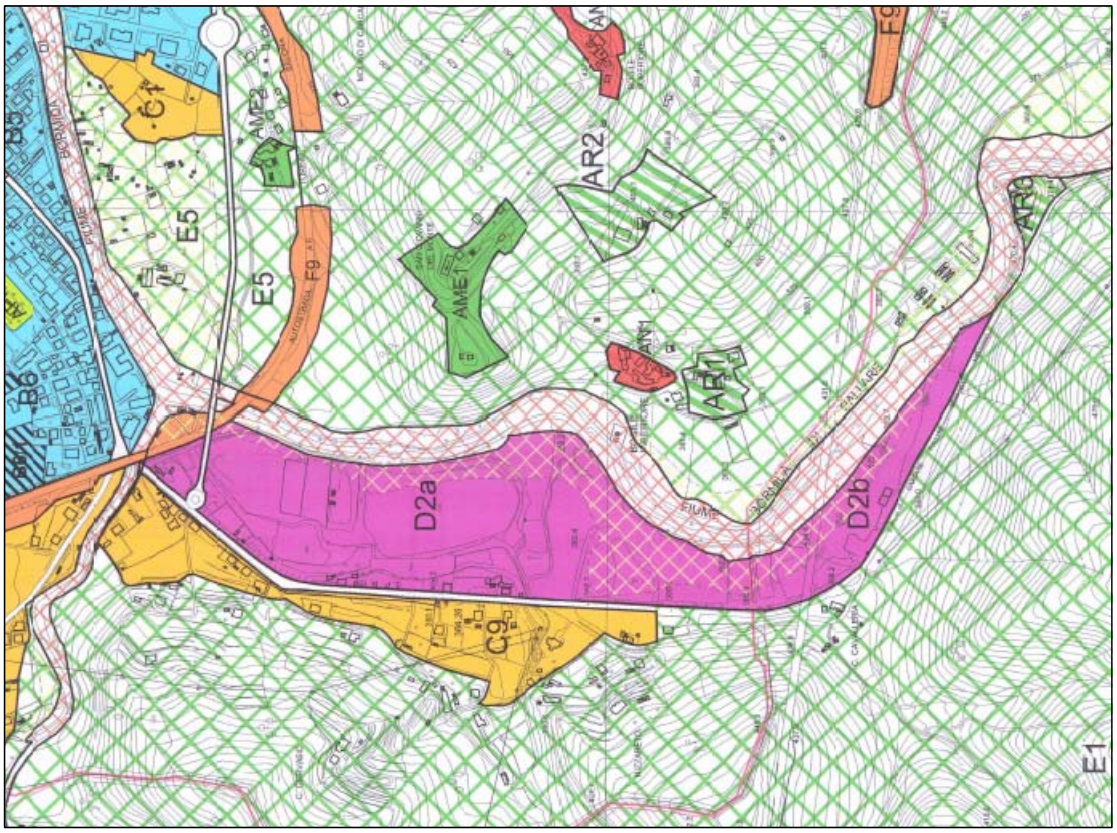


rev.	data	descrizione	dis.
5			
4			
3			
2			
1	08/04/2010	EMISSIONE PRATICA IDRAULICA	

COMUNE di CARCARE

SOTTOZONA D2a DI P.R.G.
AREA INDUSTRIALE IN LOC. PALETA
UTILIZZO AI FINI PRODUTTIVI

RELAZIONE VERIFICA IDRAULICA
FIUME BORMIDA DI PALLARE E RIO BIESTRO

tav.

committenti

E.M.I. S.n.c. e Bagnasco Edoardo S.r.l.

scala

studio tecnico
fenoglio & persico
ingegneri
via garibaldi 127 - carcare -sv

INTRODUZIONE

La Ditta EMI dei Geom. Bagnasco Giampaolo e Alfio Snc, è proprietaria dal 2008, di un'area ubicata nel Comune di Carcare (SV), in località Paleta, che intende sviluppare per l'insediamento di attività produttive.

Tale area è ubicata nel Comune di Carcare, tra il fiume Bormida di Pallare e la Strada Provinciale n.15 Carcare-Pallare-Bormida-Melogno e le aree di proprietà sono evidenziate nella planimetria allegata (al Fg. n.6, mappali 250, 357, 374, 373, 149, 150, 179, 147, 740, 741, 742, 743, 748, 55, 606, 251, 153, 154, 331, 151, 152, 478, 479, 480, 732, 472, 473, 474, 732, 425, 721, 727, 249).

L'attuale stato di fatto dell'area, con la sua esatta perimetrazione è riportata sulla tav. I01 di rilievo.

L'area è ubicata in una zona a morfologia pianeggiante lungo la sponda sinistra del fiume Bormida di Pallare, ha una superficie complessiva di circa 103.000 mq.

Sotto il profilo urbanistico, la Paleta rientra nella zona D2 di P.R.G. di Carcare, sottozona D2a a destinazione produttiva con i seguenti parametri (art. 23.2 delle norme di attuazione del P.R.G.):

- indice territoriale: 0,40 mq/mq;
- indice fondiario: 0,60 mq/mq;
- rapporto di copertura 40% della superficie di sottozona;
- dist. fabbricati: secondo indicazioni di S.A.U. (schema di assetto urbanistico)
- dist. confini: mt. 5,00 o aderenza;
- dist. dalle strade: mt. 15 dalla strada provinciale, mt. 10,00 dall'asse principale di servizio zonale;
- altezza massima: mt.11,50, escluse le strutture tecnologiche;
- distanza dal fiume Bormida di Pallare: 40 mt dal limite della proprietà demaniale.

Cronistoria

In data 01/07/2008, presso la Provincia di Savona, è stato sottoscritto, ai sensi dell'art. 11 della legge 07/08/1990 n.41, il "Protocollo d'intesa dell'Area Paleta" fra la Provincia di Savona, il Comune di Carcare, I.P.S. (Insediamenti Produttivi Savonesi) e la proprietà EMI Snc e Bagnasco Edoardo Srl, per convenire e regolamentare le attività ed i procedimenti finalizzati a conseguire una più ampia riqualificazione territoriale e insediativa dell'area Paleta.

Da tale protocollo, emerge (fra l'altro), da parte degli Enti, l'impegno a:

- Provincia di Savona: supportare la formulazione dell'analisi dei rischi ambientale e idraulico, in collaborazione con il Comune di Carcare, per superare e risolvere eventuali criticità, tramite il supporto tecnico-amministrativo degli uffici Provinciali Ambiente, Assetto Idrogeologico e Concertativi;

- Comune di Carcare: collaborare per la realizzazione di un progetto di infrastrutturazione dell'area, in accordo con i privati proprietari, nonché delle analisi già effettuate, la cui realizzazione dovrà avvenire attraverso risorse di competenza di soggetti privati;

- I.P.S. : fornire gratuitamente, alla Provincia al Comune e ai privati, gli esisti di tutte le analisi e le valutazioni in suo possesso, relative alle caratteristiche ambientali dell'area, nonché alle relative

ipotesi insediative e di infrastrutturazione e a promuovere, in favore dei soggetti privati, attività di promozione e marketing.

Per l'Area D2a il Comune di Carcare ha approvato lo SAU di iniziativa privata, in Consiglio Comunale di Carcare nel 2009, con Delibera di Consiglio Comunale n.28 del 26/03/2009.

In data 04/12/2009, il Comune di Carcare ha approvato il documento di analisi del rischio e messa in sicurezza permanente dell'area, ex art. 242 D.Lgs 152/06, con Determinazione n. 1199/122.

Lo S.A.U. approvato prevede sostanzialmente una riqualificazione generale dell'area Paleta con l'obiettivo finalizzato alla possibilità di cogliere nuove opportunità di sviluppo dell'economia Valbormidese e Savonese in linea con gli obiettivi del PTC-ACL Savonese-Bormide.

Nell'ambito di tale riqualificazione si rendono necessari, per quanto di competenza della Provincia di Savona – Settore Difesa del Suolo, i seguenti interventi relativi al rio Biestro, ad oggi fortemente penalizzato in termini di capacità di deflusso della portata di piena, e precisamente:

- la ricalibratura e l'adeguamento idraulico dell'alveo al fine di smaltire la massima portata di deflusso ammessa dalle condizioni orografiche dell'alveo stesso, compreso l'adeguamento del condotto sotto il primo lotto della variante alla S.P. n.15, da eseguire tramite la sostituzione dell'esistente tubazione in cemento, con un condotto scatolare in cls armato adeguato sia per sezione idraulica che per franco di sicurezza;

- la costruzione, ai fini della sicurezza, della salvaguardia della pubblica e privata incolumità e per garantire la tutela igienico-sanitaria pubblica, di un condotto scolmatore attraversante l'area di proprietà, confluente nel fiume Bormida di Pallare, atto a garantire, in occasione di eventi meteorici consistenti, il corretto deflusso delle acque di piena provenienti dal tratto a monte del rio Biestro.

Sono inoltre da eseguire opere di adeguamento e ricalibratura dell'alveo del Fiume Bormida di Pallare finalizzate alla eliminazione del rischio di esondazioni per portate due centennali così come rilevato sulla carta di zonizzazione e suscettività del territorio" adottata dal Comune di Carcare, a seguito dell'approvazione della Variante parziale 2004 al P.R.G., in adeguamento alle prescrizioni regionali D.G.R. n.12/12 del 10/11/2006.

Per tali opere è già stato preso contatto con l'AIPO per la richiesta delle autorizzazioni di competenza.

La modellazione idraulica (Tr=200 anni) effettuata con codice di calcolo HEC-RAS è stata eseguita considerando lo schema complessivo determinato dal fiume Bormida di Pallare, dal rio Biestro e dal condotto scolmatore.

PREMESSA

La presente relazione prende in considerazione le verifiche idrauliche relative al tratto di Fiume Bormida di Pallare situato in Loc. Paleta, in Comune di Carcare, e al reticolo idrografico minore che lo interessa, con particolare attenzione al Rio Biestro e relativo condotto scolmatore, affluente in sponda sinistra.

La finalità di tale studio è verificare la compatibilità idraulica del regime di piena del corso d'acqua principale (Fiume Bormida di Palllare) e del reticolo idrografico minore (Rio Biestro) con il nuovo insediamento per attività produttive, previsto dallo Schema di Assetto Urbanistico (SAU) di iniziativa privata nella zona D2 di P.R.G. – variante parziale 2004, sottozona D2a, in Loc. Paleta – Comune di Carcare.

A tal scopo, sulla base di un rilievo topografico di dettaglio dell'asta fluviale del Fiume Bormida per un tratto di circa 1700 mt e delle aree limitrofe nell'intorno del rio Biestro, si sono individuati gli interventi di sistemazione idraulica del Fiume Bormida e di riordino del reticolo idrografico minore (Rio Biestro), nell'area interessata dal SAU, necessari per eliminare il rischio idraulico a fronte dell'eventuale esondabilità a cui una parte dell'area è soggetta.

I valori di portata duecentennale, in base ai quali sono state eseguite le verifiche delle sezioni critiche di deflusso, risultano conformi ai contenuti dello "Studio delle fasce fluviali dei sottobacini dei fiumi Bormida di Spigno e Bormida di Millesimo", redatto dalla Provincia di Savona.

Trattandosi di versante Padano, i calcoli sono stati eseguiti secondo le direttive dell'Autorità di Bacino del fiume Po.

Le verifiche idrauliche sono eseguite in regime di moto permanente, con uso di codice di calcolo HEC-RAS 3.1.3, rilasciato su licenza della H.S Srl di Lucca.

DESCRIZIONE DELL'AREA

Come citato, l'area oggetto dello studio è ubicata lungo la sponda sinistra del Fiume Bormida di Pallare, da monte del lotto 1 della S.P. n. 15, fino al limite di zonizzazione dell'area D2a indicato in progetto.

L'area è rappresentata da un'ampia zona sub pianeggiante delimitata dal rio Biestro – strada Provinciale ad ovest, dal fiume Bormida ad est, dal lotto 1 – viadotto autostrada TO-SV a nord e da altre aree di proprietà a sud (confine fra l'area D2a e D2B di P.R.G.).

Si sviluppa lungo la direttrice nord-sud per circa 800 mt, con larghezza media lungo la direttrice est-ovest di circa 150-160 mt.

Le quote di piano campagna dell'area sono superiori di circa 5-6 mt rispetto al piano dell'alveo del fiume Bormida, mentre la zona prospiciente all'area stessa, in sponda sinistra, è in generale altimetricamente più depressa.

L'alveo del fiume Bormida si presenta arcuato in corrispondenza della parte centrale dell'area, secondo la direttrice ovest-est, e le sezioni sono pressoché di forma trapezia con larghezze di fondo variabili intorno ai 12-20 mt, altezza delle sponde naturali circa 3-5 mt e pendenza media longitudinale di circa 0,7-1%.

Le estremità di valle e di monte dell'alveo del fiume Bormida sono identificabili rispettivamente dai viadotti della S.P. n.15 (primo lotto) – Autostrada To-SV e dal nuovo viadotto del tratto ascendente (verso Torino) dell'Autostrada TO-SV.

Il reticolo idrografico di superficie è caratterizzato dalla presenza di due corsi d'acqua, il citato rio Biestro (non iscritto nell'elenco delle pubbliche acque), interessato dall'intervento, in percorrenza sul fronte a ovest dell'area e parallelo alla strada provinciale S.P. n.15 per Pallare e, dal rio Cavallera (n. 322 elenco pubbliche acque della Provincia di Savona), posto più a monte (direzione sud) del rio Biestro e non interessato dagli interventi.

Il rio Biestro arriva da ovest, sottopassa con un ponticello la strada provinciale S.P. 15 e con una deviazione di circa 90 gradi si pone, come citato, pressoché in direzione parallela all'area e alla strada, prosegue verso valle (direzione Nord), sottopassa la strada provinciale S.P. n. 15 con un condotto a sezione circolare di cemento di circa 60-80 cm di diametro (causa di frequenti ristagni di acqua) e si immette nel fiume Bormida, sottopassando, fra le pile multiple, il viadotto autostradale.

E' da rilevare che i citati ristagni d'acqua sono causa di criticità sotto l'aspetto dell'igiene pubblica, soprattutto accentuate, nella stagione estiva, a causa dello sviluppo di cattivi odori.

Il rio Cavallera attraversa anch'esso, più a monte, la strada provinciale S.P. 15, con un ponticello di sezione 4x5 mt circa con volta a botte, e si immette nel fiume Bormida di Pallare seguendo un percorso pressoché perpendicolare alla citata strada provinciale, al di fuori del sedime catastale riscontrabile sulla cartografia.

Non vi sono più tracce all'interno dell'area del vecchio sedime catastale, che comunque sarà considerato come tale.

INQUADRAMENTO NORMATIVO

La normativa idraulica di riferimento per il versante padano è costituita dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) e dalla L.R. n.9 e s.m.i.

L'area destinata agli interventi produttivi non è inserita fra quelle a rischio di inondazione nella cartografia del PAI, Foglio 228 – Sez. I – Cairo M.tte.

Mentre, ai sensi dello Studio delle fasce fluvali dei sottobacini del fiume Bormida di Spigno e del fiume Bormida di Millesimo, redatto dalla Provincia di Savona e adottato dal Comune di Carcare a seguito della variante parziale al P.R.G. 2004, l'area è parzialmente inserita in classe 4, sottoclasse 4eb, soggetta a fenomeni di esondazione per un tempo di ritorno duecentennale.

INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA

Come citato, gli interventi di sistemazione idraulica previsti nel progetto di sviluppo dell'insediamento produttivo e di realizzazione delle opere pubbliche già pianificate nello S.A.U. approvato, sono volti oltre che alla riqualificazione dell'area, al miglioramento complessivo delle condizioni di deflusso del fiume Bormida di Pallare e del rio Biestro.

Sono di seguito descritti, separatamente, gli interventi da eseguire sul rio Biestro, con il relativo condotto scolmatore, per i quali si richiede l'autorizzazione e, a seguire, per completezza, quelli sul Fiume Bormida di competenza dell'AIPO.

Rio Biestro

Il rio Biestro, a partire dalla sezione di valle del ponticello esistente sotto la strada provinciale S.P. 15 per Pallare, fino alla confluenza con il fiume Bormida, sarà oggetto dei seguenti interventi di sistemazione idraulica:

- tratto di monte (sez.18-13) con sistemazione delle sponde con gabbioni per circa mt. 75;

- tratto di valle (sez.12-04), fino alla strada provinciale n.15 – primo lotto, per circa mt. 390, con la riqualificazione, regolarizzazione e ricostituzione dell'attuale alveo con sezioni trapezie, sufficientemente allargate e dimensionate, tramite la realizzazione di una scogliera in sponda destra di altezza pari a circa 2,00 mt e di una scarpata fino alla quota del piazzale degli insediamenti produttivi, al fine di permettere, in funzione della pendenza (peraltro modesta sin dall'origine), l'ottimizzazione della capacità di deflusso massima raggiungibile;

- sostituzione dell'attuale tubazione in cls (diam. circa 80 cm) presente sotto la strada provinciale n.15 – primo lotto, con un condotto scatolare a sezione rettangolare, ispezionabile ed accessibile per eventuali manutenzioni dell'alveo, di dimensioni di circa mt. 3.00x4.00 , con il rispetto dei franchi di sicurezza previsti dalle norme;

- ricalibratura dell'alveo fino allo scarico nel fiume Bormida di Pallare, a valle del ponte della strada provinciale n.15 – primo lotto, e sottopassando il viadotto discendente dell'autostrada TO-SV;

- per garantire la sicurezza e la salvaguardia della pubblica e privata incolumità, nonché la tutela igienico-sanitaria pubblica (fronte di eventuali inneschi di ristagni d'acqua a monte della

strada provinciale per eventi consistenti di pioggia), è prevista la costruzione di un condotto scolmatore, regolato da uno stramazzo, come indicato in progetto.

Tale condotto (sezione variabile da mt. 3.00x3.50 a mt. 3.00x4.50) , come evidenziato in planimetria, inizierà a valle del tratto in gabbioni, attraverserà l'area privata e si immetterà nel fiume Bormida di Pallare (sez.15), secondo i livelli idraulici compatibili con la verifica idraulica hec-ras (junction – equazione dell'energia).

Alla sezione di imbocco dello scatolare sarà realizzata una vasca di sedimentazione di dimensioni in pianta circa mt. 4.00x4.00 ed altezza di circa mt. 1.20, atta a raccogliere gli eventuali detriti provenienti dal tratto a monte del rio Biestro.

Tale vasca sarà provvista di uno stramazzo di altezza pari a circa 60 cm all'imbocco del condotto scolmatore al fine di regolarne la portata in ingresso.

L'altezza di tale stramazzo è stata progettata in funzione dell'altezza del pelo dell'acqua calcolata per la portata di 4.05 mc/s, ossia per la portata che l'attuale alveo del rio Bietro a sezioni trapezie è in grado di fare defluire.

In questo modo quando, a seguito di consistenti eventi di pioggia, la portata che defluisce lungo l'alveo del rio Biestro, supera la soglia dei 4.05 mc/s, viene innescato il deflusso lungo il condotto scolmatore in modo tale da garantire la sicurezza e la pubblica e privata incolumità, nonché la tutela igienico-sanitaria pubblica.

Con tale soluzione si potranno raggiungere i seguenti obiettivi:

- riqualificazione del rio Biestro avendo restituito allo stesso le proprie funzioni;
- eliminazione del rischio di ristagni con criticità per l'igiene pubblica;
- eliminazione del rischio da allagamenti tramite lo scolmatore di piena.

Le opere saranno eseguite, nel rispetto delle norme di legge vigenti, delle prescrizioni dettate dalla Provincia di Savona – Settore difesa del Suolo, senza mai ostruire il libero deflusso delle acque.

Fiume Bormida di Pallare

La sistemazione del fiume Bormida di Pallare interessa un tratto di sviluppo pari a circa mt. 770 nel tratto compreso fra il ponte della S.P. n.15 – Primo lotto (a nord) e la sezione n. 29 (a sud).

La sistemazione, basata sulle verifiche idrauliche, come nel seguito descritte, prevede la regolarizzazione delle sezioni di deflusso con una sezione di forma trapezia, con larghezza alla base di circa mt. 20-25, con pendenza del fondo pressoché pari a quella attuale, e con scogliera in sponda sinistra opportunamente dimensionata.

A lato della sommità della scogliera è prevista la costruzione di una passeggiata pubblica con verde e pista ciclabile, come previsto fra gli obiettivi del progetto integrato PI4 per la costruzione della "Città delle Bormide".

La regolarizzazione dell'alveo avverrà tutta dalla parte di proprietà, in sponda sinistra, senza coinvolgere i proprietari in sponda destra.

Il piazzale dell'area destinata agli insediamenti produttivi sarà pressoché tutto allo stesso livello per consentire la possibilità di realizzare gli edifici con la migliore elasticità di scelta della superfici coperte in funzione delle richieste di mercato.

La sistemazione è stata progettata allo scopo di migliorare le attuali condizioni di deflusso e per eliminare il rischio di esondazione con portate calcolate per un tempo di ritorno di 200 anni.

I nuovi allineamenti dell'argine in sponda sinistra sono stati individuati nel rispetto dell'attuale morfologia del fiume e delle sponde stesse, senza creare alcun restringimento dell'alveo attuale che attualmente ha una larghezza al fondo variabile con un massimo di circa 25 mt corrispondente pressoché alla larghezza individuata in progetto come quella ottimale.

E' da rilevare che il principio su cui è stata basata la scelta delle sezioni trapezoidali di progetto si basa sul criterio di mantenere, per tutto il tratto interessato, un profilo della corrente di deflusso (Tr=200 anni) di progetto sempre non superiore a quello ottenuto con la verifica di stato attuale.

Le opere saranno eseguite, nel rispetto delle norme di legge vigenti, delle prescrizioni dettate dall'AIPO, senza mai ostruire il libero deflusso delle acque.

PORTATE DI DEFLUSSO (Tr. 200 anni)

Le portate di deflusso duecentennali da introdurre nel codice di calcolo, vengono calcolate seguendo le Norme di Attuazione del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) all'interno della "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica".

Rii minori

Rio Cavallera

Ampiezza del bacino imbrifero del rio Cavallera

Il Rio Cavallera nasce a circa 1,75 km dalla zona dell'intervento e sottende un modesto bacino imbrifero pari a circa 1,40 Kmq, come evidenziato in allegato A.

La portata Q si determina utilizzando il "metodo razionale" con l'impiego della seguente espressione:

$Qc = 0{,}28 \cdot c \cdot i \cdot A$

dove:
- **Q** = Portata al colmo (mc/sec)
- **C** = Coefficiente di deflusso (0,80)
- **A** = superficie del bacino fra la sorgente e la sezione in esame (Kmq)
- **i** = hc/tc = intensità di pioggia critica

hc = altezza critica. (mm) calcolata secondo la legge di potenza della curva di probabilità pluviometrica:

$h = a \cdot t^n$, dove **a** ed **n** sono parametri dipendenti dallo specifico tempo di ritorno.

Utilizzando il metodo delle celle di pioggia come previsto dal Piano di Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), secondo le direttive per il calcolo delle piene di progetto, si assumono, nel caso in esame, i valori medi di **a** ed **n**, fra quelli delle celle BT145 e BU145.

Valori delle celle:

BS145: a(tr200)=65.53 n(tr200)=0.418
BT145: a(tr200)=67.42 n(tr200)=0.421

Dalla media dei valori delle celle risultano, per un tempo di ritorno **tr** di 200 anni:

a(tr200)=66.48
n(tr200)=0.420

Tc = tempo di corrivazione
Il tempo di corrivazione calcolato con le formule di seguito descritte, risulterà dalla media fra i tre valori minori.

Il tempo di corrivazione (Tc) è funzione di parametri caratteristici del bacino determinato con l' ausilio delle formule di seguito riportate.

Le caratteristiche del bacino richiamate nelle varie formule sono le seguenti:

L =	1,74 Km	Lunghezza dell' asta del bacino fra la sorgente e la sezione in esame
A =	1,40 Kmq	Superficie del bacino fra la sorgente e la sezione in esame
Q1 =	359,50 m	Altezza sul livello del mare della sezione in esame
Q2 =	600,00 m	Altezza sul livello del mare della sorgente del fiume
Q3 =	660,00 m	Altezza massima sul livello del mare del bacino idrografico
Hm =	(Q3 + Q1)/2 = 509,75 m	Altezza media del bacino a monte della sezione in esame
Hmr =	Hm – Q1 = 150,25 m	Altezza media relativa del bacino
p1 =	(Q2-Q1)/L = 13,74 %	Pendenza media del fiume fra la sorgente e la sezione in esame
p2 =	7%	Pendenza media del versante (determinata con metodi approssimati)
v =	0,60 m/sec	Velocità media di scorrimento dell' acqua sui versanti.

Il tempo di corrivazione è calcolato con le seguenti formule:

$$\textbf{Giandotti} = Tc = \frac{\mathbf{4 \cdot \sqrt{A} + 1{,}5 \cdot L}}{\mathbf{0{,}8 \cdot \sqrt{Hmr}}} = \frac{4 \cdot \sqrt{1{,}40} + 1{,}5 \cdot 1{,}75}{0{,}8 \cdot \sqrt{150{,}25}} = 0{,}75 \text{ h}$$

$$\textbf{Pezzoli} = Tc = \mathbf{0{,}055} \cdot \frac{\mathbf{L}}{\sqrt{\mathbf{p1}}} = 0{,}055 \cdot \frac{1{,}75}{\sqrt{0{,}1374}} = 0{,}26 \text{ h}$$

$$\textbf{Ventura} = Tc = \mathbf{0{,}1272} \cdot \sqrt{\mathbf{(A / p1)}} = 0{,}1272 \cdot \sqrt{(1{,}40 / 0{,}1374)} = 0{,}41 \text{ h}$$

$$\textbf{Pasini} = Tc = \mathbf{0{,}108} \cdot \frac{\sqrt[3]{\mathbf{(A \cdot L)}}}{\sqrt{\mathbf{p1}}} = 0{,}108 \cdot \frac{\sqrt[3]{(1{,}40 \cdot 1{,}75)}}{\sqrt{0{,}1374}} = 0{,}39 \text{ h}$$

$$\textbf{Puglisi} = Tc = \mathbf{6} \cdot \frac{\mathbf{L}^{0{,}667}}{\mathbf{(Q3-Q1)}^{0{,}333}} = 6 \cdot \frac{1{,}75^{0{,}667}}{(660-359{,}5)^{0{,}333}} = 1{,}30 \text{ h}$$

$$\textbf{Merlo} = Tc = \mathbf{0{,}396} \cdot \frac{\mathbf{L}}{\sqrt{\mathbf{p1}}} \left[\frac{\mathbf{A}}{\mathbf{L}^2} \cdot \frac{\sqrt{\mathbf{p1}}}{\sqrt{\mathbf{p2}}} \right]^{0.72} =$$

$$= 0{,}396 \cdot \frac{1{,}75}{\sqrt{0{,}1374}} \left[\frac{1{,}40}{1{,}75^2} \cdot \frac{\sqrt{0.1374}}{\sqrt{0{,}07}} \right]^{0.72} = 1{,}36 \text{ h}$$

Assumendo quale tempo di ritorno Tc la media dei tre valori più bassi risultanti dalle espressioni di calcolo utilizzate, si evince che il minor tempo di corrivazione, a cui corrisponde una massima intensità di precipitazione, risulta:

(0,26+0,41+0,39) / 3 = 0,35 h (tempo di corrivazione medio)

La determinazione dell' altezza di pioggia critica, ossia dell' altezza di pioggia che cade in un tempo uguale al tempo di corrivazione, viene effettuata facendo riferimento alla seguente formula:

$$h_c = a \cdot t_c^n$$

Eseguendo un calcolo sulle portate per un tempo di ritorno di 200 anni si ha:

T rit=200 anni

a=66,48 n=0,420

L' altezza di pioggia critica per un tempo di ritorno di 200 anni sarà pertanto pari a:

hc (200) = $66,48 * 0,35^{0,420}$ = 42,94 mm

Conseguentemente la portate per un tempo di ritorno di 200 anni è la seguente, tenuto conto di un coefficiente di deflusso C pari a 0;80:

Qc (200) = **0,28 · c · (hc/tc) · A** = 0,28·0,80·(42,94/0,35)·1,40 = **38,17 mc/sec**

Rio Biestro

Ampiezza del bacino imbrifero del rio Biestro

Il Rio Biestro nasce a circa 0,90 km dalla zona dell'intervento e sottende un modesto bacino imbrifero pari a circa 0,36 Kmq, come evidenziato in allegato A.

La portata Q si determina utilizzando il "metodo razionale" con l'impiego della seguente espressione:

Qc = 0,28 · c · i · A

dove:
- **Q** = Portata al colmo (mc/sec)
- **C** = Coefficiente di deflusso (0,80)
- **A** = superficie del bacino fra la sorgente e la sezione in esame (Kmq)
- **i** = hc/tc = intensità di pioggia critica

hc = altezza critica. (mm) calcolata secondo la legge di potenza della curva di probabilità pluviometrica:

$h = a \cdot t^n$, dove **a** ed **n** sono parametri dipendenti dallo specifico tempo di ritorno.

Utilizzando il metodo delle celle di pioggia come previsto dal Piano di Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), secondo le direttive per il calcolo delle piene di progetto, si assumono, nel caso in esame, i valori medi di **a** ed **n**, fra quelli delle celle BT145 e BU145.

Valori delle celle:

BS145: a(tr200)=65.53 n(tr200)=0.418
BT145: a(tr200)=67.42 n(tr200)=0.421

Dalla media dei valori delle celle risultano, per un tempo di ritorno **tr** di 200 anni:

a(tr200)=66.48
n(tr200)=0.420

Tc = tempo di corrivazione
Il tempo di corrivazione calcolato con le formule di seguito descritte, risulterà dalla media fra i tre valori minori.

Il tempo di corrivazione (Tc) è funzione di parametri caratteristici del bacino determinato con l' ausilio delle formule di seguito riportate.

Le caratteristiche del bacino richiamate nelle varie formule sono le seguenti:

L =	0,90 Km	Lunghezza dell' asta del bacino fra la sorgente e la sezione in esame
A =	0,36 Kmq	Superficie del bacino fra la sorgente e la sezione in esame
Q1 =	355,50 m	Altezza sul livello del mare della sezione in esame
Q2 =	440,00 m	Altezza sul livello del mare della sorgente del fiume
Q3 =	480,00 m	Altezza massima sul livello del mare del bacino idrografico
Hm =	(Q3 + Q1)/2 = 417,75 m	Altezza media del bacino a monte della sezione in esame
Hmr =	Hm – Q1 = 62,25 m	Altezza media relativa del bacino
p1 =	(Q2-Q1)/L = 9,39 %	Pendenza media del fiume fra la sorgente e la sezione in esame
p2 =	7%	Pendenza media del versante (determinata con metodi approssimati)
v =	0,60 m/sec	Velocità media di scorrimento dell' acqua sui versanti.

Il tempo di corrivazione è calcolato con le seguenti formule:

$$\textbf{Giandotti = Tc} = \frac{\mathbf{4 \cdot \sqrt{A} + 1{,}5 \cdot L}}{\mathbf{0{,}8 \cdot \sqrt{Hmr}}} = \frac{4 \cdot \sqrt{0{,}36} + 1{,}5 \cdot 0{,}90}{0{,}8 \cdot \sqrt{62{,}25}} = 0{,}59 \text{ h}$$

$$\textbf{Pezzoli = Tc} = \mathbf{0{,}055} \cdot \frac{\mathbf{L}}{\sqrt{\mathbf{p1}}} = 0{,}055 \cdot \frac{0{,}90}{\sqrt{0{,}0939}} = 0{,}16 \text{ h}$$

$$\textbf{Ventura = Tc} = \mathbf{0{,}1272} \cdot \sqrt{\mathbf{(A / p1)}} = 0{,}1272 \cdot \sqrt{(0{,}36 / 0{,}0939)} = 0{,}25 \text{ h}$$

$$\sqrt[3]{\mathbf{(A \cdot L)}} \qquad \sqrt[3]{(0{,}36 \cdot 0{,}90)}$$

$$\textbf{Pasini = Tc = } \textbf{0,108} \cdot \frac{}{\sqrt{\textbf{p1}}} = 0{,}108 \cdot \frac{}{\sqrt{0{,}0939}} = 0{,}24 \text{ h}$$

$$\textbf{Puglisi = Tc = } 6 \cdot \frac{L^{0,667}}{(Q3-Q1)^{0,333}} = 6 \cdot \frac{0,90^{0,667}}{(480-355,5)^{0,333}} = 1,12 \text{ h}$$

$$\textbf{Merlo = Tc = } 0,396 \cdot \frac{L}{\sqrt{p1}} \left[\frac{A}{L^2} \cdot \frac{\sqrt{p1}}{\sqrt{p2}} \right]^{0.72} =$$

$$= 0,396 \cdot \frac{0,90}{\sqrt{0,0939}} \left[\frac{0,36}{0,90^2} \cdot \frac{\sqrt{0.0939}}{\sqrt{0,07}} \right]^{0.72} = 0,72 \text{ h}$$

Assumendo quale tempo di ritorno Tc la media dei tre valori più bassi risultanti dalle espressioni di calcolo utilizzate, si evince che il minor tempo di corrivazione, a cui corrisponde una massima intensità di precipitazione, risulta:

(0,16+0,25+0,24) / 3 = 0,22 h (tempo di corrivazione medio)

La determinazione dell' altezza di pioggia critica, ossia dell' altezza di pioggia che cade in un tempo uguale al tempo di corrivazione, viene effettuata facendo riferimento alla seguente formula:

$$\mathbf{h_c = a \cdot t_c^{\,n}}$$

Eseguendo un calcolo sulle portate per un tempo di ritorno di 200 anni si ha:

T rit=200 anni

a=66,48 n=0,420

L' altezza di pioggia critica per un tempo di ritorno di 200 anni sarà pertanto pari a:

$hc\ (200) = 66,48 * 0,22^{0,420} = 35,06$ mm

Conseguentemente la portate per un tempo di ritorno di 200 anni è la seguente, tenuto conto di un coefficiente di deflusso C pari a 0;80:

Qc (200) = **0,28 · c · (hc/tc) · A** = 0,28·0,80·(35,06/0,22)·0,36 = **12,99 mc/sec**

Aree scolanti (come individuate in all. A)

La portata Q relativa alle aree scolanti, così come individuate nell'allegato A (C.T.R. con indicazione bacini idrografici rii minori), si determina utilizzando, come per il Rio Cavallera ed il Rio Biestro, il "metodo razionale", ottenendo i seguenti risultati:

Area scolante 1: **Q**c (200) = **2,60 mc/sec**

Area scolante 2: **Q**c (200) = **2,41 mc/sec**

Area scolante 3: **Q**c (200) = **2,10 mc/sec**

Area scolante 4: **Q**c (200) = **2,05 mc/sec**

Fiume Bormida di Pallare

Per quanto riguarda il Fiume Bormida di Pallare, si sono adottati i valori di portata 200-ennale utilizzati nello "Studio delle fasce fluviali dei sottobacini dei fiumi Bormida di Sopigno e Bormida di Millesimo", redatto dalla Provincia di Savona.

Conformemente a tale studio, si riportano i valori della portata Q 200-ennale adottati:

- Sezione di monte del tratto di Fiume Bormida indagato (sez.54):

  Qc (200) = **271 mc/sec** (vedi sez. BP021 / "Studio delle fasce fluviali dei sottobacini dei fiumi Bormida di Spigno e Bormida di Millesimo");

- Sezione di valle del tratto di Fiume Bormida indagato (sez.0/6):

  Qc (200) = **340 mc/sec** (vedi sez. BP026 / "Studio delle fasce fluviali dei sottobacini dei fiumi Bormida di Spigno e Bormida di Millesimo")

Al fine di ottenere una distribuzione delle portate lungo l'asta del Fiume Bormida il più possibile aderente alla realtà, si sono via via sommati gli apporti idrici dei rii affluenti e delle aree scolanti alla portata relativa alla sez.54 (Qc (200) = 271 mc/sec), ottenendo la distribuzione delle portate inserita poi nel codice di calcolo HEC-RAS:

- **Sez. 54**: Qc (200) = 271 mc/sec
- **Sez**. **40**: Qc (200) = 279.68 mc/sec
- **Sez**. **32**: Qc (200) = 279.68+38.17=317.85 mc/sec (Sez. di confluenza Rio Cavallera)
- **Sez**. **40**: Qc (200) = 317.85+12.99+2.41+2.10=335.35 mc/sec (Sez. Confluenza Rio Biestro, area scol.2 e area scol.3)
- **Sez**. **0.6**: Qc (200) = 335.35+2.60+2.05=340 mc/sec (Sez. di confluenza area scol.1 e area scol.4)

PARAMETRI RELATIVI ALLA VERIFICA IDRAULICA

A- Caratteristiche tecniche dello studio idraulico

Per la determinazione dei livelli idrici attesi in corrispondenza alle portate di piena da esaminare ed in considerazione sia della tipologia dell'alveo che del grado di approfondimento necessario allo studio, è stato utilizzato per il calcolo idraulico, lo schema di "corrente monodimensionale in condizioni di moto permanente", impiegando il codice di calcolo "HEC-RAS" della H.S. Srl di Lucca, su licenza d'uso.

B- Condizione al contorno del modello idraulico

Le condizioni al contorno, dopo che sono stati inseriti tutti i dati di input, sono necessarie per stabilire il livello del pelo libero dell'acqua all'estremità del sistema (a monte e/o a valle).

Questo dato è necessario al programma per poter effettuare i calcoli idraulici (le condizioni al contorno servono alla determinazione dell'integrale particolare dell'equazione differenziale che regola il moto permanente).

In un regime di corrente lenta (num. Di Froude <1), la condizione al contorno necessaria è quella di valle (se la corrente è lenta non risente di quanto accade a monte).

In un regime di corrente veloce (num di Froude>1), la condizione al contorno necessaria è quella di monte (se la corrente è veloce, non risente di quanto accade a valle).

Se il calcolo viene effettuato in regime di flusso misto (come nel caso in esame) allora le condizioni al contorno devono essere immesse per entrambe le estremità del sistema.

Nel caso in esame, il sistema accetta la condizione di corrente mista per cui si assume la condizione al contorno a valle ed a monte di HEC-RAS la situazione "Normal Depth" altezza di moto uniforme, ossia introducendo la linea di energia che nel caso corrisponde ad una pendenza media del 0,015.

C- Parametri di scabrezza

Nella modellazione del moto permanente monodimensionale, si prendono in considerazione le caratteristiche del corso d'acqua, nonché le caratteristiche e le condizioni di manutenzione del fondo.

In funzione di tali condizioni e caratteristiche, viene effettuata la scelta del coefficiente di scabrezza dell'alveo, il quale non è altro che la misura globale della resistenza al moto.

Così come indicato dalle Norme di Attuazione del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) all'interno della "Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B", per la scelta dei valori numerici è possibile fare riferimento alle indicazioni fornite dalle tabelle do "Open Channel Hydraulics", Ven te Chow, McGraw Hill International Editions, utilizzando il coefficiente di scabrezza di Manning (tabella 1):

Strickler: $v = K_s R^{2/3} i^{1/2}$

Manning:$v = (1/n) R^{2/3} i^{1/2}$

dove:

v = velocità media della corrente (m/s)

R = raggio idraulico (m)

i = pendenza di fondo (m/m)

K_s = coefficiente di *Strickler*

n = coefficiente di *Manning*

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)\, m_5$$

Tabella 1: metodo per il calcolo del coefficiente di scabrezza n nei corsi d'acqua

Condizioni dell'alveo		Valori	
Materiale costituente l'alveo	Terra	n_0	0.020
	Roccia		0.025
	Alluvione grossolana		0.028
	Alluvione fine		0.024
Irregolarità della superficie della sezione	Trascurabile	n_1	0.000
	Bassa		0.005
	Moderata		0.010
	Elevata		0.020
Variazione della forma e della dimensione della sezione trasversale	Graduale	n_2	0.000
	Variazione occasionalmente		0.005
	Variazione frequente		0.010-0.015
Effetto relativo di ostruzioni	Trascurabile	n_3	0.000
	Modesto		0.010-0.015
	Apprezzabile		0.020-0.030
	Elevato		0.040-0.060
Effetto della vegetazione	Basso	n_4	0.005-0.010
	Medio		0.010-0.025
	Alto		0.025-0.050
	Molto alto		0.050-0.100
Grado di sinuosità dell'alveo	Modesto	m_5	1.000
	Apprezzabile		1.150
	Elevato		1.300

Nel codice di calcolo vengono introdotti, a scopo cautelativo, in base alla tabella di cui sopra, le seguenti scabrezze di Manning:

Rio Biestro:

- tratto in alveo naturale, senza salti, senza presenza di rocce, ragionevolmente senza presenza arbustiva-arborea in alveo (almeno per i livelli di deflusso previsti): 0,03

- tratto di condotto in cls armato in attraversamento alla S.P.15: 0,015

Condotto sfioratore:

- tratto di condotto in cls armato: 0,015

Fiume Bormida di Pallare:

- tratto in alveo naturali con vegetazione e movimento di materiale sul fondo (sez.54-30): 0,04

- tratto in alveo naturale, senza salti, senza presenza di rocce, ragionevolmente senza presenza arbustiva-arborea in alveo (almeno per i livelli di deflusso previsti) (sez.29-0.5): 0,03

D- Franchi di sicurezza

Il franco di sicurezza deve essere adeguato, rispetto al livello di piena previsto, per la portata duecentennale.

Per le opere sul rio Biestro sono stati adottati i seguenti franchi di sicurezza:

- **il maggiore fra i valori $V^2/2g$ e 50 cm, per gli argini e le opere di difesa spondale;**
- **il maggiore fra i valori $V^2/2g$ e 100 cm, per i ponti ;**
- **il maggiore fra i valori $V^2/2g$ e 150 cm, per il condotto scolmatore.**

Sono di seguito indicati i valori delle velocità ed i franchi di sicurezza calcolati.

VERIFICA IN REGIME DI MOTO PERMANENTE

Vengono di seguito riportati i valori di velocità e di franco calcolati dal codice di calcolo HEC-RAS per le sezioni interessate dalla verifica.

Inoltre sono riportati i valori di franco minimo a cui risultano soggette le sezioni nello stato di progetto.

Verifica Rio Biestro

SEZIONI	QUOTA PELO DELL'ACQUA DI PROGETTO (m.s.l.m.)	QUOTA SPONDA (m.s.l.m.)	FRANCO (m)	VELOCITA' DELL'ACQUA (m/sec)	FRANCO DI SICUREZZA V^2/2G (m)	FRANCO DI SICUREZZA DA ADOTTARE (m)
18	359.8	360.5	0.70	3.67	0.69	0.69
17	359.37	360.1	0.73	3.76	0.72	0.72
16	358.99	359.7	0.71	3.71	0.70	0.70
15	358.58	359.3	0.72	3.74	0.71	0.71
14	358.19	358.9	0.71	3.7	0.70	0.70
13	358.33	359	0.67	2.40	0.30	0.50
12	355.98	357.2	1.22	1.58	0.13	0.50
11	355.74	356.95	1.21	1.55	0.12	0.50
10	355.54	356.7	1.16	1.45	0.11	0.50
9	355.41	356.45	1.04	1.23	0.08	0.50
8	355.34	356.2	0.86	0.98	0.05	0.50
7	355.3	355.95	0.65	0.78	0.03	0.50
6	355.28	355.95	0.67	0.66	0.02	0.50
5	355.27	355.95	0.68	0.56	0.02	0.50
4	355.25	357.2	1.95	0.66	0.02	1.00
3	355.26	356.5	1.24	0.49	0.01	1.00

Verifica condotto scolmatore

SEZIONI	QUOTA PELO DELL'ACQUA DI PROGETTO (m.s.l.m.)	QUOTA INTRADOSSO CONDOTTO (m.s.l.m.)	FRANCO (m)	VELOCITA' DELL'ACQUA (m/sec)	FRANCO DI SICUREZZA V^2/2G (m)	FRANCO DI SICUREZZA DA ADOTTARE (m)
2	358.40	359.93	1.53	1.95	0.20	1.50
1	358.38	359.93	1.55	1.31	0.09	1.50

Si allega il tabulato di calcolo del programma HEC-RAS, costituito dai seguenti elaborati:

All.01: schema planimetrico;
All.02: schema tridimensionale della modellazione;
All.03: sezioni trasversale con livelli di piena;

All.04: profilo longitudinale;
All.05: grafico delle velocità;
All.06: tabulato dei risultati del calcolo;
All.07: tabulato sintetico riassuntivo dei risultati.

CONCLUSIONI

Per quanto sopra, ne deriva che gli interventi di sistemazione e riqualificazione del rio Biestro e l'adeguamento del condotto sotto il primo lotto della variante alla S.P. n.15 già in esercizio, permettono lo smaltimento della massima portata di deflusso ammessa dalle condizioni orografiche dell'alveo stesso di 4.05 mc/s, mentre la costruzione del condotto scolmatore attraversante l'area di proprietà, garantisce, ai fini della sicurezza, della salvaguardia della pubblica e privata incolumità e della tutela igienico-sanitaria pubblica, il corretto deflusso delle acque di piena.

CERTIFICAZIONE

Il sottoscritto Ing. Sergio Fenoglio, iscritto all' Ordine degli Ingegneri della Provincia di Savona, al n.521, con studio in Carcare, via Garibaldi 127/15, in qualità di estensore della presente verifica idraulica,

certifica

che per il tratto di rio Biestro indagato, non esistono impedimenti al regolare deflusso dell'acqua senza possibilità di esondazione ed erosione e con l'adeguato franco, della portata di piena prevedibile, calcolata con tempo di ritorno di almeno 200 anni.

Allegati

Allegato A – Stralcio carta catastale con individuazione aree di proprietà
Allegato B – C.T.R. con individuazione dei bacini imbriferi minori
Allegato C – Schema delle portate di deflusso inserite in HEC-RAS
Allegato D – tabulato di calcolo con codice HEC-RAS progetto
Allegato E – documentazione fotografica

Tavole grafiche

I01 – Planimetria generale di progetto con indicazione delle sezioni idrauliche sul Fiume Bormida di Pallare e sul rio Biestro
I02 – Sezioni idrauliche Rio Biestro e condotto scolmatore

Carcare, aprile 2010

Ing. Sergio Fenoglio