

laminazione in serie finalizzate a garantire, in corrispondenza dell'evento di piena con 200 anni di tempo di ritorno, portate nel nodo critico in ingresso alla città di Crotona (sottopasso SS 106 e FF.SS) non maggiori di 110 mc/s.

Numerosi sono gli aspetti che rendono particolarmente attinenti le opere progettate da **Altene Ingegneri Associati** sul T.Papaniciaro con le vasche di laminazione e disperdimento del T. Arno a Lonate Pozzolo:

- Trattasi in entrambi i casi di opere che sorgono in un contesto **fortemente antropizzato**;
- In entrambi i casi **la problematica della gestione dei sedimenti** appare molto rilevante ai fini del mantenimento nel tempo dell'efficacia ed efficienza idraulica dell'opera;
- In entrambi i casi trattasi di **opere di laminazione in serie**, ossia tali per cui l'efflusso dall'opera di monte si immette nell'opera di valle;
- In entrambi i casi gli **aspetti ambientali e paesaggistici** risultano non meno importanti di quelli idraulici;
- E' stato sviluppato un complesso modello di calcolo idrologico-idraulico, basato su rilievi topografici dedicati, del tutto simile al modello che dovrà essere sviluppato, a partire dal modello esistente del 2010, per il T. Arno.

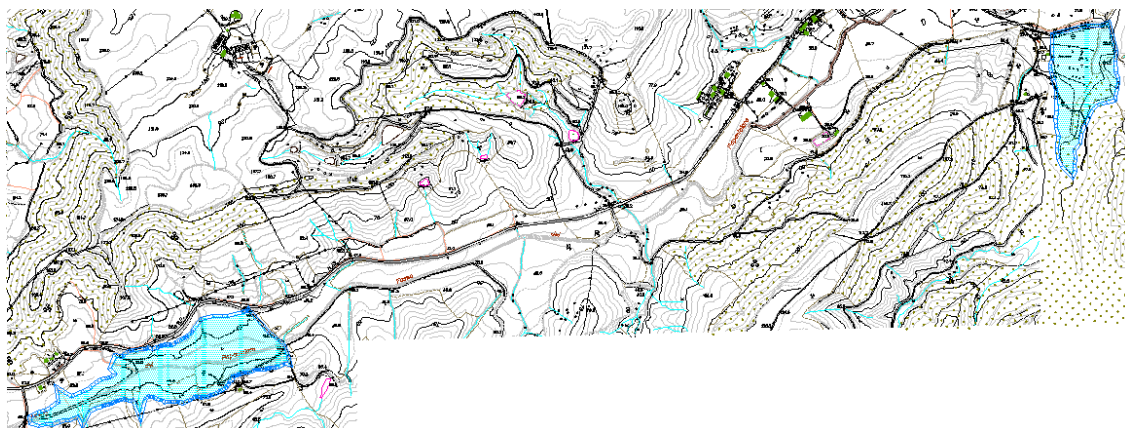
Altene Ingegneri Associati ha sviluppato il **progetto definitivo** delle opere su incarico di un Raggruppamento Temporaneo di Imprese avente come capogruppo mandataria la ICOP s.r.l. di Antonimina (RC) (committente finale: Regione Calabria – Settore Protezione Civile).

Gli obiettivi del progetto, fissati dal capitolato speciale prestazionale, erano i seguenti:

- La **drastica riduzione della portata al colmo di piena** bicentenaria del Papaniciaro in ingresso alla città di Crotona, **da circa 244 mc/s a circa 110 mc/s**;
- La necessità di **contenere l'occupazione complessiva di territorio in 30 ha**, di cui 18 per la vasca di valle e 12 per quella di monte;
- L'esigenza di **minimizzare l'impatto ambientale**, con riferimento soprattutto alle colture di pregio esistenti (oliveto centenario) e all'impatto paesaggistico;
- La necessità di prevedere un adeguato **Piano di gestione dei sedimenti** attesi durante la vita utile dell'opera.

Altene ha analizzato, nell'ambito della progettazione definitiva affidatale, **vari scenari di progetto**:

Scenario 1: presenza di 2 vasche di laminazione, vasca di monte e vasca di valle fortemente delocalizzata e posta in uscita dalla valle di San Biagio.

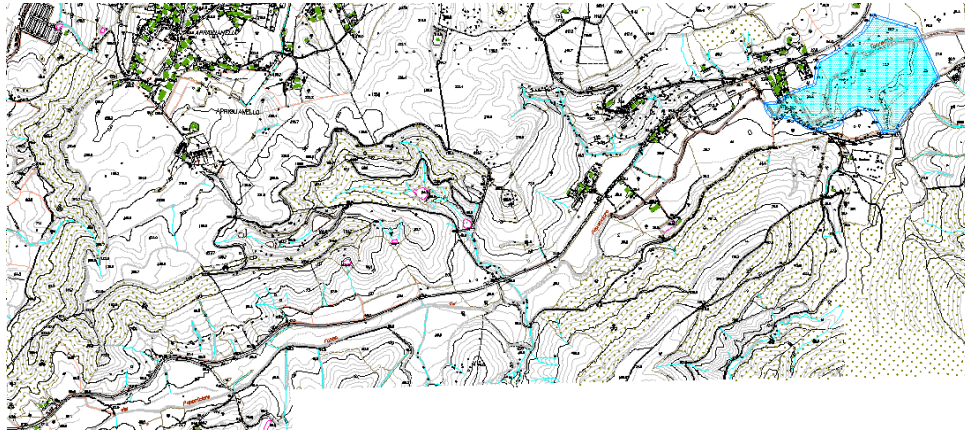


Planimetria dello scenario 1. Presenza di 2 vasche di laminazione.

Tale scenario è stato indagato in quanto rappresenta una soluzione brillante alle problematiche di carattere urbanistico, paesaggistico-ambientale e geotecnico, relativamente alla vasca di valle così come ubicata nel progetto preliminare. Tuttavia questa soluzione si è dimostrata insufficiente dal punto di vista idraulico ed idrodinamico, a causa della dimensione rilevante del bacino residuo esistente tra vasca di monte e nodi critici (confluenza t. Vela e nodo di attraversamento della S.S.106). L'estensione di tale bacino è in grado di generare

delle onde di piena consistenti che, non potendo essere controllate dai bacini di laminazione presenti, comprometterebbero il rispetto dei limiti di portata imposti dal bando di gara.

Scenario 2: presenza di 1 sola vasca di laminazione, posta a valle della confluenza della Valle di San Biagio con il Papaniciaro.



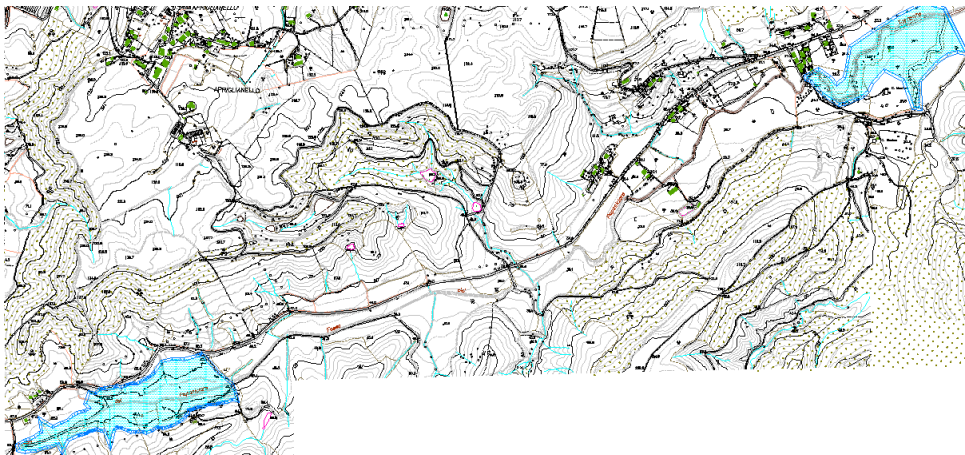
Planimetria dello scenario 2. Una sola vasca a valle

Tale scenario prevede la realizzazione di una sola vasca di laminazione posta a valle della confluenza della Valle di San Biagio con il Papaniciaro; esso permette il rispetto dei vincoli di portata imposti dal capitolato e, fra tutti gli scenari indagati, è quello che consente tale risultato con la minore entità di opere.

Gli aspetti negativi di tale soluzione sono per contro due:

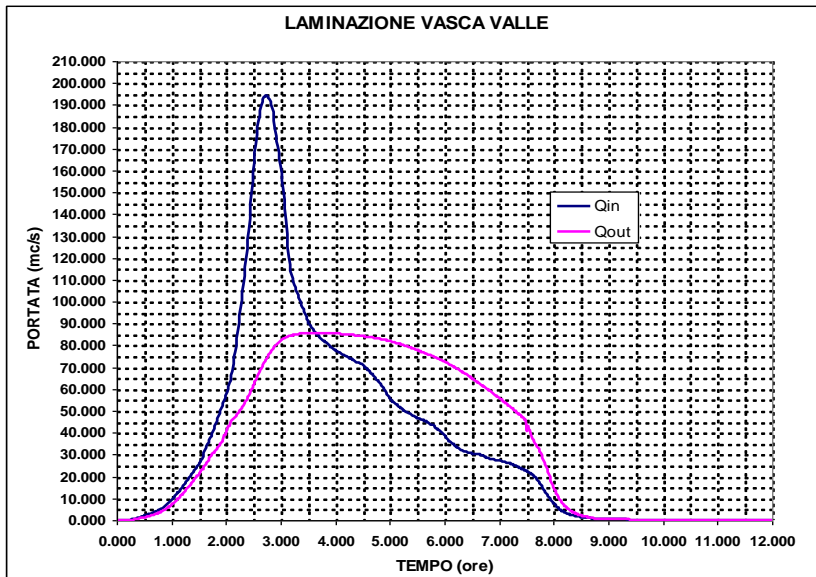
1. la laminazione viene concentrata presso la vasca di valle, più critica dal punto di vista urbanistico e paesaggistico; necessariamente viene in questo caso innalzata l'altezza dello sbarramento, e di conseguenza vengono sommerse, in occasione degli eventi meteorici di progetto, anche alcune abitazioni poste in sinistra idraulica in prossimità della strada provinciale nell'estremo di monte della vasca;
2. tutto il tratto del T. Papaniciaro compreso fra l'uscita della vasca di monte e l'entrata nella vasca di valle così come ubicate nel progetto preliminare rimane in questo caso privo di protezioni. Le verifiche idrauliche effettuate dimostrano che le piene di progetto non sono compatibili con l'alveo inciso; si avrebbero quindi in questo scenario allagamenti diffusi e incontrollati lungo tutto il fondo valle del Papaniciaro; per quanto appena detto, nonostante in apparenza questo scenario sembri consentire il conseguimento del risultato con una minore occupazione di superficie, in realtà, se si considera come superficie occupata anche quella interessata dalle esondazioni lungo il fondo valle fra le due vasche previste dal preliminare la superficie complessiva allagata risulta maggiore e, soprattutto, comprende diverse abitazioni, come già detto al punto precedente;

Scenario 3: presenza di 2 vasche di laminazione, una posta a monte, una posta a valle della confluenza della Valle di San Biagio con il Papaniciaro.



Planimetria dello scenario 3 con le vasche di monte e di valle.

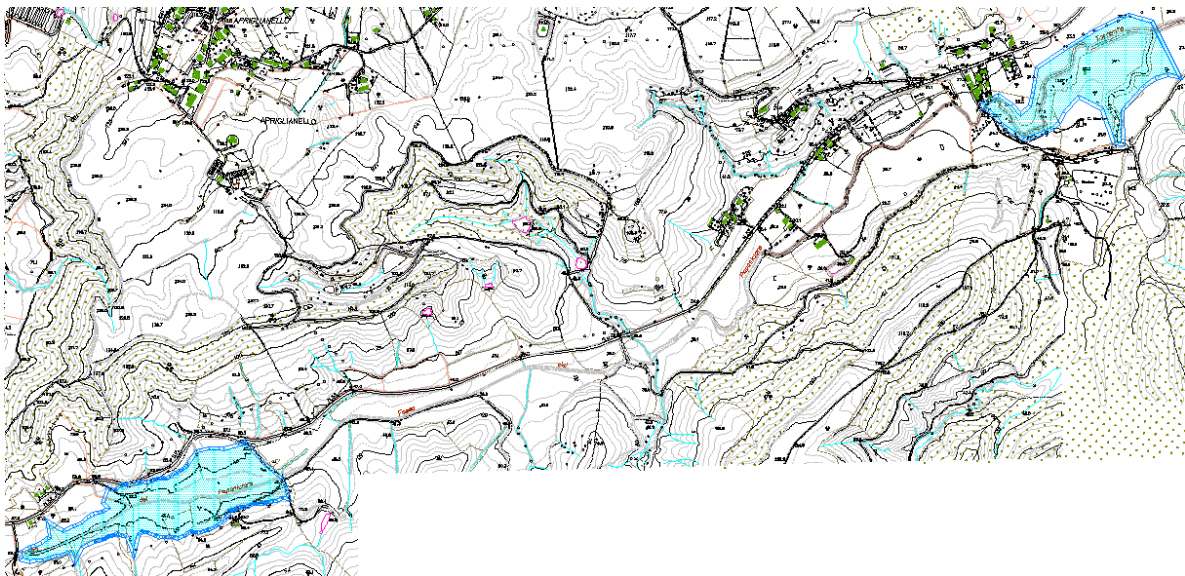
Tale scenario a due vasche di laminazione è simile a quello del progetto preliminare, con l'importante differenza di aver **delocalizzato la vasca di valle spostandola a monte** per le ragioni urbanistiche, ambientali e geotecniche approfondite nelle varie relazioni specialistiche allegate al progetto (si rimanda soprattutto alla relazione paesaggistica per gli aspetti urbanistici e ambientali e alla relazione geologica per gli aspetti geotecnici). Tale configurazione permette il rispetto dei vincoli di portata imposti e permette inoltre, a differenza dello scenario 2 ad una sola vasca, di controllare le portate transitanti nella parte alta e media del bacino del Papaniciaro, diminuendo quindi il rischio idraulico connesso alla propagazione dell'onda di piena in tali tratti. Inoltre in tale



configurazione la vasca di laminazione di valle può avere dimensioni più contenute, evitando in particolare di allagare gli edifici presenti in sinistra idraulica in prossimità della strada provinciale e un edificio presente in destra idraulica poco a valle.

Nella figura sopra riportata si mostrano gli idrogrammi in ingresso e in uscita alla vasca di valle nello scenario 3 (T=200 anni).

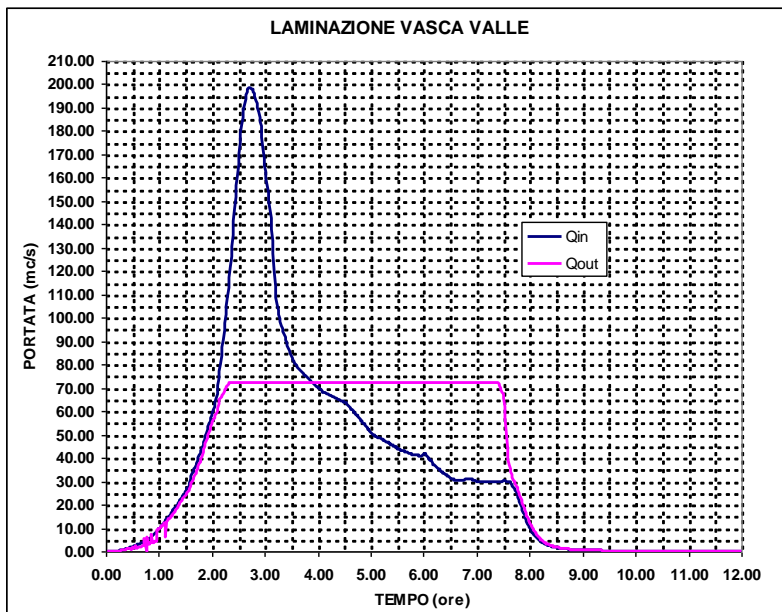
Scenario 4: presenza di 2 vasche di laminazione regolate, una posta a monte, una posta a valle della confluenza della Valle di San Biagio con il Papaniciaro



Planimetria dello scenario 4

Lo scenario 4 differisce dallo scenario 3 per la presenza della regolazione delle portate in uscita dal sistema di laminazione, in modo da effettuare una laminazione ottimale.

Il benefico tratto dalla laminazione ottimale consiste, dal punto di vista teorico, nell'ottimizzazione dei volumi a disposizione: assegnando un valore alla portata massima accettabile in uscita, la bocca di regolazione avrà una luce variabile, in modo da consentire di raggiungere nel più breve tempo possibile la portata massima accettabile in uscita, risparmiando così volume di invaso, per poi mantenerla costante nel tempo fino all'esaurimento dell'onda di piena. In particolare la bocca di regolazione sarà più grande di quella non regolata



nella fase iniziale dell'invaso, mentre successivamente si ridurrà, mediante l'azionamento di paratoie automatiche, per mantenere costante la portata in uscita nonostante l'aumento del carico idraulico a monte.

Ai vantaggi teorici della bocca tarata sopra sintetizzata corrispondono aspetti critici di rilevante importanza:

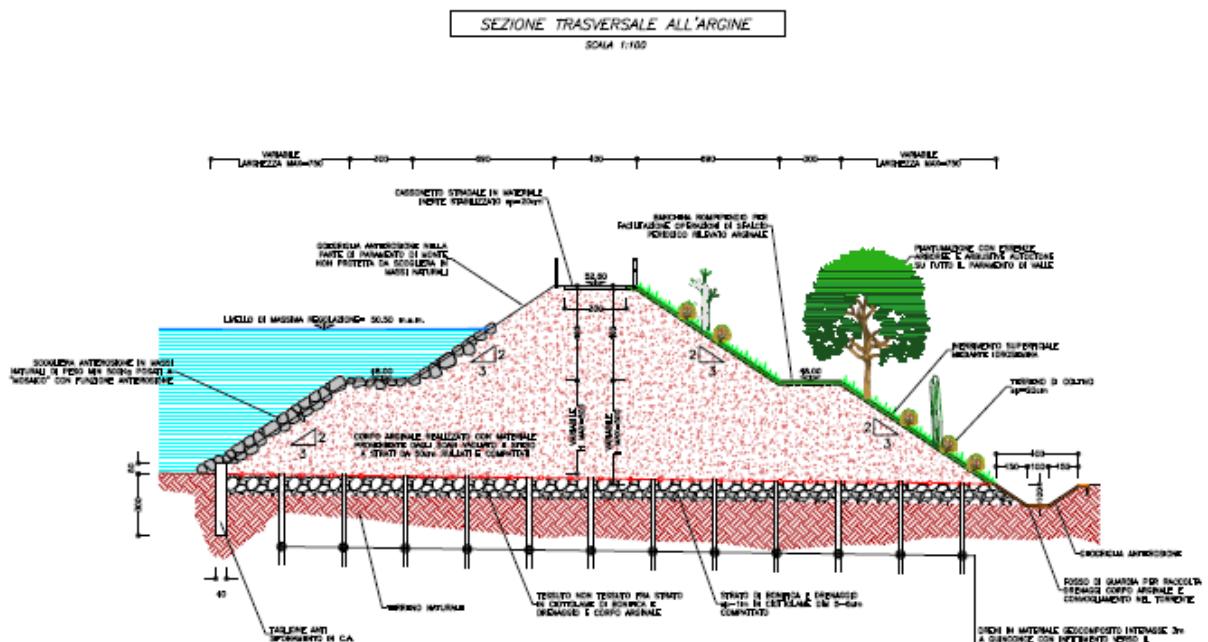
- gli organi di regolazione devono essere sottoposti a regolare manutenzione, in modo tale che in caso di necessità di regolazione non vi siano malfunzionamenti;

- nel caso in esame, essendo presente un bacino residuo a valle della bocca tarata fino alla sezione critica (sottopasso della SS 106 e delle FFSS) non è detto che la regolazione della

bocca in uscita produca, a parità di geometria delle vasche, risultati migliori in termini di portata di picco nella sezione critica: nell'ipotesi di pioggia contemporanea su tutto il bacino, ad esempio, il fatto che lo scenario con bocca regolata comporti il raggiungimento della portata massima in uscita dalla vasca prima rispetto allo scenario senza bocca regolata comporta una somma più sfavorevole, ossia con picchi più in fase, fra l'onda in uscita dalla vasca di valle e l'onda del bacino residuo, come mostrato nel dettaglio nella relazione idrologica. Nella figura sopra riportata si mostrano gli idrogrammi in entrata e uscita dalla vasca di valle nello scenario 4 (bocche regolate), T=200 anni.

La verifica di tale soluzione confrontata con la precedente è stata svolta a parità di volumi invasati, in modo da valutare esclusivamente gli eventuali vantaggi derivanti dall'applicazione della laminazione ottimale.

Alla luce delle analisi svolte, la configurazione preferibile è quella dello scenario n° 3, ossia lo scenario a due vasche con bocca non regolata, poste entrambe sul T. Papaniciaro, quella di monte in posizione analoga a quella del progetto preliminare e quella di valle spostata un po' a monte per evitare le controindicazioni evidenziate di tipo urbanistico e ambientale.



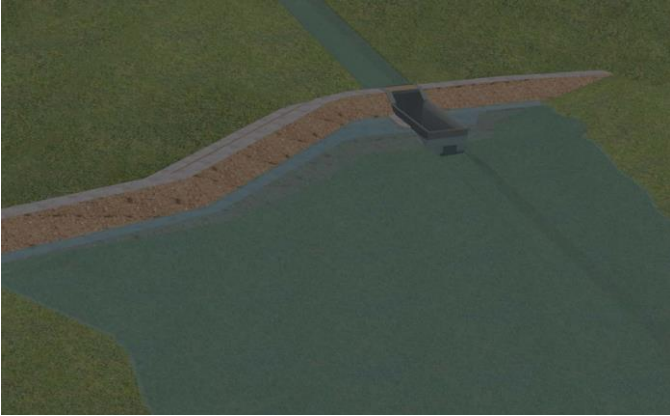
Sezione trasversale dell'arginatura in progetto lungo il perimetro delle vasche

Committente:

ATI con ICOP s.r.l. di Antonimina (RC) mandataria

Attività svolta da Altene Ingegneri Associati:

Progetto definitivo completo, compreso lo studio di fattibilità ambientale



Rendering parte terminale vasca di monte con manufatto di regolazione portate in uscita.

Obiettivi:

- Difendere la città di Crotona dalle piene riducendo di oltre il 50% le portate al colmo con 200 anni di tempo di ritorno;
- Minimizzare l'occupazione di territorio, l'impatto sulle colture di pregio esistenti e il costo degli interventi di manutenzione, con particolare riferimento alla periodica rimozione dei sedimenti;

Prestazioni svolte:

- Rilievi topografici e modello digitale del terreno (DTM) funzionale alla valutazione precisa dei movimenti terra;
- Indagini geognostiche e relative prove di laboratorio volte alla stesura della relazione geotecnica di progetto;
- Analisi preliminare di varie alternative progettuali con valutazione costi-benefici;
- Calcoli idrologici per la definizione delle onde di piena per vari tempi di ritorno nello stato di fatto e nella configurazione di progetto;
- Dimensionamento degli scolmatori e degli altri manufatti idraulici di entrambe le vasche
- Modellistica delle opere idrauliche in progetto;
- Dimensionamento strutturale dei manufatti in c.a. previa verifica geotecnica delle fondazioni;
- Relazione geotecnica e relazione di calcolo strutturale;
- Studio di fattibilità ambientale e relazione paesaggistica;
- Piano di manutenzione, compreso il Piano di gestione dei sedimenti;
- Relazione archeologica;

- Analisi dettagliata dei movimenti terra, inclusa l'individuazione di siti idonei allo stoccaggio provvisorio e al riuso definitivo;
- Piano particellare di esproprio;
- Elaborati economici (analisi prezzi, elenco prezzi, computo metrico estimativo, quadro economico);
- Elaborati grafici di dettaglio delle opere in progetto;
- Rendering delle opere in progetto;
- Redazione del cronoprogramma.

Tipi di interventi:
Vasca di valle:

- arginatura in terra lunghezza 400 metri, volume 22.000 mc circa;
- manufatto di regolazione e sfioro in c.a. lunghezza 46 m, larghezza 18 m, altezza 6 m. Lunghezza soglia sfiorante 69 m.
- installazione di n° due misuratori di livello/portata ad ultrasuoni
- Installazione di un gruppo di continuità della potenza di 3 Kw, per consentire la movimentazione delle paratoie motorizzate dei due scarichi di fondo;
- Realizzazione di una viabilità di accesso al fondo vasca su entrambe le sponde del Papaniciaro per consentire le periodiche operazioni di rimozione sedimenti e sfalcio della vasca;
- Installazione di un sistema di monitoraggio in continuo degli eventuali cedimenti del rilevato arginale mediante tecnologia GPS;
- Realizzazione di soprizzo in terra e protezione in scogliera attorno ai tralicci della linea elettrica alta tensione.

Vasca di monte:

- arginatura in terra lunghezza 250 metri, volume 23.500 mc circa;
- manufatto di regolazione e sfioro in c.a. lunghezza 45 m, larghezza 10 m, altezza 9 m. Lunghezza soglia sfiorante 50 m.
- installazione di n° due misuratori di livello/portata ad ultrasuoni
- Installazione di un gruppo di continuità della potenza di 1,5 Kw, per consentire la movimentazione della paratoia motorizzate dello scarico di fondo;
- Realizzazione di una viabilità di accesso al fondo vasca su entrambe le sponde del Papaniciaro per consentire le periodiche operazioni di rimozione sedimenti e sfalcio della vasca;
- Installazione di un sistema di monitoraggio in continuo degli eventuali cedimenti del rilevato arginale mediante tecnologia GPS.