcolo delle precipitazioni è stato effettuato considerando la curva di probabilità pluviometrica e, quindi, la relazione che lega l'altezza d'acqua caduta, in assenza di perdite, alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno:

$$h(t) = at^n$$

dove:

$h(t)$ = massimo valore annuale di precipitazione di durata t che può essere raggiunto o superato ogni Tr anni;

a, n = parametri il cui valore dipende dalle caratteristiche pluviometriche della zona in cui si trova la stazione di misura.

L'Allegato n. 3 della Direttiva n. 2 del PAI fornisce i parametri "a" e "n" relativi alla regionalizzazione effettuata su tutto il territorio del bacino del Fiume Po, per $Tr = 20, 100, 200$ anni, da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica; in particolare, il bacino imbrifero del Rio della Valle risulta interamente compreso nella seguente cella della griglia di discretizzazione delle piogge intense:

CELLA	Tr = 20		Tr = 100		Tr = 200	
	a	n	a	n	a	n
CG56 Coordinate UTM ED50: E 469000 N 5089000	64,41	0,409	81,98	0,409	89,50	0,409

5.3 Calcolo dei deflussi

Le portate sono state valutate con il metodo razionale, esplicabile con la formula:

$$Q_C = 0,278 \cdot Cr \cdot \frac{\varphi \cdot h(t) \cdot S}{T_c}$$

dove:

Q_c = portata al colmo (m^3/s)

Cr = coefficiente di ragguaglio

φ = coefficiente di deflusso (coefficiente di riduzione degli afflussi meteorici)

$h(t)$ = altezza di precipitazione per t pari al tempo di corrivazione T_c (mm)

S = superficie del bacino (km^2)

T_c = tempo di corrivazione (ore)

La base del metodo è che durante un evento meteorico, che si ipotizza inizi istantaneamente e continui con intensità (i) costante nel tempo e nello spazio, la portata aumenti sino ad un tempo pari al tempo di corrivazione (T_c), quando l'area (S) di tutto il bacino contribuisce al deflusso.

La portata al colmo (Q_c) è allora proporzionale al prodotto ($i \cdot S$) attraverso il coefficiente di deflusso φ .

Questo metodo per il calcolo delle portate è basato sulle seguenti assunzioni:

- il bacino viene considerato come entità unica;
- analogamente, la precipitazione viene considerata uniforme su tutto il bacino;
- il tempo di ritorno della pioggia e della portata è lo stesso e la durata delle fasi di formazione e di riduzione del colmo di piena è la stessa;
- la durata dell'intensità di pioggia coincide con il tempo di corrivazione T_c .

5.3.1 Calcolo del tempo di corrivazione

Il *tempo di corrivazione* (T_c) è il tempo necessario perchè, in un dato bacino di area S , tutte le particelle d'acqua defluenti giungano alla sezione sottesa.

Per la sua valutazione si è impiegata la formula di Giandotti, che considera la pendenza della rete come funzione dell'altitudine media del bacino idrografico (H_m), rispetto alla sezione di chiusura (H_0):

$$T_c = \frac{4 \cdot \sqrt{S} + 15 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{H_m - H_0}}$$

5.3.2 Stima del coefficiente di deflusso

Il *coefficiente di deflusso* (φ) si definisce come il rapporto fra il volume dell'acqua che defluisce attraverso una data sezione e il corrispondente afflusso in un certo arco di tempo.

Occorre distinguere fra coefficiente di deflusso annuo e coefficiente di deflusso di piena da utilizzarsi nel metodo razionale.

Mentre il primo consente di evidenziare le passività o le attività del bilancio idrologico del bacino stesso nell'intero arco di un anno, il secondo consente di evidenziare il rapporto fra deflussi e afflussi al colmo di piena raggiunto dopo un tempo pari al tempo di corrivazione.

Per la stima del coefficiente di deflusso (ϕ) è possibile ricorrere alle tabulazioni riportate in diversi manuali di idrologia; a tale proposito si riportano i valori contenuti nelle direttive del PAI (Tabella XIII) e quelli riportati da Benini (1990), in cui C (ϕ) è espresso in funzione della morfologia, dell'uso del suolo e del tipo di terreno (Tabella XIV).

Facendo riferimento a queste indicazioni, tenuto conto che il bacino del Rio della Valle è in buona parte impostato nel substrato roccioso, in parte affiorante e/o subaffiorante ed in parte coperto da depositi eluvio-colluviali di limitato spessore, e che è caratterizzato da una copertura di tipo boschivo, si può assegnare al bacino il seguente valore di coefficiente di deflusso: $\phi = 0,40$.

<i>Tabella XIII: Coefficienti di deflusso suggeriti dal PAI (raccomandati da Handbook of Applied Hydrology, Ven Te Chow, 1964)</i>			
Tipo di suolo	Uso del suolo		
	Coltivato	Bosco	
Suolo con infiltrazione elevata, normalmente sabbioso o ghiaioso	0.20	0.10	
Suolo con infiltrazione media, senza lenti argillose; suoli limosi e simili	0.40	0.30	
Suolo con infiltrazione bassa, suoli argillosi e suoli con lenti argillose vicine alla superficie, strati di suolo sottile al di sopra di roccia impermeabile	0.50	0.40	
<i>Tabella XIV: valori del coefficiente C in funzione delle caratteristiche del bacino (da Benini, 1990)</i>			
Tipo di suolo	Coltivazioni	Pascoli	Boschi
Suoli molto permeabili sabbiosi o ghiaiosi	0.20	0.15	0.10
Suoli mediamente permeabili (senza strati di argilla) e terreni di medio impasto o simili	0.40	0.35	0.30
Suoli poco permeabili, suoli fortemente argillosi o simili, con strati di argilla vicino alla superficie, suoli poco profondi sopra roccia impermeabile	0.50	0.45	0.40

Poiché il coefficiente di deflusso è legato anche alla pendenza del bacino, è stata utilizzata anche la relazione proposta da Schaake, Geyer e Knapp (1967):

$$\phi = 0,14 + 0,65 \text{ IMP} + 0,05 \cdot i_m$$

in cui IMP rappresenta la frazione di area impermeabile (rapporto fra l'area impermeabile e l'area totale del bacino) e i_m è la pendenza media del bacino.

5.4 Risultati ottenuti

Applicando la formula di Giandotti è stato ricavato il tempo di corrivazione (T_c) relativo ai bacini, quindi, in base alle curve di probabilità pluviometrica, si ottengono i seguenti valori di pioggia (in mm) nel tempo di corrivazione, per i vari tempi di ritorno considerati:

Rio della Valle	T_c (ore)	h_{20} ($t=T_c$) (mm)	h_{100} ($t=T_c$) (mm)	h_{200} ($t=T_c$) (mm)
<i>bac. 1A</i>	0,23	35,06	44,63	48,72
<i>bac. 1B</i>	0,23	35,19	44,79	48,90
<i>bac. 2</i>	0,34	41,29	52,55	57,37
<i>bac. 3</i>	0,36	42,52	54,12	59,08

I valori di portata di massima piena (Q_c), ottenuti per i vari tempi di ritorno, applicando la formula del metodo razionale con un coefficiente di ragguaglio (Cr) unitario, data la modesta estensione del bacino (si faccia riferimento al diagramma di Merlo di seguito allegato - fig. 1) e con appropriati coefficienti di deflusso, sono riportati nella tabella seguente:

Rio della Valle	T_c (ore)	ϕ	Q_{20} (m^3/s)	Q_{100} (m^3/s)	Q_{200} (m^3/s)
<i>bac. 1A</i>	0,23	0,46	0,88	1,11	1,21
<i>bac. 1B</i>	0,23	0,50	0,53(*)	0,68(*)	0,74(*)
<i>bac. 2</i>	0,34	0,58	2,86	3,64	3,98
<i>bac. 3</i>	0,36	0,58	3,90	4,96	5,42

(*) Per quanto concerne il sottobacino 1B, occorre fare la seguente precisazione: poiché esiste una rete di raccolta e smaltimento delle acque stradali (caditoie e griglie trasversali) con recapito finale nel T. Ballona (si faccia riferimento alla Planimetria di Sintesi), si è ritenuto di ridurre le portate massime calcolabili con il metodo razionale, nella misura del 20%.

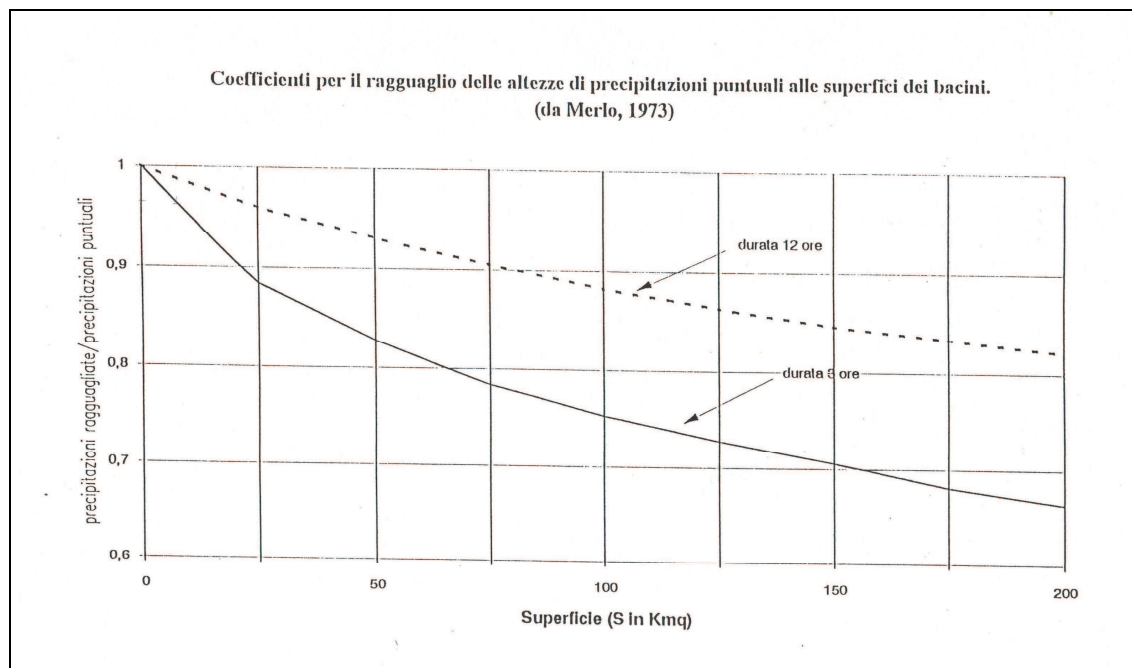


FIGURA 1

5.5 Valutazioni sul trasporto solido

Sulla base dell'analisi dell'assetto geolitologico e geomorfologico del bacino del Rio della Valle si possono fare le seguenti considerazioni circa la sua propensione al trasporto solido in occasione di eventi meteorici intensi e prolungati.

Nel settore montano orientale del bacino idrografico del Rio della Valle (bacino 1A), impostato in un settore di versante con substrato roccioso affiorante o subaffiorante, laddove ricoperto da modesti spessori di depositi eluvio-colluviali, non si sono osservati estesi fenomeni dissestivi legati all'azione erosiva dei deflussi idrici; inoltre, le seppure modeste quantità di materiale solido mobilizzabili, tendono ad arrestarsi e depositarsi nella tratta a bassa pendenza posta in corrispondenza dei campi da tennis (q. 426 - 424 m s.l.m.), immediatamente a monte dell'immissione nella lunga tratta canalizzata a sezione chiusa, che corre sotto il sedime stradale di C.so Dante Alighieri.

Il settore occidentale del bacino montano (bacino 1B), geologicamente impostato entro una placca di depositi di origine glaciale, si sviluppa pressoché totalmente in ambito antropizzato e la stessa linea di impluvio principale è costituita, in realtà, da una cunetta, più o meno definita, che corre lateralmente al sedime del percorso pedonale esistente.

Sulla base dei rilievi e delle osservazioni fatte in sito si ritiene di non considerare apporti solidi da parte di questo settore di versante.

Maggiore propensione alla mobilizzazione e presa in carico di materiali solidi (costituiti principalmente dalla frazione medio-fine dei depositi glaciali di copertura) da parte dei flussi idrici è stata osservata nella tratta mediana del corso d'acqua (a valle della tratta canalizzata chiusa), dove si sono rilevati significativi fenomeni di erosione; la progressiva erosione lungo le sponde del corso d'acqua, impostate nei depositi di copertura glaciali, provoca l'asportazione della frazione fine e la messa a nudo di porzioni rocciose più voluminose che, quindi, franano in alveo.

L'energia del corso d'acqua è tale da mobilitare oltre alla frazione fine, porzioni lapidee pluricentriche, ma non quelle maggiori (pluridecimetrie).

Nel complesso, le evidenze geomorfologiche e geologiche riscontrate nella tratta medio-terminale del Rio della Valle fanno ritenere ad un meccanismo di trasporto solido che dia origine a fluidi più o meno concentrati, più che a vere proprie colate detritiche, considerata anche la modesta dimensione del bacino idrografico ($< 1 \text{ km}^2$) e le contenute estensioni delle fasce spondali.

Pertanto, ai fini della progettazione delle opere di sistemazione idrogeologica, le portate liquide precedentemente ricavate sono state incrementate, in via cautelativa, in percentuali variabili da 10% ÷ 20%, al fine di considerare eventuale trasporto solido, ottenendo i seguenti valori di riferimento in corrispondenza delle diverse sezioni di chiusura del bacino prese in considerazione:

Rio della Valle	Q_{20} (m^3/s)	Q_{100} (m^3/s)	Q_{200} (m^3/s)
<i>bac. 1A</i> (incremento 10%)	0,97	1,22	1,33
<i>bac. 1B</i> (nessun incremento)	0,53	0,68	0,74
<i>bac. 2</i> (incremento 20%)	3,43	4,37	4,78
<i>bac. 3</i> (incremento 20%)	4,68	5,95	6,50

5.6 Verifiche di compatibilità idraulica

5.6.1 Metodologia utilizzata

La metodologia utilizzata per la determinazione dei livelli idrici in corrispondenza di alcune sezioni di progetto lungo il Rio della Valle ha fatto riferimento alle condizioni di moto uniforme (geometria costante e portata costante), essendo verificate nei tratti esaminati le ipotesi di base per l'applicazione di tale modello (sezioni pressoché omogenee a pendenza costante e scabrezza invariata).

Considerando una sezione di deflusso dell'alveo, la massima portata smaltibile è data dalla seguente relazione:

$$Q = V \cdot A$$

in cui:

Q = massima portata smaltibile (m^3/s)

V = velocità media della corrente (m/s)

A = area della sezione di deflusso (m^2)

In condizioni di moto uniforme, la velocità media della corrente può essere determinata mediante la seguente relazione:

$$V = \chi \cdot (R \cdot i)^{1/2}$$

dove:

- χ = coefficiente di attrito, ricavato con la formula di Gauckler-Strickler: $\chi = K_s \cdot R^{1/6}$
- K_s = indice di scabrezza di Gauckler-Strickler (figura 2)
- R = raggio idraulico, dato dal rapporto tra area della sezione di deflusso (A) e perimetro bagnato (P)
- i = pendenza dell'alveo nel tratto considerato

Tipologia del corso di acqua	Strickler $K_s = 1/n \text{ (m}^{1/3} \text{ s}^{-1}\text{)}$
Corsi d'acqua minori (Raggio idraulico $\cong 2$ m; larghezza in piena < 30 m)	
Corsi d'acqua di pianura	
- alvei con fondo compatto, senza irregolarità	45 - 40
- alvei regolari con vegetazione erbacea	30 - 35
- alvei con ciottoli e irregolarità modeste	25 - 30
- alvei fortemente irregolari	25 - 15
Torrenti montani	
- fondo alveo con prevalenza di ghiaia e ciottoli, pochi grossi massi	30 - 25
- alveo in roccia regolare	30 - 25
- fondo alveo con ciottoli e molti grossi massi	20 - 15
- alveo in roccia irregolare	20 - 15
Corsi d'acqua maggiori (Raggio idraulico $\cong 4$ m; larghezza in piena < 30 m)	
- sezioni con fondo limoso, scarpate regolari a debole copertura erbosa	45 - 40
- sezioni in depositi alluvionali, fondo sabbioso, scarpate regolari a copertura erbosa	35
- sezioni in depositi alluvionali, fondo regolare, scarpate irregolari con vegetazione arbustiva e arborea	25 - 30
- in depositi alluvionali, fondo irregolare, scarpate irregolari con forte presenza di vegetazione arbustiva e arborea	20 - 25
Aree golenali (Raggio idraulico $\cong 1$ m)	
- a pascolo, senza vegetazione arbustiva	40 - 20
- coltivate	50 - 20
- con vegetazione arbustiva spontanea	25 - 10
- con vegetazione arborea coltivata	30 - 20
Alveo artificiale in terra	
- materiale compatto, liscio	60
- sabbia compatta, con argilla o pietrisco	50
- sabbia e ghiaia, scarpata lastricata	50 - 45
- ghiaietto 10 - 30 mm	45
- ghiaia media 20 - 60 mm	40
- ghiaia grossa 50 - 150 mm	35
- limo in zolle	30
- grosse pietre	30 - 25
- sabbia, limo o ghiaia con forte rivestimento vegetale	25 - 20
Alveo artificiale in roccia	
- con lavorazione accurata	30 - 25
- con lavorazione media	25 - 20
- con lavorazione grossolana	20 - 15
Alveo artificiale in muratura	
- muratura in pietra da taglio	80 - 70
- muratura accurata in pietra da cava	70
- muratura normale in pietra da cava	60
- pietre grossolanamente squadrate	50
- scarpate lastricate, fondo in sabbia e ghiaia	50 - 45
Alveo artificiale in calcestruzzo	
- pavimentazione in cemento	100
- calcestruzzo con casseforme metalliche	100 - 90
- calcestruzzo con intonaco	95 - 90
- calcestruzzo liscio	90
- intonaco di cemento intatto	90 - 80
- calcestruzzo con casseforme in legno, senza intonaco	70 - 65
- calcestruzzo costipato, superficie liscia	65 - 60
- calcestruzzo vecchio, superficie pulita	60
- rivestimento in calcestruzzo ruvido	55
- superfici irregolari in calcestruzzo	50

FIGURA 2 – Valori dell'indice di scabrezza di Gauckler-Strickler

5.6.2 Risultati ottenuti

Con riferimento agli elaborati grafici di progetto, si è scelto di sottoporre a verifica idraulica la sezione n. 5, rappresentativa della tratta in cui verrà realizzata un'opera di difesa in sponda destra, con blocchi squadrati.

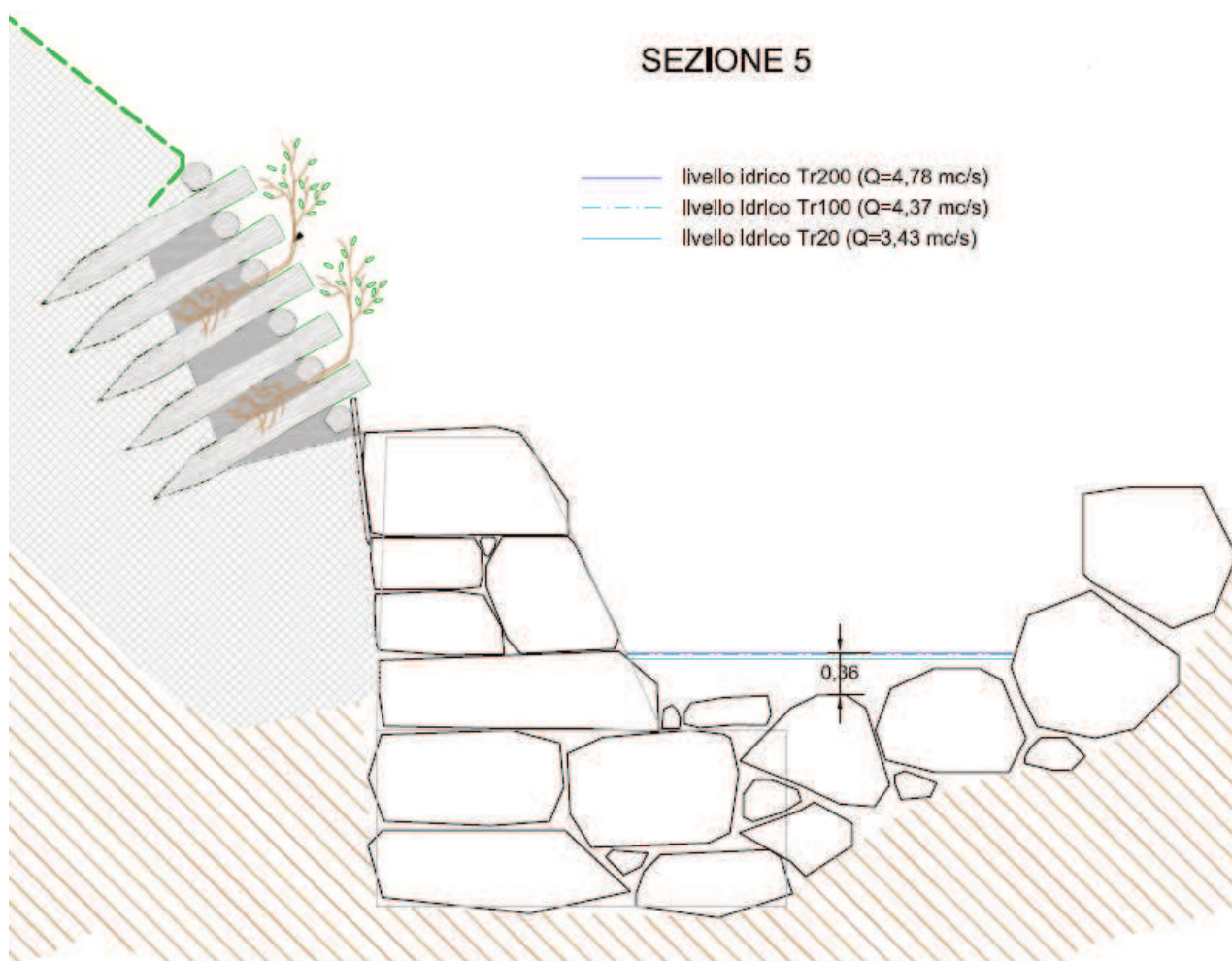
* Sezione 5

Pendenza alveo (i) = 0,30

Indice di scabrezza di Gauckler-Strickler (Ks) = $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (fondo alveo naturale)

I risultati ottenuti vengono riassunti nella seguente tabella (Q portate di piena di riferimento per il bacino 2 – a favore di sicurezza; P perimetro bagnato; A area di deflusso; R raggio idraulico; χ coefficiente di attrito; V velocità di flusso; h tirante idrico).

Tr (anni)	Q (m ³ /s)	P (m)	A (m ²)	R (m)	χ (-)	V (m/s)	h (m)
20	3,43	3,56	0,83	0,23	15,69	4,2	0,30
100	4,37	3,68	0,96	0,26	15,99	4,5	0,34
200	4,78	3,74	1,03	0,28	16,13	4,8	0,36



Le portate di piena di riferimento risultano, pertanto, smaltite con tiranti dell'ordine di 0,4 m e velocità medie di poco inferiori a 5,0 m/s.

Alla luce di ciò, si possono fare queste ulteriori valutazioni circa le dimensioni minime dei blocchi da utilizzare, in corrispondenza del fondo alveo ed alla base delle scogliere.

Partendo dalla relazione di Shields:

$$\frac{\tau_{cr}}{(\gamma_s - \gamma) \cdot d} = 0,06$$

che esprime la tensione di trascinamento critica (τ_{cr}) esercitata dall'acqua su una particella solida in funzione del peso specifico della frazione solida e dell'acqua, ed introducendo la formulazione di Gauckler-Strickler, si ottiene:

$$\tau_{cr} = K_s \cdot R^{1/6} \cdot \sqrt{0,06 \cdot (\gamma_s / \gamma - 1)} \cdot \sqrt{d}$$

Ponendo $K_s = 25 \div 35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ e $\gamma_s = 2.600 \text{ kg/m}^3$, si ottiene la seguente relazione:

$$v_{cr} = 7,7 \div 10,8 \cdot R^{1/6} \cdot \sqrt{d}$$

la quale, applicata al caso specifico ($v_{cr} = 5,0 \text{ m/s}$ e $R = 0,28 \text{ m}$), restituisce un valore di d (diametro minimo dei blocchi da utilizzare) pari a 0,65 m.

6. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

L'analisi geologica, morfologica ed idrologica svolta sui vari impluvi, con relativi bacini imbriferi, che alimentano il Rio della Valle, oltre ad aver evidenziato il grado di pericolosità presente lungo le linee di deflusso secondarie ed il corso d'acqua principale che, nelle condizioni attuali, risultano potenzialmente soggetti a fenomeni di trasporto solido con esondazioni e fenomeni di erosione spondale, ha permesso di formulare un Progetto di sistemazione, finalizzato all'esecuzione di interventi di regimazione idraulica e sistemazione idrogeologica, oltre che di manutenzione straordinaria, per il ripristino di adeguate condizioni di deflusso dei corsi d'acqua in questione, eliminando e/o minimizzando le condizioni di pericolosità e di rischio per i settori individuati e descritti con la presente analisi.

Si sottolinea che, anche in assenza di indicazioni specifiche, formulate di seguito, si auspica una regolare pulizia degli impluvi non demaniali, soprattutto nell'ambito delle proprietà private, che dovrebbero essere oggetto di manutenzione da parte dei frontisti, sia con operazioni di pulizia dalla vegetazione infestante, sia asportando i rifiuti scaricati lungo le sponde, sia con adeguamento delle sezioni di deflusso, eliminando i punti di criticità idraulica segnalati dalla presente indagine.

La formulazione degli interventi in progetto, ha seguito la suddivisione delle tratte di cui al cap. 3; ogni intervento di sistemazione, è stato individuato in base alle condizioni di criticità riscontrate in sito ed alle ricadute positive in termini di riduzione del rischio per gli abitati e le infrastrutture.

Rispetto a quanto presentato con il Progetto Preliminare (agosto 2013), sono state stralciate le Proposte di sistemazione delle situazioni meno critiche, in base alle disponibilità economiche a disposizione dell'A.C. (finanziamento dell'intervento VB213A/10, di cui all'Accordo di Programma del 17-11-2010 ed Atto Integrativo).

6.1 Sistemazione del Ramo orientale (Bacino "1A")

Gli interventi di sistemazione previsti per l'affluente orientale del Rio della Valle, da monte a valle, sono così suddivisi:

- 6.1.1. *nella tratta compresa tra le quote 455.0÷440.0 m s.l.m., l'alveo attraversa una fascia di versante invasa da vegetazione infestante (canne di bambù e palme) che ostacola il corretto deflusso delle portate del corso d'acqua. È previsto il taglio e l'asportazione della vegetazione infestante, per una fascia larga 3.0 m e lunga circa 70.0 m.*
- 6.1.2. *a quota 427.0 m s.l.m., all'altezza del campo da tennis, il corso d'acqua scorre tra 2 muri, con fondo alveo dapprima in cls, quindi naturale; l'incisione si sviluppa in sponda destra, scalzando parzialmente il cordolo del campo da tennis. Si prevede di risagomare l'alveo, creando un cunettone in cls o canale a corda molle, lungo circa 25.0 m, allontanando il deflusso dalla base del muro in destra idrografica, in maniera da arrestare il processo erosivo.*
- 6.1.3. *superato il campo da bocce (adiacente al campo da tennis), l'incisione del corso d'acqua curva verso Ovest, sviluppandosi in sinistra idrografica, alla base di un muro di recinzione in pietrame cementato, provocando lo scalzamento del cordolo in cls di fondazione, al piede del muro. Si prevede la sottomurazione*

del muro, per una tratta lunga circa 20.0 m, pavimentando l'alveo in lastre di pietra e provvedendo alla pulizia della vegetazione infestante.

- 6.1.4. all'altezza del muro in c.a. di contenimento del parcheggio del condomino in destra, l'alveo è mal definito, per la presenza di accumuli di detrito terroso e vegetale; l'incisione, torna ad essere definita solo pochi metri prima dell'imbocco della tratta canalizzata coperta sottostante C.so Dante Alighieri. Verranno rimossi gli accumuli di materiale detritico terroso e vegetale, risagomando l'alveo con fondo in pietrame e cls e predisponendo una serie di tre vasche di sedimentazione, con accesso dalla S.C. asfaltata, per le operazioni di svuotamento e pulizia ad intervalli annuali o biennali.

6.2 Sistemazione del Ramo occidentale (Bacino "1B")

Gli interventi di sistemazione previsti per l'affluente occidentale del Rio della Valle, sono così suddivisi:

- 6.2.1. a quota 480 m, il sentiero pedonale a valle di Caronnio, lungo cui defluiscono le acque meteoriche, è intersecato dalla S.C. Cargiagio-Caronnio; l'imbocco del sottopasso in pietra, è quasi interamente ostruito da accumuli di detrito terroso. Si dovrà rimuovere il detrito che ostruisce il sottopasso stradale, realizzando una vaschetta di decantazione all'imbocco dello stesso protetta da griglia carrabile.
- 6.2.2. a valle del rilevato della S.C., le acque meteoriche defluiscono lungo il sedime del sentiero pedonale, dando origine ad un solco di erosione, che lambisce il manufatto dell'acquedotto comunale. Si dovranno regimare le acque di ruscellamento, ripristinando il fondo della cunetta esistente per una lunghezza di circa 20.0 m, da raccordare alla cunetta esistente più a valle.

6.3 Sistemazione del Rio della Valle (Bacino "2")

Gli interventi di sistemazione previsti per il Rio della Valle, lungo la tratta compresa tra quota 421 m fino a quota 353 m s.l.m., da monte a valle, sono così suddivisi:

- 6.3.1. nella tratta tombinata, compresa tra quota 420 e quota 405 m s.l.m., sottostante via Dante A., ancorché verificata la sezione idraulica del tratto in questione, trattandosi di uno sviluppo pari a circa m 130.0, si ritiene opportuno realizzare tre chiusini di ispezione grigliati con relativo pozzetto in c.a., che, in caso di malaugurata ostruzione e/o parziali cedimenti di materiale all'interno, possano costituire sfogo per le acque di corrivazione oltre che essere utili nelle fasi manutentive.
- 6.3.2. nella tratta compresa tra quota 405 m (uscita della vecchia tombinatura in muratura), e quota 393 m s.l.m. (imbocco tubazione in cls Ø 100 cm), l'alveo è invaso dalla vegetazione infestante e da materiali di risulta. Si dovranno rimuovere i materiali sversati e provvedere al taglio ed asportazione della vegetazione infestante.
- 6.3.3. a partire da 390 m s.l.m., a valle del punto di uscita di una tubazione in cls (Ø 160 cm) con doppia soglia in pietrame cementato, si è impostato un fenomeno di forte erosione in sponda destra, che ha originato una frana regressiva, con pareti subverticali, alte fino a 5.0÷6.0 m, lungo un fronte ampio 55 m; in alveo si rinvenivano blocchi lapidei irregolari, che ostacolano ed alterano il deflusso.

Per la sistemazione di questo dissesto, verranno realizzati i seguenti interventi:

- ✓ rimozione dei blocchi lapidei presenti in alveo e risagomatura della sede originale dell'alveo che risulta spostato in destra di circa 3÷4 m;
 - ✓ formazione di un'opera di difesa spondale (scogliera) in sponda destra, alta circa 2 m e lunga 55 m, da realizzare in parte con gli stessi blocchi lapidei ricavati dalle operazioni di disalveo ed in parte con blocchi da cava;
 - ✓ riprofilatura del pendio a tergo della nuova scogliera, sia mediante ritombamento del materiale, sia mediante sbancamenti della parete in erosione e predisposizione di una palificata a parete semplice, di altezza pari a 2.50÷4.00 m, da impostare alla sommità della scogliera;
 - ✓ pulizia della vegetazione infestante alla sommità della nicchia di frana, prevedendo lo scoronamento del ciglio ed il rivestimento con geostuoia.
- 6.3.4. alla quota di circa 368 m s.l.m., è presente una nicchia di erosione regressiva, lunga circa 12.0 m e con pareti alte fino a 5.0 m; in alveo si rinvenivano blocchi lapidei irregolari. Verranno effettuate la pulizia dagli infestanti, nonché il riordino dei blocchi lapidei presenti in alveo, ritombandoli a lato, in maniera da creare una difesa spondale al piede della nicchia in erosione, prevedendo la riprofilatura del ciglio.

6.4 Sistemazione del Rio della Valle (Bacino "3")

Gli interventi di sistemazione previsti per il Rio della Valle, lungo la tratta a valle di quota 353 m s.l.m., sono così suddivisi:

- 6.4.1. a monte del Lavatoio di Carpiano (340.0 m s.l.m.), si dovrà provvedere al taglio ed asportazione della vegetazione infestante, nonché il ripristino della soglia di fondo al termine del tratto pavimentato. Più in basso, a fianco del lavatoio, si provvederà a riprofilare il sedime naturale.
- 6.4.2. a partire da quota 333 m s.l.m., dopo una curva di 90° verso Sud, si rinviene una fitta vegetazione infestante (palme) che ha colonizzato internamente le sponde e talvolta anche l'alveo, per una tratta lunga 50 m, con muri spondali dati da pietrame disposto ad accoltellato, localmente ammalorati in sponda destra. Verranno effettuati il taglio e l'asportazione della vegetazione infestante, realizzando la manutenzione delle tratte di muri danneggiate.

7. SCAVI E MOVIMENTI TERRA ED INDICAZIONI PER LA FASE ESECUTIVA

7.1 Scavi e movimenti terra

Per la realizzazione delle varie opere di sistemazione idrogeologica, sarà necessario effettuare scavi di sbancamento che interesseranno quasi esclusivamente i materiali di copertura, costituiti sia da depositi di origine glaciale, che da materiali di natura detritico-colluviale, in quanto il sottostante substrato roccioso, localmente presente, non dovrebbe essere interessato dalle operazioni di scavo, se non in misura estremamente limitata; la stragrande maggioranza dei movimenti terra previsti nell'ambito dei materiali di copertura, interesserà i depositi di origine glaciale.

In base ai calcoli dei volumi di scavi e riporti, indicati nel Computo Metrico, le operazioni di sistemazione e regimazione idraulica del corso d'acqua, comprendenti il disalveo del detrito ghiaioso, oltre all'asportazione dei blocchi presenti in alveo ed alla riprofilatura delle scarpate in erosione, nei settori indicati nella Planimetria degli Interventi in progetto, assommerà ad un volume complessivo di scavi più riporti, stimato nell'ordine di 1962.55 m^3 , così suddivisi:

- Ramo orientale del Rio della Valle: 85.0 m^3 di scavo;
- Rio della Valle – Bacino 2: 951.27 m^3 di scavo;
 926.28 m^3 di riporto;

Le operazioni di disalveo e tutte quelle inerenti i movimenti terra lungo gli alvei, verranno effettuate mediante macchina escavatrice tipo “Ragno”: in particolare, per quanto riguarda i riporti, i blocchi lapidei rinvenuti lungo il Rio della Valle, verranno ricollocati lungo le sponde a lato dello stesso, a formazione di tratte di “scogliere alla rinfusa” (202.58 m^3), mentre i materiali movimentati dalle operazioni di scavo, sia in alveo che lungo le sponde, coinvolgenti i depositi ghiaioso-ciottolosi, sabbioso-ghiaiosi e sabbioso-limosi naturali, verranno utilizzati per il ritombamento a tergo delle scogliere ed il riempimento delle previste palificate di sostegno (723.70 m^3), descritte di seguito.

Le parti di materiali di scavo, eccedenti i riporti, verranno in parte trasportate a discarica (gli 85.0 m^3 previsti lungo il ramo orientale del Rio della Valle) ed in parte ricollocate e ritombate lungo le sponde, esternamente all'alveo ordinario (i 25.0 m^3 di disavanzo lungo il bacino 2 del Rio della Valle) nei settori subpianeggianti limitrofi alle sponde, per riquotature complessivamente modeste, mai superiori a 0.50 m .

Tutto il materiale prodotto durante i lavori che, per le sue caratteristiche, è classificabile come rifiuto, verrà invece evacuato dal cantiere e sarà trasportato e smaltito presso discariche autorizzate, nel rispetto del D.Lgs. n. 152/2006.

Il settore di versante in esame, lungo cui si sviluppano le tratte d'alveo oggetto degli interventi di sistemazione, ricade in buona parte all'interno di aree sottoposte a Vincolo Idrogeologico, ai sensi della L.R. 9/8/1989 n. 45, sebbene la maggior parte dei movimenti terra e degli interventi di riassetto previsti, riguardino aree escluse dal vincolo; in particolare, si possono fare le seguenti considerazioni:

- Ramo orientale del Rio della Valle:
 - è sottoposta a vincolo idrogeologico l'intera tratta montana del corso d'acqua, sino all'incirca alla quota di 430.0 m s.l.m. ; in questa tratta, sono previste solo operazioni di pulizia della vegetazione infestante (vedi paragrafo 6.1.1), senza alcuno scavo;

- non è sottoposta a vincolo, la tratta latitante il campo da tennis, laddove sono previsti modesti movimenti terra, per la risagomatura con artificializzazione dell'alveo (6.1.2, 6.1.3, 6.1.4), stimati in 85.0 m³.
- Ramo occidentale del Rio della Valle:
 - gli interventi previsti lungo questa linea di deflusso (6.2.1, 6.2.2, 6.2.3), che prevedono limitati movimenti terra, per la rimozione di un modesto accumulo detritico e la formazione di una cunetta e di un pozzetto frangitratta, ricadono al margine delle aree escluse dal vincolo idrogeologico;
- Rio della Valle (bacino 2):
 - l'intera tratta del corso d'acqua in esame, ricade nelle aree non sottoposte a vincolo idrogeologico; in questo settore, sono previsti gli interventi con i movimenti terra più significativi (6.3.2, 6.3.3, 6.3.4), quali la rettifica dell'alveo, la riprofilatura degli intagli in erosione e la costruzione di opere di difesa;
- Rio della Valle (bacino 3, sino alla chiesa di Carpiano):
 - è sottoposta a vincolo idrogeologico la tratta del corso d'acqua nell'intorno del lavatoio, sino alla chiesa di Carpiano; in questa tratta, sono previste sia semplici operazioni di pulizia della vegetazione infestante (6.4.2), senza alcuno scavo, sia modeste operazioni di riprofilatura del sedime naturale del corso d'acqua (6.4.1 – lavatoio), che si limiteranno a movimentare pochi metri cubi di materiale, non indicati nel Computo.

Si sottolinea che, tutti i previsti movimenti terra, essendo costituiti da disalveo e riprofilatura del sedime del corso d'acqua, sono esclusi dal campo di applicazione del D.P.R. 13-06-2017 n. 120 *“Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164”*, ai sensi dell'art. 3 dello stesso D.P.R. e quindi possono essere ritombati a tergo delle opere spondali.

7.2 Indicazioni per la fase esecutiva

Per la messa in opera delle previste scogliere in massi di cava, si dovrà dapprima procedere alla preparazione del piano di fondazione ed alla successiva compattazione del terreno sottostante, con la benna dell'escavatore; si potrà quindi procedere alla posa in opera dei blocchi lapidei, sagomando la struttura come da progetto, con paramento in elevazione esterno inclinato, intasandola con scaglie lapidee di minore pezzatura, rinvenibili in sito.

Sul lato interno della scogliera, i blocchi lapidei dovranno essere cementati tra loro, avendo cura di lasciare liberi da cls taluni giunti orizzontali o, in ogni caso, garantendo un congruo numero di fori passanti, in maniera da assicurare il corretto drenaggio delle acque d'infiltrazione.

L'intercapedine, venutasi a formare a tergo delle scogliere, verrà quindi ritombata con materiali di riporto, ricavati dalle precedenti operazioni di disalveo e dagli scavi di sbancamento per la formazione del piano di posa delle scogliere, avendo cura di utilizzare ciottoli e pietrisco per lo strato a contatto con la scogliera stessa, per facilitare ulteriormente il drenaggio delle acque d'infiltrazione.

Per quanto riguarda, invece, la formazione delle soglie di fondo, nonché la riprofilatura e la pavimentazione dell'alveo con massi di cava, lungo tutte le tratte individuate dagli elaborati progettuali, si dovrà procedere in maniera

analoga a quanto prima illustrato per le scogliere, mediante scavi di sbancamento e preparazione del piano di fondazione, successiva compattazione del terreno sottostante con la benna dell'escavatore e posa in opera dei blocchi lapidei, intasati di cls nei giunti.

La palificata di sostegno a parete semplice, prevista in corrispondenza dell'intervento n. 6.3.3., in corrispondenza dell'attuale scarpata subverticale in erosione regressiva, presente a valle di quota 390 m s.l.m., verrà impostata alla sommità della prevista scogliera di difesa sponale e fungerà da elemento di contenimento e stabilizzazione del pendio riprofilato in destra idrografica.

Tale opera, sarà formata da una struttura di altezza pari a 2.50÷4.00 m, con paramento esterno inclinato a 60°, costituita da una "intelaiatura" in legname, formata da pali scortecciati di legno idoneo e durabile (es. larice, castagno o quercia) aventi diametro Ø 20÷25 cm, posti in opera in strati alternati ortogonalmente.

L'interno della struttura di legname verrà riempito con il materiale grossolano derivante dagli scavi, che ne garantirà il drenaggio, frammisto a terra per garantire l'attecchimento delle talee che saranno inserite progressivamente nella struttura, venendo posate orizzontalmente in maniera contigua, appartenenti a specie arbustive dotate di elevata capacità vegetativa.

A monte della palificata, il pendio verrà riprofilato con materiale di riporto, raccordandosi al sovrastante pianoro morfologico, mediante una breve scarpata a cui verranno conferite pendenze variabili, nell'ordine di 25°÷35°

Per quanto riguarda, invece, le operazioni di taglio della vegetazione infestante, lungo tutte le tratte individuate dagli elaborati progettuali, che agevoleranno il deflusso delle portate del corso d'acqua, diminuendo la possibilità che vengano a formarsi sbarramenti temporanei, queste coinvolgeranno sia la vegetazione erbacea ed arbustiva, sia talune piante infestanti (palme e canne di bambù); tutto il materiale vegetale, compresi i tronchi tagliati e sezionati e le ceppaie sradicate, verrà allontanato dall'alveo e sistemato a tergo della sponda e/o allontanato dall'area di cantiere.

8. OCCUPAZIONI DI AREE PRIVATE PER LA REALIZZAZIONE DELLE OPERE PREVISTE

Per la realizzazione delle opere previste, sono necessarie le seguenti occupazioni così distinte nell'allegato particellare di esproprio:

- Occupazioni di carattere definitivo per la realizzazione delle opere, con una superficie calcolata pari a mq. 306,19, che moltiplicate per un prezzo unitario di occupazione pari ad €.15,00, ne consegue da un importo pari ad €. 4.592,85;
- Occupazioni di carattere provvisorio per la pista di accesso al cantiere, con una superficie calcolata è pari a mq. 137,13, che moltiplicata per un prezzo unitario di occupazione pari ad €.5,00, ne consegue un importo pari ad €. 685,65;

Si fa notare che per l'intervento, le opere di ultimazione tenderanno a riportare l'alveo nel sedime originale, ricostituendo la sponda destra attualmente fortemente erosa.

9. QUADRO ECONOMICO DI INTERVENTO

<i>PER LAVORI</i>		
IMPIANTO CANTIERE	€ 5.900,00	
SISTEMAZIONE DEL RAMO ORIENTALE (BACINO 1A)	€ 2.641,98	
SISTEMAZIONE DEL RAMO OCCIDENTALE (BACINO 1B)	€ 21.951,55	
SISTEMAZIONE DEL RIO DELLA VALLE (BACINO 2)	€ 5.370,00	
SISTEMAZIONE DEL RIO DELLA VALLE (BACINO 3)	€ 150.476,47	
INTERVENTI VARI	€ 2.510,00	-
IMPORTO TOTALE DEI LAVORI A BASE D'ASTA	€ 188.850,00	
ONERI PER LA SICUREZZA	€ 8.450,00	
IMPORTO COMPLESSIVO LAVORI	€ 197.300,00	€ 197.300,00
SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE		
I.V.A. 22% SUI LAVORI	€ 43.406,00	
<i>SPESE TECNICHE</i>		
INGEGNERE (Prog. Esec., D.L., piano e coord. Sicurezza)	€ 12.000,00	
GEOLOGO	€ 3.300,00	
CONTRIBUTO SOGGETTIVO 4%	€ 612,00	
I.V.A. 22% SU SPESE TECNICHE E CONTRIBUTO	€ 3.500,64	
INCENTIVO R.U.P.	€ 2.229,49	
OCCUPAZIONI DEFINITIVE E PROVVISORIE	€ 5.278,50	
PER FRAZIONAMENTI CATASTALI	€ 5.000,00	
IMPREVISTI ED ARROTONDAMENTI	€ 1.873,37	-
TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE	€ 77.200,00	€ 77.200,00
IMPORTO COMPLESSIVO DI PROGETTO		€ 274.500,00

Ghiffa, novembre 2017

Dott. Ing. Stefano Pagani

Dott. Geol. Francesco D'Elia