REGIONE DEL VENETO

GIUNTA REGIONALE
SEGRETERIA REGIONALE PER L'AMBIENTE
DIREZIONE DIFESA DEL SUOLO - U.P. GENIO CIVILE DI VERONA

DESTINAZIONE DEL BACINO DI SAN LORENZO QUALE AREA DI ESPANSIONE DEL TORRENTE TRAMIGNA NEI COMUNI DI SOAVE E SAN BONIFACIO (VR) – ID PIANO 991

PROGETTO DEFINITIVO

CUP H83B11000240002

ELABORATO N.	TITOLO
1	RELAZIONE GENERALE
SCALA: -	
DATA: Maggio 2013	
CODICE DOCUMENTO: 201300SL100	

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Ing. Tiziano Pinato
Dirigente Regionale della Direzione Difesa del Suolo

PROGETTAZIONE

DIREZIONE DIFESA DEL SUOLO
Ing. Marco Dorigo

GENIO CIVILE DI VERONA
Ing. Mauro Roncada **Ing. G.Paolo Marchetti**

SERVICE TECNICO

IPROS INGEGNERIA AMBIENTALE

Ipros Ingegneria Ambientale S.r.l.
Corso del Popolo, 8
35131 PADOVA
email ipros@ipros.it

Ing. Paolo Peretti

DATA REVISIONI	REV 01 Novembre 2013		

INDICE

1. NOTA INTRODUTTIVA 3
2. INQUADRAMENTO GENERALE 4
2.1 Il sistema idrografico del Tramigna – Alpone 4
2.2 Obiettivi dell'intervento 4
3. VINCOLI, CRITERI E MOTIVAZIONI DELLE SCELTE PROGETTUALI 7
4. ATTIVITÀ E STUDI A SUPPORTO DEL PROGETTO 8
4.1 Dati cartografici e rilievi topografici 8
4.2 Indagini e inquadramento geologico-geotecnico dell'area in esame 8
4.3 Studio idrologico e idraulico 9
5. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO 14
5.1 Manufatti idraulici 14
5.1.1 Opera di presa 14
5.1.2 Sfioratore 14
5.1.3 Vasca di dissipazione 15
5.1.4 Opera di scarico (in parte esistente) 16
5.2 Manufatti di conterminazione della cassa 16
5.3 Interventi di difesa e protezione 19
5.3.1 Protezione del rilevato autostradale 19
5.3.2 Demolizione dell'ex mulino 19
5.3.3 Rivestimento muro nord 20
5.3.4 Rivestimento muro ex fornace 20
5.4 Sistema di telecontrollo e alimentazione dalla rete elettrica 21
6. QUADRO ECONOMICO 23

1. NOTA INTRODUTTIVA

Con decreto n. 419 del 12/11/2012, la Regione del Veneto ha affidato alla Ipros Ingegneria Ambientale s.r.l. l'incarico del Service Tecnico per la progettazione definitiva dell'intervento denominato "*Destinazione del bacino di San Lorenzo quale area di espansione del torrente Tramigna nei Comuni di Soave e San Bonifacio (VR) – ID Piano 991*".

A supporto del progetto, ha anche affidato l'esecuzione dei rilievi plano-altimetrici ed il piano particellare di esproprio allo studio tecnico del geom. O. Tommasi, l'esecuzione delle indagini geologiche, geotecniche e la caratterizzazione dei terreni alla ditta Vicenzetto s.r.l., la relazione di inquadramento geotecnico e sismico all'ing. R. Zoppellaro, la relazione e le verifiche geotecniche alla società Hydrosoil s.r.l. ed infine lo studio ambientale e la relazione paesaggistica al dott. G. Bertoni.

Una prima versione del progetto è stata trasmessa alla Regione del Veneto nel mese di maggio 2013. Il documento riportava le principali modifiche richieste dall'Amministrazione che consistevano, in particolare, in una diversa posizione dello sfioratore di carico del bacino e nell'eliminazione della cosiddetta pre-vasca e della piccola idrovora originariamente previste per far fronte agli eventi di piena meno importanti.

Questa versione del progetto è stata sottoposta all'esame della Commissione Regionale VIA che, in data 9 ottobre 2013, ha valutato che l'intervento non comporta impatti negativi significativi sulle componenti ambientali e ha quindi ritenuto di poterlo escludere dalla procedura VIA con la seguente prescrizione: "*Nelle successive fasi progettuali venga prevista l'installazione di teleidrometro per il monitoraggio delle portate e dei livelli idrometrici*".

Successivamente a tale data, a seguito della comunicazione da parte dei proprietari dell'ex-mulino che ricade entro l'area di intervento di preferire la soluzione della vendita dell'immobile invece di conterminare lo stesso con un'arginatura di difesa, è stata effettuata la presente revisione del progetto che recepisce l'acquisizione in capo all'Amministrazione dell'immobile stesso e ne prevede la demolizione. Conseguentemente viene prevista la ricostruzione dell'argine maestro del T. Tramigna nel tratto attualmente interessato da un lato dell'edificio e dal muro di contenimento dell'area scoperta adiacente.

2. INQUADRAMENTO GENERALE

2.1 Il sistema idrografico del Tramigna – Alpone

Il bacino di San Lorenzo è collocato alla confluenza del Tramigna con l'Alpone nella parte meridionale del bacino idrografico complessivo del sistema Chiampo-Alpone (Fig. 2.1). Si tratta di una porzione del territorio compreso tra l'alveo del Tramigna, a ovest, l'alveo dell'Alpone, a sud, un rilevato stradale e le pendici del versante collinare, ad est, e l'abitato di Soave sul lato nord. Essa costituisce un'area altimetricamente depressa rispetto alle zone circostanti, che, durante i recenti eventi di piena verificatisi che hanno causato allagamenti nei comuni di Soave e Monteforte d'Alpone, è stata, di fatto, la destinazione finale delle acque fuoriuscite dagli alvei per rotte o cedimenti arginali o per sormonto delle difese.

2.2 Obiettivi dell'intervento

L'intervento è finalizzato alla riduzione del rischio idraulico dei territori della provincia di Verona ricadenti nel bacino del fiume Adige interessati dalle piene del torrente Tramigna ed in particolare della città di Soave. Esso consiste principalmente nel completamento delle opere di arginatura e di regolazione in parte già realizzate dal Genio Civile di Verona a seguito degli eventi alluvionali dell'autunno 2010.

Con gli interventi in progetto, insieme alle opere già realizzate o in corso di completamento (paratoia di interclusione del Tramigna, rialzo dei muri di sponda del corso d'acqua nell'abitato di Soave, paratoia per lo svuotamento del bacino di San Lorenzo) si vuole realizzare un sistema di difesa idraulica con il quale controllare l'eventuale immissione delle acque del Tramigna nell'area in esame, facendo in modo che, in condizioni di emergenza, l'invaso delle acque all'interno del bacino costituisca una misura di sicurezza per il territorio adiacente e, come detto, in particolare per la città di Soave.

Come richiesto nel "*Piano delle azioni e degli interventi di mitigazione del rischio idraulico e geologico*" predisposto a seguito dell'evento alluvionale del 31 ottobre - 2 novembre 2010, ai sensi dell'art. 1, comma 3, lettera g) dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3906 del 13 novembre 2010, e come ribadito nella seduta del 19 novembre 2012 del Comitato tecnico-scientifico in materia di rischio idraulico e geologico, che affiancava il *Commissario Delegato per il superamento dell'Emergenza derivante dagli eventi alluvionali che hanno colpito il territorio della Regione Veneto nei giorni dal 31 ottobre al 2 novembre 2010*, nella quale, a seguito della redazione del Progetto Preliminare, si esprimeva parere favorevole alla realizzazione dell'opera, nelle indagini idrologico-idrauliche condotte a supporto del Progetto Definitivo:

- si sono considerati gli effetti prodotti dalle opere di mitigazione previste nel *Piano delle azioni e degli interventi* per il sistema idrografico complessivo del Chiampo-Alpone, vale a dire l'ampliamento del bacino di Montebello, l'utilizzo del bacino di San Vito, ad uso di laminazione delle massime piene del torrente Aldegà e del Chiampo e la realizzazione del bacino di invaso Colombaretta;
- si sono utilizzati gli idrogrammi di portata calcolati dall'Autorità di Bacino dell'Alto Adriatico nel gennaio 2013 per tutti i corsi d'acqua di interesse;
- si sono eseguite verifiche sul funzionamento dell'opera considerando idrogrammi di portata corrispondenti ad eventi di piena generati da precipitazioni caratterizzate da tempi di ritorno variabili da 2 anni a 100 anni e da durate variabili da 6 ore a 36 ore.

I risultati delle indagini condotte nell'ambito del presente progetto hanno peraltro evidenziato che per garantire la sicurezza idraulica al territorio in esame, in particolare a quello attraversato dal torrente Tramigna, con riferimento ad eventi di piena generati da precipitazioni prolungate nel tempo che abbiano una frequenza di verificarsi fino a una volta ogni 100 anni, sarebbe necessario realizzare un ulteriore invaso in grado di accumulare temporaneamente i volumi in eccesso residui che potrebbero ancora fuoriuscire dal corso d'acqua a monte di Soave e nel tratto in attraversamento della città e dal bacino di San Lorenzo sul rilevato di via Fornace o interventi ad esso alternativi (scolmatori di piena, ecc.) o diffusi lungo i percorsi di monte del Tramigna stesso e del Tramignola, suo principale affluente.

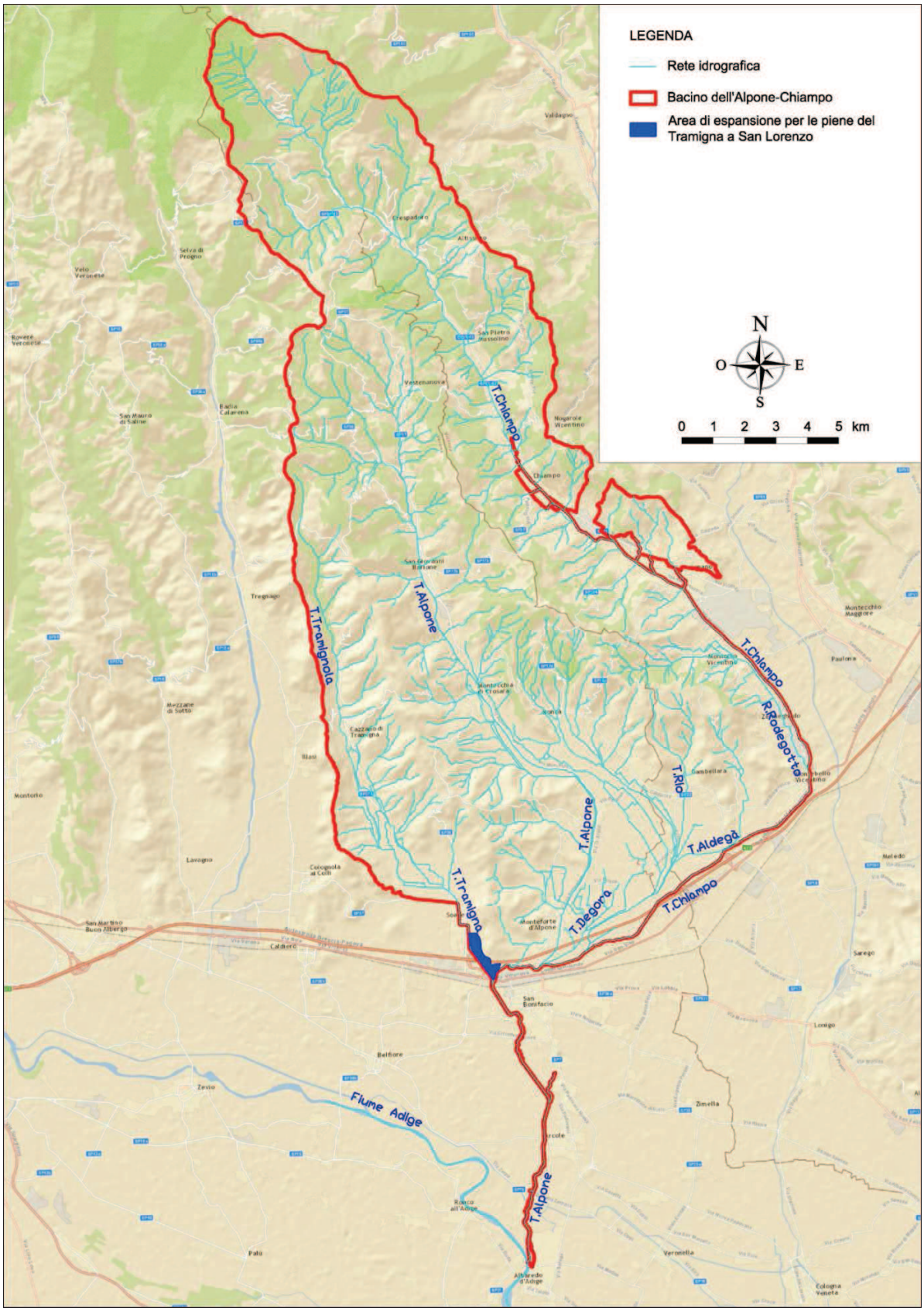

Fig. 2.1 - Corografia del bacino complessivo del sistema idrografico Alpone-Chiampo con evidenziata l'idrografia principale (Alpone e Chiampo stessi, nonché gli affluenti Aldegà, Tramigna e Degora) e la posizione dell'area di espansione per le piene del Tramigna a San Lorenzo.

3. VINCOLI, CRITERI E MOTIVAZIONI DELLE SCELTE PROGETTUALI

Nel progetto delle opere si è tenuto conto dei seguenti vincoli, criteri e motivazioni progettuali:

- utilizzare i rilevati arginali esistenti per la delimitazione della cassa. In particolare l'argine del Tramigna rappresenta il limite ad ovest, quello dell'Alpone una parte del limite ad est, il nuovo argine del Genio Civile a protezione di Soave rappresenta il limite a nord;
- lungo il perimetro ad est la morfologia dei luoghi consente di poter disporre di quote altimetriche che gradualmente si portano alla quota di sicurezza, 32.0 m s.l.m., senza che vi sia la necessità di realizzare arginature. Soltanto due aree, peraltro già protette da muri in elevazione, richiedono che queste conterminazioni siano impermeabili a tutti gli effetti;
- lasciare inalterato il profilo altimetrico di via Fornaci a quota di 31.5 m s.l.m., strada che rappresenta il completamento del perimetro della vasca sul lato orientale, in modo da garantire un eventuale troppo pieno alla vasca stessa;
- riutilizzare tutto (o comunque in gran parte) il materiale scavato nell'ambito del cantiere ed evitare (o ridurre al minimo) l'approvvigionamento di terre dall'esterno;
- mantenere l'utilizzo agricolo dei terreni posti all'interno dei bacini di laminazione.

Come già illustrato al paragrafo 2.2, nella redazione del progetto si sono anche osservate le indicazioni e le prescrizioni idrauliche previste sia dal "*Piano delle azioni e degli interventi di mitigazione del rischio idraulico e geologico*", sia dal Comitato tecnico-scientifico in materia di rischio idraulico e geologico, che affiancava il *Commissario Delegato per il superamento dell'Emergenza derivante dagli eventi alluvionali che hanno colpito il territorio della Regione Veneto nei giorni dal 31 ottobre al 2 novembre 2010*, espresse nel corso della seduta del 19 novembre 2012.

4. ATTIVITÀ E STUDI A SUPPORTO DEL PROGETTO

Per il dimensionamento delle opere in progetto si sono considerati i risultati di tutti gli studi propedeutici eseguiti a supporto del progetto stesso, elencati e sinteticamente illustrati nei paragrafi seguenti.

4.1 Dati cartografici e rilievi topografici

A supporto della progettazione delle opere si sono utilizzati sia elementi di carattere cartografico e topografico già esistenti, messi a disposizione da parte della Pubblica Amministrazione, sia rilievi topografici appositamente eseguiti.

In particolare, si sono utilizzati i seguenti dati esistenti:

- alcuni elementi della Carta Tecnica Regionale Numerica in formato vettoriale della Regione Veneto;
- alcune ortofotocarte del fotopiano IT2006 della Regione Veneto;
- i risultati di campagne di rilievo eseguite dal Genio Civile di Verona lungo gli alvei dei corsi d'acqua di interesse, Alpone, Tramigna, Chiampo e Aldegà;
- i risultati del rilievo in volo del territorio in esame, eseguito con tecnica laser scanner (LIDAR), resi disponibili dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e forniti dalla Regione Veneto.

Ad integrazione dei dati esistenti, a supporto delle attività di progettazione vera e propria, si sono utilizzati i risultati del rilievo topografico appositamente eseguito con tecnica tradizionale dal geom. Ottavio Tommasi di Sant'Ambrogio di Valpolicella (VR) che ha riguardato soprattutto le posizioni corrispondenti all'inserimento delle opere in progetto e quindi, in particolare:

- l'area dell'opera di presa e dello sfioratore;
- l'argine nord del bacino;
- il limite orientale del bacino a partire dal nuovo argine di protezione di Soave lungo via San Lorenzo fino al sovrappasso A4;
- le scarpate dell'autostrada nel tratto compreso tra l'argine del Tramigna e il cavalcavia del nuovo svincolo;
- il rilevato dello svincolo tra la S.S. n. 41 e via San Lorenzo;
- il rilevato stradale di via Fornace;
- l'area intorno all'ex-mulino a valle dell'autostrada;
- l'area nell'intorno del canale di scarico in Tramigna, per un tratto di 50 m di lunghezza, a nord dell'autostrada, nei pressi della nuova paratoia di scarico realizzata dal Genio Civile di Verona;
- l'area intorno ad un fabbricato rurale in prossimità della scarpata stradale di via San Lorenzo.

4.2 Indagini e inquadramento geologico-geotecnico dell'area in esame

Per la redazione del progetto definitivo sono state eseguite le indagini geognostiche per la determinazione e caratterizzazione dei terreni. Sono stati eseguiti 10 sondaggi con prelievo di campione indisturbato e 8 prove penetrometriche statiche (CPTU). Inoltre, sono state eseguite, sia sui campioni indisturbati sia su prelievi superficiali eseguiti nell'area di interesse, delle analisi chimiche per la caratterizzazione dei terreni.

Dalle suddette indagini e dall'utilizzo di carte geomorfologiche risulta che l'area in oggetto è caratterizzata da terreni di natura alluvionale con la presenza di:

- un substrato roccioso sopra a depositi di materiale fine limo-argilloso, nella parte orientale;
- uno strato di argilla debolmente limosa poggiante su lenti di sabbia, nella parte meridionale;
- strati alternati di argilla limosa o debolmente limosa con strati di sabbia, nella parte settentrionale.

Dalle indagini svolte si rileva che la profondità della falda freatica rispetto al p.c. presenta valori variabili ma generalmente è compresa tra i -2,5 m e -5,0 m dal p.c.. Tali valori sono relativi a pozzi freatici presenti nell'area del bacino San Lorenzo utilizzati per la misura del livello di falda. Le linee di deflusso della falda freatica sono orientate da NNO verso SSE.

Per la caratterizzazione geotecnica dell'area del bacino sono state eseguite indagini di due tipi: una di inquadramento dell'area nel suo complesso, sia dal punto di vista dei principali parametri geotecnici, sia di quelli sismici, la seconda caratterizzata da una verifica più puntuale dei rilevati stradali e arginali presenti con la definizione degli interventi di protezione e consolidamento.

Come sopra citato, la prima indagine, eseguita a cura del dr. ing. Riccardo Zoppellaro, si è soffermata sulla valutazione degli aspetti di criticità riscontrabili in modo particolare sui rilevati presenti nell'area come le problematiche riguardanti la filtrazione, la liquefazione e la consistenza dei terreni rispetto alle caratteristiche di invaso per cui si progetta il bacino. Inoltre è stata eseguita una caratterizzazione sismica dell'area utile ai fini del calcolo strutturale dei diversi manufatti e per il dimensionamento delle opere di consolidamento e protezione dei rilevati.

La seconda indagine geotecnica riguarda, come detto, la verifica a stabilità di tutte le arginature e dei rilevati stradali con particolare attenzione alle soluzioni tecniche da adottare rispetto alle criticità riscontrate.

In particolare, dalla verifica è emersa la necessità di intervenire innanzitutto per la stabilizzazione del piede dell'arginatura destra del T. Alpone nel tratto terminale, in secondo luogo per l'impermeabilizzazione dell'arginatura nord e di un tratto del rilevato stradale di Via Fornace e, infine, per la protezione della zona di fontana sospesa del rilevato autostradale al fine di evitare fenomeni erosivi durante le fasi di invaso e svaso del bacino.

4.3 Studio idrologico e idraulico

Per le indagini idrologiche ed idrauliche eseguite a supporto del progetto si sono utilizzati due diversi modelli matematici:

- un modello di tipo idrologico che consente di ricostruire, partendo dalle precipitazioni, la formazione delle onde di piena ipotetiche nel sistema idrografico costituito dall'Alpone e dal Chiampo e dai loro affluenti principali, vale a dire l'Aldegà e il Tramigna;
- un modello di tipo idrodinamico uni-bidimensionale ad elementi finiti triangolari che consente di seguire lungo la rete idrografica che si dirama sull'area considerata le modalità con cui si propagano le piene e, nel caso di fenomeni di esondazione, l'espansione dell'onda di sommersione e degli allagamenti sui terreni adiacenti ai corsi d'acqua.

Le analisi e le indagini condotte sono state sostanzialmente finalizzate:

- alla messa a punto preventiva dei modelli matematici, idrologico e idrodinamico uni-bidimensionale, utilizzando le registrazioni pluviometriche e idrometriche rilevate nelle stazioni dell'ARPAV nel corso di alcuni eventi di piena, come quelli dei giorni 30 ottobre-4 novembre

2010, 15-17 novembre 2010, 21-26 dicembre 2010 e 15-18 marzo 2011, alcuni dei quali avevano provocato allagamenti nelle zone di Soave e Monteforte d'Alpone;

- alla valutazione, nella situazione attuale, delle condizioni di deflusso delle portate massime probabili nelle aste del reticolo idrografico considerato, in particolare nel Tramigna, tenendo conto degli effetti delle possibili esondazioni nei tratti maggiormente critici;
- alla stima dell'estensione delle aree allagate a seguito di tali esondazioni e delle relative altezze della lama d'acqua sul terreno mediante una schematizzazione bidimensionale del territorio adiacente ai corsi d'acqua;
- alla valutazione del miglioramento della sicurezza idraulica del territorio attraversato dal Tramigna nel suo tratto terminale, specialmente di Soave, a seguito dell'adeguamento in quota delle difese di sponda nel centro abitato e dell'attivazione della paratoia di interclusione del Tramigna stesso, realizzata sul paramento di valle del ponte della S.R. n. 11 con lo scopo di sconnettere idraulicamente il corso d'acqua dal suo ricettore, l'Alpone, nelle fasi di piena;
- alla valutazione degli interventi in progetto (utilizzo del bacino di San Lorenzo come area di espansione per le acque di piena del Tramigna) al fine di mettere in sicurezza il territorio rispetto ai possibili fenomeni di esondazione del corso d'acqua, esaminando con il modello idrodinamico gli effetti conseguenti alla realizzazione degli interventi stessi e le dimensioni delle opere.

Come richiesto dal Comitato tecnico-scientifico, nelle verifiche idrauliche si sono considerati come condizioni al contorno di monte gli idrogrammi di portata generati da precipitazioni con tempo di ritorno variabile da 2 anni a 100 anni e con durata variabile da 6 ore a 36 ore forniti dall'Autorità di Bacino, peraltro opportunamente modificati rispetto a quelli originali per tenere conto dell'intervento degli altri bacini di laminazione previsti nel Piano degli Interventi, vale a dire quello di Montebello, per il Chiampo, e quello di Colombaretta, per l'Alpone.

Le indagini modellistiche hanno consentito di supportare le scelte per le opere in esame ed in particolare per quella di alimentazione dell'area di espansione di San Lorenzo per la quale, dopo alcune simulazioni preliminari di progetto, si sono adottate una lunghezza di 60 m ed una quota della soglia sfiorante di 31.00 m s.m..

Una volta dimensionati gli elementi caratteristici del manufatto di alimentazione del bacino, si sono valutati quali sono gli eventi di piena sintetici, distinti per la frequenza di accadimento e per la durata delle precipitazioni che li possono generare, che l'intervento dell'opera in esame consente di controllare senza che si verifichino allagamenti sulle aree adiacenti al Tramigna e circostanti all'invaso stesso, in particolare a Soave e lungo via Fornace.

A tale riguardo, in Tab. 4.1 sono riportati in forma sintetica, a confronto tra loro, alcuni risultati delle simulazioni di calcolo condotte per gli eventi di piena generati da precipitazioni con durata variabile da 6 ore a 36 ore e con tempo di ritorno compreso tra 2 anni e 100 anni. Sulla base di tali risultati si può rilevare soprattutto che:

- nella situazione di progetto gli invasi d'acqua nel bacino di San Lorenzo diventato significativi, con quote massime raggiunte oltre i 30 m s.m., a partire dalle durate più prolungate degli eventi meteorici (almeno 18 ore) per il tempo di ritorno di 5 anni e per le durate anche più brevi (6-12 ore) per gli eventi con tempo di ritorno di 20-50 anni (prospetti in colonne 2-3-4 e riga 2 in Tab. 4.1);
- con gli interventi in progetto, in particolare con l'attivazione del bacino di San Lorenzo (situazione 2 in Tab. 4.1), si annullano gli allagamenti a Soave per quasi tutti gli eventi indagati, fatta eccezione per 5 casi, quelli meno frequenti, caratterizzati da tempi di ritorno di 50 anni e 100 anni e dalle durate di precipitazione più prolungate, variabili da 24 ore a 36 ore (prospetto in colonna 2 e riga 3 in Tab. 4.1). Se si considerano, ad esempio, gli eventi centenari generati da piogge con durata di 24 ore e di 36 ore, le fuoriuscite d'acqua residue dal Tramigna a Soave, con

i conseguenti relativi allagamenti, ammonterebbero, rispettivamente, a volumi di circa 45˙000 m³ e di circa 170˙000 m³;

- nella situazione di progetto (situazione 2 in Tab. 4.1) il volume disponibile nel bacino di San Lorenzo non sarebbe comunque in grado di invasare temporaneamente, per tutti i casi indagati, il volume d'acqua che, arrivando nel Tramigna da monte ed a paratoia di interclusione del Tramigna stesso chiusa, sarebbe immesso nell'area di espansione attraverso lo sfioratore di carico. In tale condizione, che si verifica per gli eventi di piena a più elevato tempo di ritorno generati dalle precipitazioni a più lunga durata, a bacino pieno, l'acqua tracima sul rilevato stradale di via Fornace (quota 31.50 m s.m.) e allaga le aree poste ad est della strada stessa. Per gli eventi centenari generati da precipitazioni con durata di 24 ore e di 36 ore, il volume d'acqua che secondo il calcolo fuoriesce dal bacino è pari rispettivamente a circa 220˙000 m³ ed a circa 405˙000 m³.

Con riferimento a quanto riportato ai punti precedenti, volendo porre in sicurezza tutto il territorio attraversato dal Tramigna per eventi centenari generati da piogge con durate fino a 36 ore consecutive come quelli qui considerati, sarebbe quindi necessario realizzare un ulteriore invaso in grado di accumulare temporaneamente i volumi in eccesso residui che secondo il calcolo fuoriescono dal Tramigna stesso a monte di Soave e nel tratto in attraversamento della città e dal bacino di San Lorenzo sul rilevato di via Fornace. Tale invaso dovrebbe quindi avere un volume pari ad almeno 670˙000 m³ per fronteggiare l'evento meteorico centenario della durata di 24 ore e di 900˙000 m³ per quello centenario generato da piogge con durata di 36 ore. In ogni caso, potrebbero essere realizzati interventi alternativi rispetto all'invaso ulteriore, come scolmatori di piena, ecc., o interventi diffusi lungo i percorsi di monte del Tramigna stesso e del Tramignola, suo principale affluente.

Con il modello idraulico si è anche valutato che per le piene dell'ottobre-novembre 2010 e del marzo 2011, l'intervento delle opere previste lungo il Tramigna avrebbe consentito di controllare i deflussi delle piene stesse annullando sostanzialmente i fenomeni di sormonto arginale nell'abitato di Soave e quindi anche i conseguenti allagamenti del territorio adiacente. Nei due casi esaminati, le acque all'interno del bacino di San Lorenzo avrebbero raggiunto quote di circa 31.3 m s.m., per l'evento dell'ottobre-novembre 2010, e di circa 29.6 m s.m., per l'evento del marzo 2011, a cui corrispondono valori del volume d'acqua invasato pari rispettivamente a 790˙000 m³ ed a 240˙000 m³.

Con riferimento ai tempi di svuotamento del bacino si è valutato che una volta esaurita la piena e aperta la paratoia di interclusione del Tramigna, per completare lo svuotamento del bacino, a partire dalla quota di invaso di 31.00 m s.m., pari a quella della soglia dello sfioratore di carico, e considerando l'apertura totale della nuova paratoia di scarico prevista poco a monte del ponte dell'autostrada in sponda sinistra del corso d'acqua, sarà necessario un tempo di 16-20 ore, a seconda delle zone del bacino stesso.

Se si considera invece un evento di piena generato da precipitazioni con tempo di ritorno di 100 anni e di durata di 36 ore, il più cautelativo tra tutti quelli considerati nello studio, il riempimento del bacino si completerebbe in circa 13 ore, il livello resterebbe sui valori massimi per ulteriori 7 ore e lo svuotamento, prima attraverso lo stesso sfioratore di carico e quindi attraverso la paratoia di scarico del bacino, ipotizzando di aprirla nella fase discendente della piena stessa, quando la differenza del livello dell'acqua nell'interno dell'invaso e nel Tramigna raggiunga il valore di circa 70 cm, si completerebbe in circa ulteriori 40-50 ore. In buona sostanza, facendo riferimento a questo evento di piena, la presenza dell'acqua nell'area di espansione di San Lorenzo si protrarrebbe, secondo il calcolo, per un tempo di circa 68 ore, inferiore ai 3 giorni. Nelle stesse ipotesi di calcolo, lo svuotamento del bacino, dal momento dell'apertura della paratoia di scarico, sarebbe invece completato in circa 40 ore.

Relativamente alla frequenza di utilizzo del bacino in esame si è stimato che l'allagamento dei terreni nel bacino di San Lorenzo diventa significativo per gli eventi di piena con tempo di ritorno superiore ai 2 anni. Ad esempio, quote d'acqua di 30.0 m s.m., con tiranti medi di 1.0-1.2 m, sono raggiunte per gli eventi di piena generati dalle piogge con durata più prolungata (almeno 18 ore) per il tempo di ritorno di 5 anni e per le durate anche più brevi (6-12 ore) per gli eventi con tempo di ritorno di 20-50 anni.

Con opportune modellazioni dei manufatti, si è infine provveduto alle verifiche sulla funzionalità sia dell'opera di presa del bacino di San Lorenzo, con un modello matematico bidimensionale locale, sia dell'opera di dissipazione posta al piede di valle dello sfioratore di alimentazione del bacino stesso.

SITUAZIONE 1
"SIpar-NObac" (NO bacino di San Lorenzo)
Soave: 31.76 m s.m. (parziale)
Via Fornace: 31.25-31.40 m s.m.
Paratoia Tramigna SI
Bacino San Lorenzo NO

Chiusura della paratoia del Tramigna

Tp \ Tr	2	5	10	20	50	100
6	NO	NO	NO	SI	SI	SI
12	NO	NO	SI	SI	SI	SI
18	NO	SI	SI	SI	SI	SI
24	NO	SI	SI	SI	SI	SI
30	NO	SI	SI	SI	SI	SI
36	NO	SI	SI	SI	SI	SI

Quota invaso nel bacino di San Lorenzo

Tp \ Tr	2	5	10	20	50	100
6	-	-	-	-	28.31	28.36
12	-	-	-	28.37	28.45	28.50
18	-	-	28.37	28.45	28.52	28.56
24	-	-	28.43	28.51	28.57	28.61
30	-	-	28.45	28.53	28.60	28.64
36	-	-	28.49	28.55	28.63	28.67

Allagamenti Soave

Tp \ Tr	2	5	10	20	50	100
6	NO	NO	SI	SI	SI	SI
12	NO	SI	SI	SI	SI	SI
18	NO	SI	SI	SI	SI	SI
24	NO	SI	SI	SI	SI	SI
30	NO	SI	SI	SI	SI	SI
36	NO	SI	SI	SI	SI	SI

Allagamenti via Fornace

Tp \ Tr	2	5	10	20	50	100
6	NO	NO	NO	NO	NO	NO
12	NO	NO	NO	NO	NO	NO
18	NO	NO	NO	NO	NO	NO
24	NO	NO	NO	NO	NO	NO
30	NO	NO	NO	NO	NO	NO
36	NO	NO	NO	NO	NO	NO

SITUAZIONE 2
"Progetto"
Soave: 31.76 m s.m.
Via Fornace: 31.50 m s.m.
Paratoia Tramigna SI
Bacino San Lorenzo SI

Chiusura della paratoia del Tramigna

Tp \ Tr	2	5	10	20	50	100
6	NO	NO	SI	SI	SI	SI
12	NO	SI	SI	SI	SI	SI
18	NO	SI	SI	SI	SI	SI
24	NO	SI	SI	SI	SI	SI
30	NO	SI	SI	SI	SI	SI
36	NO	SI	SI	SI	SI	SI

Quota invaso nel bacino di San Lorenzo

Tp \ Tr	2	5	10	20	50	100
6	-	28.67	29.45	29.86	30.28	30.54
12	-	29.61	30.18	30.60	31.05	31.26
18	28.32	30.01	30.65	31.12	31.47	31.64
24	28.77	30.32	31.06	31.46	31.71	31.73
30	28.67	30.38	31.20	31.61	31.73	31.74
36	28.50	30.45	31.33	31.70	31.74	31.74

Allagamenti Soave

Tp \ Tr	2	5	10	20	50	100
6	NO	NO	NO	NO	NO	NO
12	NO	NO	NO	NO	NO	NO
18	NO	NO	NO	NO	NO	NO
24	NO	NO	NO	NO	NO	SI
30	NO	NO	NO	NO	SI	SI
36	NO	NO	NO	NO	SI	SI

Allagamenti via Fornace

Tp \ Tr	2	5	10	20	50	100
6	NO	NO	NO	NO	NO	NO
12	NO	NO	NO	NO	NO	NO
18	NO	NO	NO	NO	NO	SI
24	NO	NO	NO	NO	SI	SI
30	NO	NO	NO	SI	SI	SI
36	NO	NO	NO	SI	SI	SI

SITUAZIONE 3
"Progetto e rialzo temporaneo difese Soave"
Soave: 32.00 m s.m.
Via Fornace: 31.50 m s.m.
Paratoia Tramigna SI
Bacino San Lorenzo SI

Chiusura della paratoia del Tramigna

Tp \ Tr	2	5	10	20	50	100
6	NO	NO	SI	SI	SI	SI
12	NO	SI	SI	SI	SI	SI
18	NO	SI	SI	SI	SI	SI
24	NO	SI	SI	SI	SI	SI
30	NO	SI	SI	SI	SI	SI
36	NO	SI	SI	SI	SI	SI

Quota invaso nel bacino di San Lorenzo

Tp \ Tr	2	5	10	20	50	100
6	-	28.67	29.45	29.86	30.28	30.54
12	-	29.61	30.18	30.60	31.05	31.26
18	28.32	30.01	30.65	31.12	31.47	31.64
24	28.77	30.32	31.06	31.46	31.71	31.78
30	28.67	30.38	31.20	31.61	31.78	31.82
36	28.50	30.45	31.33	31.70	31.82	31.83

Allagamenti Soave

Tp \ Tr	2	5	10	20	50	100
6	NO	NO	NO	NO	NO	NO
12	NO	NO	NO	NO	NO	NO
18	NO	NO	NO	NO	NO	NO
24	NO	NO	NO	NO	NO	NO
30	NO	NO	NO	NO	NO	NO
36	NO	NO	NO	NO	NO	SI

Allagamenti via Fornace

Tp \ Tr	2	5	10	20	50	100
6	NO	NO	NO	NO	NO	NO
12	NO	NO	NO	NO	NO	NO
18	NO	NO	NO	NO	NO	SI
24	NO	NO	NO	NO	SI	SI
30	NO	NO	NO	SI	SI	SI
36	NO	NO	NO	SI	SI	SI

SITUAZIONE 4
"Progetto e rialzo temporaneo difese Soave e via Fornace"
Soave: 32.00 m s.m.
Via Fornace: 32.00 m s.m.
Paratoia Tramigna SI
Bacino San Lorenzo SI

Chiusura della paratoia del Tramigna

Tp \ Tr	2	5	10	20	50	100
6	NO	NO	SI	SI	SI	SI
12	NO	SI	SI	SI	SI	SI
18	NO	SI	SI	SI	SI	SI
24	NO	SI	SI	SI	SI	SI
30	NO	SI	SI	SI	SI	SI
36	NO	SI	SI	SI	SI	SI

Quota invaso nel bacino di San Lorenzo

Tp \ Tr	2	5	10	20	50	100
6	-	28.67	29.45	29.86	30.28	30.54
12	-	29.61	30.18	30.60	31.05	31.26
18	28.32	30.01	30.65	31.12	31.47	31.69
24	28.77	30.32	31.06	31.46	31.83	31.99
30	28.67	30.38	31.20	31.63	31.99	32.00
36	28.50	30.45	31.33	31.81	32.00	32.00

Allagamenti Soave

Tp \ Tr	2	5	10	20	50	100
6	NO	NO	NO	NO	NO	NO
12	NO	NO	NO	NO	NO	NO
18	NO	NO	NO	NO	NO	NO
24	NO	NO	NO	NO	NO	SI
30	NO	NO	NO	NO	SI	SI
36	NO	NO	NO	NO	SI	SI

Allagamenti via Fornace

Tp \ Tr	2	5	10	20	50	100
6	NO	NO	NO	NO	NO	NO
12	NO	NO	NO	NO	NO	NO
18	NO	NO	NO	NO	NO	NO
24	NO	NO	NO	NO	NO	NO
30	NO	NO	NO	NO	NO	SI
36	NO	NO	NO	NO	SI	SI

Tab. 4.1 – Eventi di piena generati da piogge con Tr variabile da 2 anni a 100 anni e Tp variabile da 6 ore a 36 ore: indicazioni sulla chiusura/apertura della paratoia di interclusione del Tramigna, sull'intervento del bacino di S. Lorenzo (con quota raggiunta dall'acqua nel suo interno), sugli allagamenti da via Fornace [con eventuale interessamento della A4(☐)] e sugli allagamenti in Soave, valutate nelle 4 situazioni esaminate "SIpar-NObac", "Progetto", "Progetto e rialzo temporaneo difese Soave", "Progetto e rialzo temporaneo difese Soave e in via Fornace".

5. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

Gli interventi in progetto consistono sostanzialmente nella realizzazione delle opere per la derivazione della portata del Tramigna nell'area di espansione, di quelle occorrenti per il completamento del manufatto per lo svuotamento dell'area stessa e, infine, di quelle necessarie per rialzare le difese idrauliche e/o la conterminazione del bacino di San Lorenzo in alcuni punti critici. Nei paragrafi successivi sono descritti gli interventi in progetto.

5.1 Manufatti idraulici

Per il funzionamento idraulico del bacino sono previsti i seguenti manufatti idraulici:
- opera di presa;
- sfioratore;
- vasca di dissipazione;
- opera di scarico (in parte esistente).

5.1.1 Opera di presa

L'opera di presa è posizionata all'estremo nord-ovest del bacino di laminazione ed è costituita da un varco sull'arginatura del Tramigna, lungo 14 m nel punto più stretto, attraverso il quale le acque del fiume in piena possono entrare in una vasca laterale provvista di sfioratore.

L'imbocco, opportunamente raccordato per ridurre le perdite di carico, si allarga al piede dell'argine lato fiume fino a 38 m, mentre il fondo della vasca è inclinato verso fiume per consentire l'accesso all'alveo da parte dei mezzi d'opera che possono accedere dalla sommità arginale, per eseguire eventuali interventi di manutenzione della vasca stessa o dell'alveo del fiume. I muri in elevazioni e il fondo della vasca sono rivestiti in pietrame a lastre dello spessore medio di 30 cm posate su un sottofondo in calcestruzzo armato al fine di sostenere e ripartire i carichi dei mezzi d'opera.

Per mantenere la percorribilità arginale e la continuità della strada di accesso ai fondi agricoli presenti nel bacino, il progetto prevede la realizzazione di un ponte di 1ª categoria, realizzato con travi prefabbricate in C.A.P., lungo quanto il varco realizzato sull'argine e largo 7.5 m. Sul bordo del ponte si prevede l'installazione di un guard-rail in acciaio del tipo H2 alle estremità del quale si inseriranno delle porzioni di parapetto in acciaio da porsi lungo i muri d'ala dell'opera di presa. Tutte le murazioni verticali, con l'esclusione delle cordonature di testa sono rivestite in pietra locale ad opera incerta. I dettagli costruttivi sono illustrati negli elaborati grafici 3.5.1, 3.5.2 e 3.5.3.

5.1.2 Sfioratore

La vasca di sfioro, posta subito oltre la presa, è costituita da un canale in contropendenza di forma trapezioidale confinato sul lato sinistro dall'arginatura nord esistente e su quello destro dalla soglia dello stesso sfioratore. Dal varco in corrispondenza dell'argine sinistro del Tramigna, la larghezza della vasca di sfioro si restringe verso l'interno del bacino, dai 14 m iniziali, fino a ridursi, dopo circa 60 m, sulla rampa di accesso all'alveo, ad un valore di circa 4.40 m. La vasca, come la rampa di raccordo in progetto, è rivestita in lastre di pietra locale fugate su sottofondo di

calcestruzzo con la stessa tipologia costruttiva presente nell'opera di presa. La rampa di accesso alla vasca di sfioro e conseguentemente all'alveo, è sostenuta sul lato meridionale da una paratia di pali del diametro di 500 mm rivestita in pietra locale ad opera incerta per riprendere le tipologie murarie proprie del contesto costruttivo locale.

Lo sfioratore a servizio della vasca, è lungo 60 m e la sua sommità è posta a quota 31.0 m s.l.m. a circa 1.5÷1.7 m di altezza rispetto al piano campagna, attraverso il quale la portata del Tramigna, una volta chiusa la paratoia posta alla confluenza con l'Alpone, ed esaurito il volume d'invaso disponibile nell'asta fluviale, inizia a sfiorare nel bacino. Il ciglio superiore è sagomato secondo un profilo tipo Creager e non è rivestito in pietrame allo scopo di migliorare il deflusso e accompagnare la vena sfiorante, mentre la superficie verticale interna ed i muri laterali dell'opera sono rivestiti in pietra locale.

Le dimensioni della vasca e dello sfioratore sono state verificate con un modello matematico bidimensionale di dettaglio, mediante il quale si è potuto verificare il corretto funzionamento delle opere. Il tirante d'acqua che si stabilisce al di sopra dello sfioratore è pari a circa 35 cm nel caso in cui la portata da sfiorare sia quella massima convogliabile dal Tramigna lungo il tratto in attraversamento del centro abitato di Soave, pari a circa 25 m^3/s.

I dettagli costruttivi sono illustrati negli elaborati grafici 3.5.1, 3.5.2 e 3.5.3.

5.1.3 Vasca di dissipazione

A valle dello sfioratore il progetto prevede la realizzazione di un sistema costituito da una vasca per dissipare l'energia della corrente e da un breve tratto di canale di scarico per convogliare l'acqua all'interno della rete di scolo.

La vasca di dissipazione presenta una larghezza di 4.30 m per una lunghezza complessiva di circa 75 m, il fondo, posto all'incirca 50 cm al di sotto del piano campagna naturale, è rivestito in blocchi di pietra squadrati per uno spessore non inferiore a 70 cm posati su un letto di ghiaia. Sul lato opposto allo sfioratore, la vasca è confinata da un rilevato realizzato con la medesima tipologia, ovvero, in massi squadrati disposti a scogliera regolare. La sommità del rilevato è 1 m più alta rispetto al fondo della vasca che è caratterizzata da una leggera pendenza longitudinale verso il vicino fosso di scolo pari a circa 0.7 %.

La vasca è dimensionata in modo da contenere il risalto idraulico formato dalla corrente all'interno della stessa durante le fasi iniziali delle operazioni di invaso del bacino. Il rilevato disposto ortogonalmente alla direzione del flusso sostiene il livello idrometrico e contiene la lama stramazzante. Durante l'invaso del bacino, il flusso entrante, una volta dissipata l'energia, viene convogliato attraverso un canale di scarico verso la rete di scolo interna al bacino stesso. Il canale di scarico ha una lunghezza di circa 20 m e presenta una sezione trapezioidale di larghezza al fondo pari a 3.30 m e rivestito anch'esso in massi squadrati. Al termine del canale di scarico verrà praticata una apertura di 50 cm di larghezza sul muro di sponda in destra del canale di scolo esistente in modo da poter lasciar defluire la portata in arrivo mantenendo al contempo il livello sostenuto nella vasca di dissipazione per le portate maggiori in modo da garantire un cuscino d'acqua al piede dello sfioratore.

Questo sistema consente, in caso di portate di sfioro di poca entità, di recapitare le acque nel canale di scolo esistente senza interessare direttamente la campagna, oppure, per portate maggiori, di distribuire, sempre attraverso la rete di scolo, la portata su tutta l'area del bacino in maniera tale da ottenere un allagamento graduale e distribuito all'interno dell'area stessa.

In occasione di eventi particolarmente gravosi a tergo del rilevato di dissipazione è posta una ulteriore platea, per una larghezza di 2 m, rivestita in massi squadrati per evitare lo scalzamento del piccolo rilevato qualora dovesse verificarsi un sormonto dello stesso.

I dettagli costruttivi sono illustrati negli elaborati grafici 3.5.1, 3.5.2 e 3.5.3.

5.1.4 Opera di scarico (in parte esistente)

L'opera principale destinata allo svuotamento dell'area di espansione del bacino di San Lorenzo, in parte, già realizzata dal Genio Civile è posta subito a monte del tracciato dell'Autostrada A4 Milano – Venezia sull'argine sinistro del Tramigna.

Il progetto prevede di completare l'opera di scarico con una vasca in c.a in luogo di quella esistente e la ricalibratura e protezione per una lunghezza di circa 60 m del tratto terminale del canale di scarico.

Il Genio Civile di Verona ha già eseguito i lavori relativi alle due paratoie e agli attraversamenti all'interno dell'argine costituiti da una canna armata di dimensioni 2.0 x 2.0 m e da un tubo circolare in calcestruzzo del diametro di 60 cm. Gli interventi in progetto riguardano quindi il completamento dell'opera ed in particolare la realizzazione del raccordo con la tombinatura, della vasca di dissipazione e della ricalibratura del fosso di scolo.

Per quanto riguarda la vasca è prevista la realizzazione di un manufatto in calcestruzzo delle dimensioni in pianta pari a 5.00 m di larghezza e 10.70 m di lunghezza, diviso internamente da un setto che consente di separare la gestione del manufatto stesso.

Una parte sarà utilizzabile per derivazioni d'acqua dal Tramigna a scopo irriguo attraverso la condotta da 60 cm, la seconda parte costituirà la vasca per la dissipazione della corrente vera e propria che recapiterà l'acqua nel T. Tramigna attraverso la tombinatura da 2.0 x 2.0 m.

Entrambe le tombinature, sul lato interno sono presidiate rispettivamente da una paratoia a saracinesca per la condotta circolare da 60 cm e da una gargamatura per la posa di panconi per la canna armata, al fine di consentire, in caso di guasto la manutenzione sulle paratoie di regolazione esterne.

In testa alla vasca di scarico si prevede di realizzare una soglia trapezioidale di larghezza pari a 2.50 m e posta a quota 26.90 m s.l.m. dove si intesta il fosso di scolo che convoglia le acque dell'intero bacino.

La ricalibratura del fosso di scolo, a sagoma trapezia con base minore di larghezza 2.50 m e sponde inclinate a 45°, è prevista per una lunghezza complessiva di 80÷85 m, ovvero fino ad intercettare il ramo longitudinale del sistema di scolo. I primi 60 m di fosso, a partire dalla vasca, saranno rivestiti con lastre di pietra calcarea dello spessore medio di 30 cm poste su uno strato di allettamento realizzato in calcestruzzo armato dello spessore di 20 cm, mentre i restanti 20 m circa per raggiungere la confluenza saranno semplicemente puliti e risagomati.

I dettagli grafici relativi sono illustrati nell'elaborato 3.6.

5.2 Manufatti di conterminazione della cassa

Per delimitare le aree da assoggettare ad allagamento controllato dovuto alle piene del torrente Tramigna non è prevista, come si è detto, la realizzazione di nuovi rilevati arginali, ma vengono utilizzate le arginature e i manufatti esistenti.

Il limite occidentale del bacino è rappresentato dall'argine sinistro del Tramigna stesso, per un tratto lungo circa 1650 m, sopraelevato rispetto al piano campagna mediamente di 3.5 m. La quota media della sommità arginale pari a 32.00 m s.l.m. non viene modificata.

I sondaggi geotecnici e le successive verifiche statiche mettono in evidenza che l'argine è realizzato con terreni di natura impermeabile motivo per cui sentito il parere del genio Civile di Verona non si è ravvisata la necessità di rinforzare gli stessi.

Il limite settentrionale del bacino è rappresentato da un rilevato lungo circa 230 m realizzato in somma urgenza nel 2011 dal Genio Civile di Verona a seguito degli eventi di piena del 2010, allo scopo di proteggere dagli allagamenti il centro abitato di Soave. Il rilevato si trova ad una altezza media rispetto al piano campagna circostante di circa 2.5 m. Il profilo altimetrico di sommità si trova, per la parte centrale, a quote leggermente inferiori (31.70 m s.l.m.) rispetto alla quota di conterminazione prestabilita pari a 32.0 m s.l.m., motivo per cui si prevede in questo caso una modesta ricarica per l'adeguamento delle quote. L'argine è costituito, secondo quanto si evince dalle indagini geotecniche, da terreni granulari poco coesivi caratterizzati da un certo grado di permeabilità che potrebbero compromettere la stabilità del rilevato e la sua funzionalità. A tale proposito, in accordo con il Genio Civile di Verona, si è prevista la realizzazione un ringrosso arginale in argilla, dello spessore di 80 cm, da porsi sul lato interno al bacino per una estensione di circa 100m a partire dal manufatto di intercettazione della rete scolante fino alla rampa di accesso ai fondi posata in prossimità del parcheggio di accesso all'arginatura stessa. La parte posta tra l'opera di presa ed il manufatto di intercettazione non sarà interessata dal ringrosso in quanto già protetta con le opere previste per la vasca di sfioro e l'annessa rampa di accesso all'alveo. I dettagli dell'intervento sono riportati nell'elaborato grafico 3.11.

Il limite orientale del bacino è più articolato e per la maggior parte del suo sviluppo è rappresentato dal limite morfologico costituito dal pendio collinare, sul quale va a chiudersi con un andamento irregolare l'isoipsa caratterizzata dalla quota di 32.00 m s.l.m.

Procedendo da nord verso sud si incontra da principio un muro in calcestruzzo lungo circa 70 m a tergo del quale, per un primo tratto di 26 m, è presente un locale seminterrato. Per evitare che possano verificarsi delle infiltrazioni nel suddetto locale si prevede di impermeabilizzare tale muro a partire da quota 30.10 m s.l.m. fino a quota di 31.70 m s.l.m. con un rivestimento in materiale bituminoso e muro parallelo in calcestruzzo per evitarne un rapido degrado. Procedendo verso sud, la quota di conterminazione dell'invaso (32.0 m s.l.m. .) si colloca lungo i terreni coltivati a vigneto per un tratto di circa 260 m fino a intercettare, senza superarla, la strada provinciale di Via San Lorenzo che corre al piede del Monte Tondo.

Ancora più a sud il limite è costituito dal rilevato autostradale e quindi da quello della strada provinciale che sovrappassa l'autostrada stessa, con quote di gran lunga superiori a 32.0 m l.s.m..

A valle del rilevato dello svincolo il limite è rappresentato, infine. da terrazzamenti sostenuti da muri in elevazione.

Un primo muro di sostegno lungo 70 m, realizzato con pietrame a secco, sostiene un appezzamento coltivato a vigneto. In prosecuzione, verso est, un secondo muro in calcestruzzo armato fa da contenimento ad un fondo in cui è presente a quota elevata una abitazione con una sottostante autorimessa, il tutto a distanza adeguata dal limite del bacino. Un terzo muro di sostegno, più elevato dei precedenti, fa da confine con le aree scoperte di due edifici, provvisti di sottostanti autorimesse che in caso di infiltrazione dal sottosuolo e dal muro perimetrale potrebbero essere interessate da venute d'acqua e per cui oggetto di interventi di impermeabilizzazione.

Il limite del bacino prosegue lungo un tratto in rilevato che ospita la strada comunale di Via Fornace lungo circa 160 m fino all'argine dell'Alpone. Il rilevato, alto circa 3.0 m rispetto al piano campagna, è caratterizzato da una quota altimetrica che dai 31.30 m. s.m. iniziali, in località Ex Fornaci, si porta avvicinandosi all'argine dell'Alpone a quota superiore a 32.00 m s.l.m..

Il progetto non prevede in questo caso di adeguare le quote di sommità arginale alla quota di 32.0 m s.l.m. perché in caso di evento con caratteristiche ancor più gravi rispetto a quelle esaminate, questo tratto rappresenta il limite di troppo pieno del bacino stesso, potendo eventualmente le acque di piena espandersi in ulteriori aree coltivate poste a tergo del rilevato. Il fenomeno di sormonto si configura, in questa situazione estrema, come un'alternativa a eventuali sfiori che potrebbero avvenire nel centro abitato di Soave se quest'argine non fosse sormontabile.

Poiché il sondaggio eseguito dalla sommità ha messo in evidenza che il rilevato è costituito da materiali permeabili appoggiati su terreni compatti costituiti da argille limose, il progetto prevede di impedire eventuali filtrazioni all'interno del rilevato che ne potrebbero compromettere la stabilità, adottando una soluzione che consenta da un lato, di non modificare l'attuale impronta arginale in modo da evitare ulteriori espropri e dall'altro di regolarizzare e conterminare la superficie adibita allo sfioro. Si utilizza in questo caso una barriera all'acqua costituita da una palancolata profonda 5 m dal piano viario, realizzata con profili a Z dell'ingombro complessivo delle nervature non superiore a 32 cm ed infissa nel terreno con pinze vibranti ad alta frequenza in modo da non apportate danni alle strutture limitrofe nonché al nastro stradale stesso. La palancolata sarà posta sul lato orientale della strada sulla sommità del rilevato e collegata alla diaframmatura di sostegno del rivestimento del muro del vicino complesso ex-fornace. Sulla sommità della barriera sarà realizzato un cordolo in calcestruzzo armato la cui quota sommitale sarà posizionata a 31.50 m s.l.m.. In prossimità dell'arginatura dell'Alpone, a sud, e del raccordo alla diaframmatura, a nord, la quota sommitale si porterà rispettivamente a 31.80 m s.l.m. e 31.70 m s.l.m. in modo da formare una zona ben delimitata per consentire all'eventuale acqua in eccesso di sfiorare liberamente senza arrecare danni alle vicine arginature o strade. I dettagli dell'intervento sono riportati nell'elaborato grafico 3.9.

Sul lato di valle del rilevato, per evitare che nell'eventualità di sormonto la corrente possa asportare il terreno superficiale e innescare fenomeni erosivi sul rilevato stesso, si è previsto di asportare il terreno vegetale e mettere in opera una georete accoppiata ad una geostuoia tridimensionale anti-erosione, ricollocando successivamente il terreno vegetale precedentemente rimosso.

Il limite del bacino prosegue con il rilevato costituito dall'argine destro dell'Alpone per un tratto lungo circa 340 m sulla cui sommità prosegue la strada comunale di via Fornace.

Il rilevato si colloca ad un'altezza rispetto al piano campagna di 3.5 m, con sommità arginali dell'Alpone poste mediamente a quota pari a 32.5 m.s.m. e quindi in sicurezza.

Il rilevato arginale è costituito da materiale ghiaioso sabbioso fino alla profondità di 1.70 m, cui fa seguito un materiale limoso argilloso di natura poco permeabile. Dalle verifiche geotecniche effettuate emerge un deficit strutturale dell'argine che potrebbe avere problemi di stabilità globale. Pertanto si è previsto di realizzare una difesa profonda al piede dell'argine destro del T. Alpone all'interno dell'alveo. Attualmente la difesa spondale è costituita in parte da lastre in calcestruzzo ed in parte da pietrame fugato entrambi ancorati solidalmente al piede da una berma di larghezza media di 1.50 m e profondità variabile tra 1 e 1.5 m. Il consolidamento prevede la realizzazione di un cordolo in calcestruzzo di sezione minima pari a 100 x 80 cm, da realizzarsi all'interno della berma stessa, il quale ingloba dei pali piloti in c.a.c. cilindrici del diametro di 420 mm profondi almeno 10 m posti ad interasse di circa 2.5 m. Il volume di massicciata occupato dal cordolo di c.a. verrà ridisposto sopra l'attuale sagoma per rafforzare la protezione spondale. I dettagli dell'intervento sono riportati nell'elaborato grafico 3.11.

Il contorno del bacino si chiude a sud con un breve tratto di circa 50 m costituito dal rilevato su cui corre la S.S. 11 che collega in questo punto i due attraversamenti sull'Alpone e sul Tramigna.

Il rilevato si colloca mediamente a 3.0 m dal piano campagna, con quote assolute di 32.00 m s.l.m. tranne in un breve tratto dove è prevista una ricarica per adeguarne l'altimetria.

Complessivamente lo sviluppo delle arginature esistenti è di 2400 m.

5.3 Interventi di difesa e protezione

5.3.1 Protezione del rilevato autostradale

All'interno del bacino di laminazione è presente il rilevato dell'Autostrada Venezia-Milano. I due sondaggi eseguiti all'altezza delle due piazzole di servizio hanno messo in evidenza che il rilevato è costituito prevalentemente e per l'intera altezza di sabbie limose con intrusione di ghiaie che temono l'acqua.

Il rilievo topografico, invece, ha messo in evidenza che la parte più orientale del rilevato, nell'avvicinarsi al cavalcavia del nuovo svincolo della S.R. 11 con via San Lorenzo, presenta per circa 25 m quote inferiori alla quota di sicurezza, stabilita in 32 m s.l.m….

Dalle analisi geotecniche e statiche eseguite non emergono particolari problematiche, se non quella di creare una protezione al piede, per la prevenzione di eventuali fenomeni erosivi, utilizzando dei materassi flessibili in rete metallica riempiti di pietrame, dello spessore di 23 cm disposti su uno strato filtro di geotessuto da 300 g/m². Sopra all'intervento sarà ridisposto il terreno scavato per risagomare la sponda ed intasare i materassini al fine di permettere la rinaturalizzazione della sponda con l'ausilio di sementi a spaglio.

La lunghezza dell'intervento è di circa 330 m sul lato nord, di circa 265 m sul lato sud per complessivi 595 m.

La suddetta protezione prosegue in direzione di Venezia fino al cavalcavia della S.S. 11 e una volta completato l'intervento con un modesto riporto di terreno in sommità, è possibile mettere in sicurezza anche il ciglio autostradale, posto, come si è detto, a quota leggermente inferiore. Per evitare che comunque l'acqua del bacino possa trovare altre vie preferenziali per allagare l'autostrada, si rende necessario spostare in direzione Venezia i due embrici di scarico delle acque meteoriche presenti su entrambi i lati del rilevato e predisporre delle valvole di non ritorno sulle tubazioni che convogliano in questa area le acque di piattaforma, la cui quota inferiore di scorrimento è al di sotto del limite della massima capacità di invaso.

Nell'elaborato grafico 3.10 sono riportati i dettagli costruttivi dell'intervento di protezione.

5.3.2 Demolizione dell'ex mulino

Internamente al bacino di San Lorenzo, poco a valle del rilevato autostradale, è presente un fabbricato, indicato come ex-mulino, che interrompe la continuità dell'argine sinistro del Tramigna. Attualmente il fabbricato presenta due muri laterali di protezione che si dipartono dal fabbricato per innestarsi nel rilevato arginale, ma con una quota in sommità inferiore a quella di sicurezza di 32.00 m s.l.m..

Il progetto prevede la demolizione dell'edificio e dei muri laterali di protezione e la realizzazione di un tratto di raccordo tra le arginature esistenti a monte e a valle dell'attuale edificio.

Le arginature saranno realizzate in terra, prelevata per la maggior parte dall'opera di presa, fino al raggiungimento della quota sommitale minima di 32.00 m s.l.m. e protette lato Tramigna da una scogliera al piede per evitare fenomeni di scalzamento.

Gli interventi descritti sono rappresentati nell'elaborato grafico 3.7.

5.3.3 Rivestimento muro nord

Nella parte settentrionale del bacino, come si è detto, è presente un tratto di muro in c.a. a tergo del quale sono presenti alcuni locali seminterrati. Il piano campagna al piede del muro ha quota minima di 31.14 m s.l.m. e si alza gradualmente seguendo il muro verso il limite del bacino fino a quote superiori a quelle di sicurezza (32 m s.l.m.). Il progetto prevede la realizzazione di un cordolo di sottofondazione 60 cm x 60 cm del suddetto muro, la messa in opera di una guaina bituminosa e la successiva realizzazione di un muretto di protezione, alto circa 60 cm che termina nel punto in cui il terreno si porta a quota 31.70 m s.l.m..

Attualmente parte di questo rivestimento bituminoso, in evidente stato di degrado, è già presente e visibile per almeno un primo tratto fuori terra per un'altezza di circa 1.5÷2 m dal piano campagna. L'intervento si propone, oltre a quanto già esposto, di ripristinare la parte ammalorata oltre la quota di 31.70 m s.l.m. per il tratto in cui è visibile.

Come illustrato nell'elaborato grafico 3.8, il tratto interessato dall'intervento è lungo 26.50 m.

5.3.4 Rivestimento muro ex fornace

Al limite sud-orientale del bacino, come è stato evidenziato nella descrizione della conterminazione della cassa, è presente un muro in parte a secco in parte fugato con malta cementizia, che ha lo scopo di sostenere il terrapieno sul quale sono impostati due edifici e le relative aree di scoperto ad uso giardino. Al di sotto degli edifici sono presenti dei locali adibiti ad autorimessa la cui quota di imposta risulta inferiore alla quota massima di invaso prevista per il bacino.

Il sondaggio eseguito al piede del muro, a metà circa del tratto di interesse, ha messo in evidenza che al di sotto del muro è presente uno strato di materiale permeabile di circa 4 m e quindi la roccia.

Per evitare fenomeni di infiltrazione nei locali seminterrati e per garantire nello stesso tempo il drenaggio del terrapieno attraverso la muratura esistente il progetto prevede in questo caso di realizzare un diaframma impermeabile fino ad intercettare la roccia sottostante posta a mediamente a – 4 m dal piano campagna, e al di sopra di quest'ultimo un muro in elevazione, anch'esso impermeabile, con quota in sommità (31.70 m s.l.m.) superiore a quella della massima capacità di invaso (31.50 m s.l.m.).

Tra i due muri viene lasciata un'intercapedine che viene riempita con materiale drenante, per raccogliere mediante tubazioni, anch'esse drenanti, le acque di natura meteorica che provengono dal terrapieno. Le tubazioni in condizioni normali scaricano in un pozzetto con fondo a perdere, e sono provviste di valvola antiriflusso per la loro chiusura in caso di allagamento del bacino. Inoltre si prevede di installare 2 pozzetti delle dimensioni di 50x50 cm e profondi 3.0 m dotati di fori di drenaggio, all'interno dei quali è possibile installare due pompe ad immersione nell'eventualità che si verifichino fenomeni di filtrazione imprevisti durante l'allagamento della cassa.

La quota del piano campagna lungo il tratto in esame varia da quota 29.60 m s.l.m. fino a 31.50 m s.l.m, per cui il muro ha un'altezza massima fuori terra di 2.10 m che si riduce via via che ci si avvicina al termine del tratto di intervento.

I dettagli delle lavorazioni previste in questo tratto sono illustrati nella tavola 3.8. Il tratto di intervento ha una lunghezza complessiva di circa 110 m.

5.4 Sistema di telecontrollo e alimentazione dalla rete elettrica

Il progetto prevede la realizzazione di un sistema di telecontrollo per la rilevazione dei livelli idrometrici e la conseguente chiusura delle paratoie che mettono in comunicazione il bacino con l'esterno e il Tramigna con l'Alpone. L'ingresso della portata nel bacino avviene autonomamente quando il livello idrometrico raggiunge e supera il ciglio di sfioro, posto a quota 31.00 m s.l.m., e quindi non sono necessarie in questo caso opere di regolazione elettromeccanica.

Le paratoie in questione sono state installate dal Genio Civile di Verona durante la realizzazione dell'argine di conterminazione nord e nell'ambito della sistemazione dell'opera di restituzione in Tramigna delle acque di scolo del bacino.

Le due paratoie di scarico e la paratoia per l'intercettazione della rete idrografica interna posto sull'argine di conterminazione nord sono dotate di attuatori trifase costituiti da gruppi motore elettrici, riduttori, connessioni elettriche e sistema locale di regolazione, ma, attualmente non sono ancora collegate alla rete elettrica.

La paratoia di sconnessione del T. Tramigna dal T. Alpone, attualmente già allacciata alla rete elettrica, è provvista di un PLC di controllo dotato di commutatore telefonico per la gestione degli organi elettromeccanici in remoto, provvisto di alcune uscite libere appositamente previste per l'integrazione della rete di telecontrollo a servizio del bacino di San Lorenzo.

La gestione odierna della paratoia sul T. Tramigna avviene mediante l'acquisizione di un segnale che si riferisce all'intensità e alla direzione del flusso del torrente in corrispondenza della paratoia di intercettazione in modo da rilevare eventuali inversioni ed intervenire con la chiusura della stessa.

Ciò premesso e al fine di rendere funzionale e sicuro l'utilizzo e la gestione del bacino durante gli eventi di piena, integrando tra loro i sistemi esistenti, risulta opportuna l'installazione di un sistema di telecontrollo in remoto che consenta sia di monitorare in tempo reale l'evento tramite sensori di livello sia di effettuare le necessarie chiusure ed aperture degli organi meccanici presenti.

I principali elementi costituenti la rete di telecontrollo sono di seguito descritti:

1. **Paratoie su arginatura nord** – si prevede l'installazione di un quadro di comando per il controllo a distanza dei segnali di comando costituito da una cassetta in acciaio inox con serratura a chiave e classe di tenuta IP55 contenete un PLC locale di gestione e la relativa pulsantiera;
2. **Opera di presa –** è prevista l'installazione di un palo per l'illuminazione dell'opera sul quale sono installati due fari a proiezione di tipo a led a basso consumo dotati di sensore crepuscolare, una web-cam per esterni puntata sulla vasca di sfioro e un segnalatore acustico di allarme di imminente invaso. In corrispondenza dell'impalcato del ponte si prevede l'installazione di un sensore di livello ad ultrasuoni montato su braccio in acciaio zincato e di un'asta idrometrica fissa da applicarsi in prossimità dello sfioratore, all'interno della vasca di sfioro per il monitoraggio dei livelli idrometrici e la segnalazione di imminente invaso.
3. **Opera di scarico –** per quanto riguarda le paratoie a presidio di questa opera è prevista l'installazione di un quadro elettrico di comando per entrambe le paratoie costituito da una cassetta in acciaio inox con serratura a chiave e classe di tenuta IP55 contenente un PLC locale di gestione e la relativa pulsantiera e di un motore elettrico con gruppo di riduzione per la sola paratoia di scarico su tubazione da dn 600. Sulla sommità arginale, è previsto un palo per l' illuminazione dell'opera sul quale sono installati due fari a proiezione di tipo a led a basso consumo dotati di sensore crepuscolare e di una web-cam che punta verso l'opera di scarico nel lato interno al bacino. All'interno del manufatto di scarico (vasca) è

previsto un tubo dn 80 mm annegato nel getto al cui interno è inserito un misuratore di livello del tipo piezoresistivo ad immersione ed il cui segnale è portato mediante cavidotto interrato al pozzetto posto in sommità arginale. Si prevede, inoltre, di installare un'asta idrometrica all'interno della vasca di scarico, a sbalzo oltre l'altezza della sponda della vasca per 2.40 m.

Gli impianti descritti saranno cablati tra loro mediante due linee interrate, una di segnale in fibra ottica per la trasmissione dei dati sia tra i PLC locali e quello principale sia dai misuratori di livello, e la seconda di potenza con una linea di alimentazione trifase (FG7 3P+N) che partirà dall'allacciamento posto nei pressi del PLC.

Entrambe le linee seguiranno lo stesso percorso, partendo dall'attuale quadro posto a sud della vasca sull'argine destro del Tramigna. Si risalirà quest'ultimo fino al ponte autostradale che fornirà il supporto per l'attraversamento del corso d'acqua per passare sull'argine sinistro, da qui si proseguirà verso nord allacciando tutti i nodi descritti fino al sistema di paratoie poste sull'arginatura di conterminazione nord. Le linee saranno dotate, ogni 100 m ed in corrispondenza dei manufatti, di un pozzetto di ispezione 60x60cm dotato di setto di separazione interno per evitare disturbi di segnale tra le due linee.

Al fine di garantire un maggior grado di sicurezza si prevede di dotare i sensori di misura di livello dell'opera di presa e di scarico di un gruppo di continuità a batteria in modo da poter rilevare e trasmettere i dati anche in assenza di energia nella linea elettrica di potenza. Per la manovra degli organi elettromeccanici, in caso di assenza di corrente elettrica, si prevede l'utilizzo di un gruppo elettrogeno diesel carrellato già in dotazione al Genio Civile di Verona.

Per quanto concerne la gestione del bacino, il sistema di telecontrollo sopra descritto consente, al raggiungimento della quota di sfioro (31.0 m s.l.m.) rilevata dal sensore di livello posto a monte dello sfioratore, di trasmettere in automatico il segnale di chiusura della paratoia che intercetta il flusso del canale di scolo proveniente da Soave ed alle paratoie dell'opera di scarico, se eventualmente aperte, in modo da chiudere ogni fuoriuscita verso l'esterno del volume in corso di invaso.

Al termine dell'evento e con l'apertura delle paratoie del Tramigna, tramite i sensori di livello posti sia nell'opera di presa che più a sud sull'asta del Tramigna, si potrà decidere l'apertura della paratoia di scarico controllandone il grado, e, grazie al sensore di livello interno al bacino posto allo scarico, regolarne la velocità di vuotamento.

Nella tavola 3.13 è indicata la rete di telecontrollo con la posizione dei punti di acquisizione dei livelli, dei PLC ed i percorsi sia della linea di alimentazione sia di quella di segnale per la movimentazione degli organi di regolazione. Per completezza nella stessa tavola sono indicati anche i punti di illuminazione, di controllo visivo mediante web-cam e di allarme sonoro che il progetto prevede di installare in corrispondenza dell'opera di presa.

6. QUADRO ECONOMICO

Di seguito si riporta il quadro economico riassuntivo suddiviso per categorie con l'indicazione degli importi dei lavori a base d'appalto e delle somme a disposizione dell'Amministrazione Pubblica. L'importo totale dell'opera ammonta a 5'000'000 €.

	LAVORI A BASE D'APPALTO		
	CANTIERE E VIABILITÀ PROVVISORIA	€	81'285.40
	OPERA DI PRESA	€	917'508.24
	OPERA DI SCARICO	€	140'590.96
	INTERVENTI DI PROTEZIONE FABBRICATI	€	264'736.05
	INTERVENTI DI PROTEZIONE RILEVATI STRADALI	€	347'482.73
	RICALIBRATURA FOSSI	€	40'248.00
	RICARICHE E PROTEZIONI ARGINALI	€	261'100.84
	ECONOMIE	€	21'004.00
A1	**Totale importo lavori**	**€**	**2'073'956.22**
A2	**Oneri per la sicurezza (5% di A1)**	**€**	**103'697.81**
A	**IMPORTO LAVORI A BASE DI APPALTO**	**€**	**2'177'654.03**
	SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE		
B1	Allacciamento a pubblici servizi (I.V.A. compresa)	€	10'000.00
B2	Impianto di telecontrollo (I.V.A. compresa)	€	150'000.00
B3	Realizzazione di vasca per il sollevamento delle acque meteoriche provenienti dallo scolo a nord del bacino (I.V.A. compresa)	€	50'000.00
B4	Adeguamento dei sottoservizi per linea 7DM su scarpata autostradale (Preventivo di spesa da parte di Telecom Italia) (Importo I.V.A. compresa ed arrotondato)	€	15'000.00
B5	Spese tecniche per rilievi, indagini, progettazione esecutiva, direzione lavori, analisi di laboratorio ecc.	€	70'000.00
B6	Incentivi in conformità di legge ex art. 92 D.Lgs. 163/2006 - Regolamento Regione Veneto n.4/2002 (RUP, progettazione, collaudo, ecc.)	€	40'000.00
B7	Espropri, occupazioni temporanee, servitù di passaggio, servitù di allagamento, indennizzi vari, comprensivi di spese tecniche, spese di registrazione, volturazione e trascrizione, arrotondamenti, rimborso spese Provincia di Verona, ecc.	€	1'850'000.00
B8	Spese per pubblicità per avvisi di gara e procedura espropriativa	€	20'000.00
B9	Spese per commisioni di gara	€	5'000.00
B10	I.V.A. al 22% su A	€	479'083.89
B11	Oneri previdenziali (INARCASSA 4%) e I.V.A. al 22% su B5	€	18'816.00
B12	Imprevisti ed arrotondamenti	€	114'446.08
B	**TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMM.**	**€**	**2'822'345.97**
C	**TOTALE COMPLESSIVO (A+B)**	**€**	**5'000'000.00**