PROVINCIA DI GENOVA

DIREZIONE 4 - Lavori pubblici e Manutenzioni

Sezioni Progettazione e Manutenzione Viabilità ed Idraulica

A.T.I. :

SGI — STUDIO MAIONE INGEGNERI ASSOCIATI — projenia ENGINEERING & CONSULTING SERVICES — MED INGEGNERIA

LOCALITA':	**COMMESSA:**
Comuni di: Chiavari e Lavagna	*DSU 135-171*

TITOLO:	SCALE
Interventi di mitigazione del rischio idraulico del bacino del Fiume Entella relativamente al tratto terminale **1° lotto dalla foce al P.te Maddalena - 1° stralcio funzionale** **Progetto Definitivo** **Revisione generale a seguito del parere del C.T.B. regionale del 08/03/2012 e delle indicazioni emerse in sede di Conferenza dei Servizi**	

PROGETTISTI	
Massimo Parravicini	SGI Studio Galli Ingegneria
Alberto Galli	SGI Studio Galli Ingegneria
Vincenzo Marsala	SGI Studio Galli Ingegneria
Ugo Majone	Studio Maione Ingg. Assoc.
Denis Cerlini	Studio Maione Ingg. Assoc.
Manuela Sciutto	PROJENIA - Engineering & Consulting Services
Maurizio Spallarossa	PROJENIA - Engineering & Consulting Services
Marco Gonella	MED Ingegneria

OGGETTO:	ELABORATO N°
RELAZIONE DESCRITTIVA	*RR01*

Elaborato	*Verificato*	*Regolarità tecnica*	*Data*	*Rev.*
Elena Bocciarelli	Denis Cerlini		Ottobre 2012	5

NOME FILE:	

INDICE

1. PREMESSA 3

2. STUDI, PIANI TERRITORIALI DI RIFERIMENTO E PROGETTI PREGRESSI 5

2.1 PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO - FIUME ENTELLA 5
2.2 PROGETTO PRELIMINARE 2004 6
2.3 PROGETTO "CITTÀ DELL'ENTELLA" 8
2.4 PROGETTO PRELIMINARE 11
2.4.1 Interventi di 1° Lotto 11
2.4.2 Interventi di 1° stralcio 14
2.5 STUDIO DI FATTIBILITÀ DEGLI INTERVENTI PER LA REGIMAZIONE DEL FIUME ENTELLA E LA RIORGANIZZAZIONE DEL SISTEMA VIARIO-INFRASTRUTTURALE A MONTE DEL PONTE MADDALENA 15

3. ATTIVITÀ PROPREDEUTICHE ALLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA 17

3.1 INDAGINI TOPOGRAFICHE 17
3.2 INDAGINI AMBIENTALI 21
3.3 INDAGINI GEOARCHEOLOGICHE 21
3.4 INDAGINI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE 23
3.5 INDAGINI CATASTALI 26

4. DESCRIZIONE DELLE OPERE DI CUI AL PRESENTE PROGETTO 27

4.1 OBIETTIVI 27
4.2 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI 28
4.2.1 Sinistra idrografica 28
4.2.2 Destra idrografica 31

5. SINTESI DELL'ANALISI IDROLOGICA 33

5.1 ENTELLA 33
5.2 RETICOLO MINORE 34
5.3 CONCOMITANZE TRA LE PIENE DEL RETICOLO MINORE E QUELLE DELL'ENTELLA 38

6. SINTESI DELL'ANALISI IDRAULICA 42

6.1 ANALISI BIDIMENSIONALE SULL'ENTELLA 42

6.1.1 Implementazione del modello 42
6.1.1.1 Area di analisi ed informazione topografica 42
6.1.1.2 Mesh di calcolo 42
6.1.1.3 Condizioni al contorno 43
6.1.2 Risultati ottenuti 45
6.1.2.1 Attuali condizioni di allagamento 45
6.1.2.2 Condizioni di sicurezza raggiunte con gli interventi in progetto 49
6.1.3 Sintesi dei livelli ottenuti nelle varie simulazioni condotte 52
6.2 ANALISI MONODIMENSIONALE SUL RIO REZZA 54
6.3 DIMENSIONAMENTO DEL COLLETTORE SCATOLARE DI SPONDA SINISTRA 56
7. ASPETTI URBANISTICI 57
8. VALUTAZIONE DELLA FATTIBILITA' AMBIENTALE DEGLI INTERVENTI 59
9. CANTIERIZZAZIONE E TEMPISTICA DEI LAVORI 60
10. INDICAZIONI SULLA SICUREZZA 63
11. STIMA DELLE OPERE 68

1. PREMESSA

Nell'ambito della Progettazione e attività di direzione lavori degli "*Interventi di mitigazione del rischio idraulico del bacino del fiume Entella relativamente al tratto terminale*" affidata dalla Provincia di Genova all'Associazione Temporanea di Imprese SGI Studio Galli Ingegneria Spa – Studio Maione Ingegneri Associati - Projenia - Med Ingegneria S.r.l., è stata richiesta una revisione al progetto definitivo di 1° lotto 1° stralcio a seguito del parere del Comitato di Bacino Regionale del 08/03/2012 e delle indicazioni emerse in sede di Conferenza dei Servizi. La presente relazione illustrativa, organizzata secondo lo schema di seguito proposto, riporta una sintesi delle analisi svolte e dei criteri utilizzati per il dimensionamento delle opere del 1 ° stralcio funzionale.

- ***Capitolo 2*** Vengono elencati i progetti e i piani territoriali di riferimento riguardanti la sistemazione idraulica del Fiume Entella, con particolare attenzione: al Piano di Bacino che rappresenta lo strumento normativo vigente in materia di problematiche idrologico-idrauliche, al "*Progetto preliminare degli interventi di adeguamento idraulico del tratto terminale del Torrente Entella nei comuni di Carasco, Cogorno, Chiavari e Lavagna*" del 2004, al progetto preliminare "*Interventi di mitigazione del rischio idraulico del bacino del Fiume Entella relativamente al tratto terminale" sia relativamente al 1° lotto dalla foce al P.te della Maddalena che al* 1° stralcio, di cui il presente progetto ne rappresenta la fase di progettazione definitiva.
- ***Capitolo 3*** Vengono sintetizzati i risultati delle indagini propedeutiche alla fase di progettazione vera e propria svolta nell'area di interesse relativamente agli aspetti topografici, ambientali, geologici, archeologici e catastali.
- ***Capitolo 4*** Contiene gli obiettivi e la descrizione degli interventi previsti nel presente progetto.
- ***Capitolo 5*** Contiene una sintesi delle elaborazioni idrologiche condotte per l'Entella e per il reticolo idrografico minore.
- ***Capitolo 6*** Vengono sintetizzati i risultati dell'analisi idraulica bidimensionale condotta sull'Entella, dell'analisi idraulica monodimensionale sul Rio Rezza ed il dimensionamento del collettore delle acque meteoriche.
- ***Capitolo 7*** Vengono sintetizzati gli aspetti urbanistici.
- ***Capitolo 8*** Viene descritta la fase di indagine e la metodologia adottata per valutare la fattibilità ambientale degli interventi di progetto.
- ***Capitolo 9*** Fornisce le prime indicazioni sull'ubicazione dei cantieri, principale e secondari, prospettando le tempistiche per l'esecuzione delle opere in progetto.

- ***Capitolo 10*** Illustra i contenuti del piano di sicurezza e stima in via preliminare i relativi costi.
- ***Capitolo 11*** Contiene la stima economica delle opere da realizzarsi.

Corre l'obbligo di ricordare che la presente versione del progetto costituisce la "*Revisione generale a seguito del parere del C.T.B. regionale del 08/03/2012 e delle indicazioni emerse in sede di Conferenza dei Servizi*". In effetti, dopo una prima emissione del progetto definitivo del marzo 2008, alcune modeste revisioni nel corso del 2008 ed una revisione/integrazione nel luglio 2009, il 30 marzo 2011 è stata aperta la Conferenza dei Servizi nell'ambito della quale sono state richieste diverse modifiche ed integrazioni al progetto. Fra queste, in particolare si cita il parere istruttorio del C.T.B. Regionale del 08/03/2012 elaborato sulla base del progetto definitivo nonché della relazione datata Gennaio 2012 "*Interventi di mitigazione del rischio idraulico del bacino del Fiume Entella relativamente al tratto terminale - 1° lotto dalla foce al P.te della Maddalena - 1° stralcio funzionale - Modellazioni settembre 2011 e proposta nuovi stralci funzionali*".

2. STUDI, PIANI TERRITORIALI DI RIFERIMENTO E PROGETTI PREGRESSI

2.1 Piano di bacino stralcio sul rischio idrogeologico - Fiume Entella

Il Piano degli Interventi per la Mitigazione del Rischio Idrogeologico nell'Ambito 16 Sturla – Entella (Aprile 2001), allegato al Piano Stralcio di Bacino per il Rischio Idrogeologico, (ambito regionale di bacino 16), approvato con D.C.P. n° 3 del 29/01/2003, e modificato con DGP n° 476 del 19/12/2006, mette in evidenza come le problematiche con maggiore priorità di intervento riguardino lo smaltimento della portata di piena, e siano quindi prevalentemente localizzate nel fondovalle, fittamente urbanizzato. Le aste terminali del fiume Entella e del torrente Lavagna risultano soggette ad esondazione, provocata dalle ridotte dimensioni dell'alveo di magra/morbida e dei rapporti di quota tra alveo ed aree golenali.

Il Piano propone pertanto interventi (prevalentemente strutturali) prioritariamente finalizzati alla riduzione di tali criticità, nell'ottica di ridurre il rischio a livelli socialmente accettabili. Le sistemazioni proposte cercano di rispettare non solo i vincoli di natura idraulica, ma anche quelli di natura urbanistica e socio-economica derivanti dall'insediamento ormai radicato, a carattere sia abitativo sia produttivo, delle aree golenali un tempo di pertinenza fluviale.

Gli interventi proposti dal Piano consistono nell'adeguamento della sezione dell'alveo del fiume Entella e dell'asta terminale del torrente Lavagna, definito tramite l'individuazione di una fascia di pertinenza fluviale che consenta il deflusso in condizioni di sicurezza della portata di progetto.

L'obiettivo generale indicato dalle linee guida regionali (almeno a lungo termine) è di garantire il deflusso in condizioni di sicurezza della portata duecentennale. Il Piano sottolinea però che tale ipotesi condurrebbe nel caso in esame ad interventi economicamente e socialmente molto pesanti, che dovranno essere oggetto di analisi di dettaglio di fattibilità tecnica, socio-economica ed ambientale, nonché di analisi costi-benefici. In una situazione quale quella in oggetto il concetto di "rischio socialmente accettabile" potrebbe, infatti, assumere una diversa caratterizzazione rispetto alla definizione data di smaltimento delle portate di piena duecentennali senza alcuna inondazione.

L'ipotesi proposta dal Piano prevede quindi l'adeguamento delle sezioni fluviali in modo da consentire il deflusso in condizioni di sicurezza della portata con tempo di ritorno almeno cinquantennale e di quella con tempo di ritorno centennale con franchi minimi.

Il Piano di Bacino Stralcio individua i seguenti interventi di messa in sicurezza:

- Lungo il fiume Entella, nel tratto compreso fra la foce e la località S. Salvatore, è prevista una larghezza di sistemazione minima di 150 m, su un'esistente larghezza media di 80 m, con una profondità di almeno 5 m rispetto al fondo. Tale sistemazione consente il deflusso della portata di piena cinquantennale in condizioni di sicurezza (con franco di almeno 1 m) ed il deflusso della portata di piena centennale con franchi minimi. Al fine di consentire il deflusso della portata duecentennale in condizioni di sicurezza, occorre una larghezza di sistemazione di almeno 250 m. Per larghezze di sistemazione inferiori (comprese tra 150 e 250 m) dovrà essere prevista una maggiore altezza degli argini sino ad un massimo di circa 7 m rispetto al fondo con una sopraelevazione di oltre 1.5 m rispetto al piano di campagna adiacente (piano viabile di viale Kasman).

- Lungo il tratto del fiume Entella compreso tra la località S. Salvatore e la confluenza con il torrente Graveglia è prevista una larghezza di sistemazione minima di 100 m con una profondità di almeno 5.5 m rispetto al fondo. Tale sistemazione consente il deflusso della portata di piena cinquantennale in condizioni di sicurezza e il deflusso della portata di piena centennale con franchi ridotti. Al fine di consentire il deflusso della portata duecentennale in condizioni di sicurezza, occorre una larghezza di sistemazione di 150 m. Per larghezze di sistemazione inferiori (comprese tra 100 m e 150 m) dovrà essere prevista una maggiore altezza degli argini, sino ad un massimo di circa 7 m rispetto al fondo, con una sopraelevazione di circa 1 m rispetto al piano di campagna adiacente.

Per entrambi i tratti precedenti il Piano prevede l'adeguamento di tutti i ponti e le passerelle presenti sulle larghezze di sistemazione previste per la portata duecentennale, anche mediante la realizzazione di campate di approccio; la passerella portatubi in località S. Martino dovrà essere eliminata prevedendo l'attraversamento in subalveo delle tubazioni da lei sostenute.

Quale ipotesi alternativa di sistemazione per il deflusso delle portate di piena duecentennali, il Piano propone il mantenimento della sezione prevista per il deflusso delle portate cinquantennale e centennale con l'ulteriore realizzazione di due "argini maestri" laterali di altezza dell'ordine di 2 m circa rispetto al piano campagna, ad una distanza minima di circa 50 m dai primi argini.

2.2 Progetto preliminare 2004

La modellazione idraulica bidimensionale svolta in fase di progettazione preliminare ha consentito di definire alcuni comportamenti essenziali del sistema fluviale di interesse e di impostare le linee di intervento da sviluppare a livello di definizione degli scenari alternativi per la progettazione preliminare, sulla base dell'analisi degli output della

modellazione espressi in termini sia di perimetrazione delle aree allagate, sia di tiranti idrici e valori delle componenti di velocità. Il calcolo di dettaglio ha permesso, inoltre, di valutare con maggiore precisione l'entità dei tiranti idraulici nelle aree inondate, rispetto alle valutazioni di massima svolte nel Piano di Bacino, e quindi ha consentito un più realistico dimensionamento degli scenari.

L'esame dei risultati della modellazione idraulica preliminare ha mostrato che:

- l'estensione delle piene duecentennali e l'entità dei tiranti a loro corrispondenti è tale da far presumere che la messa in sicurezza delle aree rispetto ad eventi di piena con periodo di ritorno Tr = 200 anni, come richiesto dalla vigente normativa in materia di sicurezza idraulica, comporti oneri economici ed amministrativi estremamente impegnativi (come peraltro rilevato anche dal Piano di Bacino). Pertanto, nell'individuazione degli interventi di messa in sicurezza e nella formulazione degli scenari di intervento in un primo momento è stato fatto prevalente riferimento all'evento di piena con periodo di ritorno Tr = 100 anni;

- tuttavia, dalle stime svolte è emerso che nello stato di fatto i tiranti idrici relativi rispettivamente alle piene centennali e duecentennali differiscono tra loro di pochi decimetri;

- **quindi, vista l'elevata densità insediativa e il conseguente elevato rischio connesso ad eventi di esondazione (specialmente nel tratto sud, dove si estendono i centri urbani di Chiavari e Lavagna), si sono ipotizzate soluzioni di intervento dimensionate per la messa in sicurezza da eventi con periodo di ritorno duecentennale (eventualmente senza franco di sicurezza).**

Le analisi e gli studi svolti (geologia e idrogeologia, inquadramento paesistico-ambientale e strumenti di pianificazione, idrologia e idraulica) hanno fornito gli strumenti e i vincoli per la formulazione di varie ipotesi di intervento finalizzate alla messa in sicurezza del tratto terminale della piana del fiume Entella, differenziate fra loro in termini di:

- ricorrenza degli eventi di piena;

- tracciato della linea di contenimento arginale;

- presenza o meno di interventi di ampliamento della sezione d'alveo;

- presenza o meno di interventi di adeguamento idraulico del ponte della Maddalena.

Sulla base delle simulazioni idrauliche per i diversi scenari di progetto e delle indicazioni avanzate dalle amministrazioni competenti dei Comuni interessati dal progetto, è stato scelto il tracciato finale delle opere di difesa idraulica.

Alla luce di quanto sopra esposto, la scelta della soluzione di progetto ottimale era ricaduta su uno scenario di intervento che comprendeva le seguenti opzioni progettuali:

- adeguamento altimetrico o nuova realizzazione di difese spondali generalmente arretrate rispetto all'alveo inciso del Torrente Entella;
- mantenimento delle sponde dell'alveo inciso nella loro posizione attuale;
- apertura e adeguamento di una campata esistente del Ponte della Maddalena in destra idraulica.

2.3 Progetto "città dell'Entella"

La provincia di Genova ed i Comuni di Carasco, Chiavari, Cogorno, Lavagna e Leivi, nel novembre 2004, hanno sottoscritto un Protocollo di intesa per la formazione dell'Accordo di Pianificazione per la realizzazione di un progetto integrato denominato "Città dell'Entella".

Tale progetto, prevede una riqualificazione urbana, idrogeologica, paesistica, dei servizi e delle infrastrutture all'interno dei sovra citati Comuni.

Tra questi ricordiamo, innanzitutto, la realizzazione di un'arginatura che protegga, in modo completo, gli abitati collocati in golena del Torrente Entella dalle piene dello stesso ed un sistema di interventi sui Rivi minori al fine di ridurre il rischio idrogeologico da essi determinato; questa è la finalità del presente progetto di cui la presente relazione è parte integrante.

Tali opere interessano tutti i Comuni e permettono la messa in sicurezza di gran parte del territorio, potendo liberare aree da destinarsi alla realizzazione di nuovi insediamenti civili e produttivi.

È, inoltre, previsto l'adeguamento del sistema infrastrutturale e viario.

In particolare il quadro della progettualità in corso prevede i seguenti interventi:

Progetti di interesse sovracomunale :

- Progetto preliminare per la riorganizzazione della viabilità di collegamento intercomunale della vallata dell'Entella e delle sue connessioni con il sistema autostradale. Prolungamento di viale Kasman; connessione con il casello autostradale di Lavagna e con via Parma";

- Nuova Aurelia di cui al Protocollo d'intesa tra Anas S.P.A. , Regione Liguria, Provincia di Genova, Provincia di Imperia, Provincia di La Spezia, Provincia di Savona;

- Nuovo depuratore intercomunale, a servizio dei Comuni di Carasco, Chiavari, Cogorno, Lavagna, Leivi, localizzato nell'area in sponda sinistra del T. Entella, in corrispondenza del tratto focivo a ridosso dell'ambito portuale (proposta).

Progetti di interesse locale :

Comune di Lavagna :

- Progetto preliminare di nuovo insediamento artigianale/industriale in località Moggia, collocato in area libera in sponda destra del T. Entella, in prossimità del casello autostradale di Lavagna;

- Studio di fattibilità per la sistemazione dell'area Ponte della Maddalena (nuova viabilità, pedonalizzazione Piazza della Madonna del Ponte);

- Progetto per nuovi insediamenti di tipo residenziale in loc. Rezza (intervento connesso al riassetto idrogeologico del rio Rezza ed all'adeguamento della viabilità stradale).

Comune di Cogorno :

- Piano Particolareggiato Insediamento commerciale Sogegross – loc. S.Salvatore dei Fieschi;

- Piani Particolareggiati per Insediamenti residenziali – Nuova sede Croce Rossa in loc. S.Salvatore dei Fieschi.

Comune di Chiavari :

- Progetto preliminare per la sistemazione di Parco Renzi e la realizzazione del primo lotto della pista ciclabile lungo il T.Entella (progetto approvato);

Comune di Carasco :

- Piano Particolareggiato di iniziativa privata per la realizzazione di un nuovo insediamento residenziale – commerciale nella piana di Carasco capoluogo (in fase di elaborazione);

- Progetto (approvato) di pista ciclabile lungo il T. Lavagna (costituisce un tratto significativo di un più ampio sistema di percorsi ciclabili di interesse sovracomunale).

Comune di Leivi :

- Piano Particolareggiato di iniziativa privata per la realizzazione di un nuovo insediamento produttivo in località Selaschi – Via Gazzo. (in fase di elaborazione).

La Fase 1 del progetto integrato "Città dell'Entella" è attualmente conclusa e prevedeva la predisposizione dei materiali ricognitivi necessari per la formazione dell'Accordo di Pianificazione, fra i quali:

- assetto delle proprietà interessate dalla realizzazione delle nuove opere di arginatura;

- quadro complessivo delle previsioni dei vigenti S.U.G. che vengono interessate;

- quadro complessivo dei progetti e degli interventi che interferiscono con le opere di arginatura;

- ricognizione delle abitazioni che restano comprese entro l'area golenale e di quelle interessate dalle opere;

- ricognizione delle attività produttive che restano comprese nell'area golenale e di quelle interessate dalla realizzazione delle opere;

- ricognizione degli impianti ed infrastrutture che restano nell'area golenale e di quelle che interferiscono con le opere;

- ricognizione dei torrenti e dei rivi che si immettono nell'Entella.

La Fase 2, in corso, deriva dalla 1 e prevede la predisposizione degli elaborati tecnici definitivi da allegarsi all'Accordo di Pianificazione per l'approvazione delle varianti agli Strumenti Urbanistici vigenti, conseguenti all'individuazione delle nuove arginature e del correlativo riassetto urbanistico.

Sulla base delle risultanze delle attività svolte nella prima fase sono proposti una serie di Distretti di trasformazione, Ambiti normativi localizzati ed Ambiti normativi diffusi da realizzarsi.

Il presente progetto fa parte di tale fase 2 in quanto finalizzato, come riportato nelle conclusioni al rapporto finale della Fase 1, a:

- individuazione di specifiche soluzioni progettuali per la utilizzazione delle aree impegnate dalle opere di arginatura, compatibilmente con la necessità di mantenere inalterato il livello di riduzione del rischio idraulico conseguito dal progetto;

- studio di soluzioni tecniche per la realizzazione delle diverse tipologie di opera di difesa idraulica, idonee ai fini del miglior inserimento paesaggistico degli interventi;

- rimodulazione del tracciato delle opere di arginatura, ovvero individuazione di soluzioni tecnico-costruttive particolari, nei tratti che interessano aree con presenza di attività, manufatti ed attrezzature la cui compatibilità con le esigenze di difesa idraulica deve essere puntualmente verificata, tenendo conto della specificità del tipo di utilizzo del suolo presente.

2.4 Progetto Preliminare

2.4.1 Interventi di 1° Lotto

Il progetto preliminare "*Interventi di mitigazione del rischio idraulico del bacino del Fiume Entella relativamente al tratto terminale - 1° lotto dalla foce al P.te della Maddalena*" del 2007 (*PP 1° lotto* nel seguito) consegue dall'*analisi degli scenari* preliminarmente svolta nell'ambito del medesimo incarico di cui fa parte anche il presente progetto. In tale sede, a seguito di un'analisi comparativa multicriteriale di diverse soluzioni progettuali, è stato individuato uno scenario di lungo periodo che consenta la messa in sicurezza degli abitati di Chiavari e Lavagna per eventi con tempo di ritorno duecentennale, attraverso la realizzazione di una serie di opere sull'Entella, sui rivi minori e sulla rete fognaria meteorica comunale nel tratto compreso tra la passerella di Rivarola e la foce dell'Entella.

Le opere definite nel progetto preliminare *PP 1° lotto* sono dimensionate per contenere i livelli duecentennali con franco adeguato, nel tratto compreso in destra tra il ponte della Maddalena e la foce e in sinistra tra il Rezza e la foce. La loro funzionalità, tuttavia non si esplica immediatamente con riferimento a tale condizione in quanto le acque esondate nel tratto di monte continuano il loro deflusso negli abitati a tergo delle difese realizzate con il *PP 1° lotto*. Solo con riferimento ad eventi con minore tempo di ritorno, circa 100 anni, l'abitato di Lavagna tra il Rezza e il mare risulta difeso grazie al consolidamento

dell'arginatura in sinistra del Rezza e all'innalzamento del piani stradale di via Fieschi in corrispondenza dell'attraversamento del rio che intercettano le portate esondate nel tratto a monte del ponte della Maddalena e che a causa delle pendenze del terreno tendono a non rientrare in alveo ma a defluire nell'abitato fino al mare. Il rientro delle portate in Entella è favorito anche dall'adeguamento del tratto terminale di rio Rezza.

Per quanto riguarda invece l'abitato di Chiavari non esiste la possibilità di individuare un limite fisico in grado di intercettare le portate esondate dall'Entella a monte del ponte della Maddalena e che defluiscono attraverso l'abitato di Chiavari a tergo di Viale Kasman, senza rientrare in Entella. In questo caso le condizioni di sicurezza vengono solo migliorate attraverso l'adeguamento del ponte della Maddalena che, attraverso l'abbassamento dei livelli idrici a monte del manufatto, riduce l'esondazione e favorisce il rientro delle acque già esondate a monte.

Per completare le condizioni di sicurezza idraulica delle due città, nel *PP 1° lotto* sono stati anche previsti interventi volti a convogliare le acque del ri Basso e della rete fognaria meteorica dei due comuni più a valle dell'attuale punto di recapito per consentirne lo scarico anche in condizioni di piena dell'Entella nonché impedire la fuoriuscita di quest'ultimo in caso di piena.

L'obiettivo che pertanto è possibile raggiungere con tutte le opere di 1° lotto riguarda l'eliminazione degli allagamenti a Lavagna a valle del Rezza per eventi con tempo di ritorno centennale e la riduzione di quelli di Chiavari a monte ed a valle del ponte della Maddalena.

Vale la pena infine di ricordare come il *PP 1° lotto* e di conseguenza anche il presente progetto prende origine dalla soluzione progettuale definita nel 2004 all'interno del "*Progetto preliminare degli interventi di adeguamento del tratto terminale del torrente Entella nei comuni di Chiavari, Lavagna, Marasco, Cogorno e Levi*" (*PP2004* nel seguito per comodità), di cui al precedente Paragrafo 2.2, e dalle successive osservazioni maturate dai diversi soggetti istituzionali che, a vario titolo, hanno avuto modo di analizzare il suddetto progetto con l'obiettivo di superare le criticità di tale progetto che hanno creato maggiori perplessità, quali l'interfaccia tra il corso d'acqua principale (Entella) ed i cosiddetti rivi minori e la spiccata commistione esistente nei territori urbanizzati, tra corsi d'acqua con origine naturale e rete fognaria meteorica che drena la porzione di territorio urbanizzato più prossima all'Entella.

Occorre infine evidenziare come per la completa messa in sicurezza degli abitati di Chiavari e Lavagna il progetto preliminare prevedeva un adeguamento dell'alveo dell'Entella e delle difese a monte del ponte della Maddalena. Tale intervento avrebbe potuto essere realizzato in 2 diversi modi:

- riprofilatura dell'alveo con realizzazione di difese di sponda in destra fino alla sezione 16 in prossimità della condotta del gas che attraversa l'Entella (denominato scenario 4);
- realizzazione delle difese di sponda come da *PP 2004* fino a Panesi (denominato scenario 0);

Le opere incluse nel *PP 1°lotto* sono comunque compatibili con entrambe le soluzioni ipotizzate a monte senza necessità di adeguamenti o modifiche.

La soluzione progettuale individuata nel *PP 1° lotto*, come detto, risponde agli obiettivi del Piano di Bacino, cioè deve essere in grado di contenere la portata duecentennale con franco.

Le opere principali che costituiscono questo intervento sono qui di seguito riassunte:

SPONDA SINISTRA

- realizzazione della linea di contenimento dal Rezza alla foce. Il posizionamento planimetrico della linea di contenimento è quello del PP 2004 ad eccezione del tratto compreso tra i ponti di Corso Buenos Aires e di Via Previati, nel quale la linea di difesa è stata spostata più vicina al corso d'acqua, all'interno dei giardini esistenti, allo scopo di realizzare una difesa poco impattante mediante adeguamento morfologico dei giardini stessi;
- restringimento dell'attuale foce fino a portarla ad una larghezza costante di circa 120 metri così come proposto nel Progetto preliminare 2004;
- allargamento dell'alveo di magra in sinistra idrografica tra la sezione 10f e la sezione 4b e adeguamento del ponte di Corso Buenos Aires;
- riprofilatura del Rio Rezza fino all'area ospedaliera (sezione 11) al fine di garantire il transito della portata duecentennale indicata dal Piano di Bacino, e al contempo di contenere il rigurgito dell'Entella. Nell'intervento è compresa anche la realizzazione di un'opera di controllo del trasporto solido a monte del tratto urbano;
- realizzazione di un canale di gronda che raccoglie le acque accumulate in golena nella depressione a monte del Ponte della Maddalena e tra il ponte e il rio Rezza e le convoglia fino oltre la sezione 2 raccogliendo lungo il percorso la rete meteorica esistente del comune di Lavagna;

SPONDA DESTRA

- realizzazione della linea di contenimento dal Ponte della Maddalena alla foce. Il posizionamento planimetrico della linea di contenimento è anche in questo caso

quello del PP 2004 ad eccezione del tratto terminale nel quale la linea viene meglio adattata allo stato dei luoghi;

- realizzazione di un nuovo scatolare sul ri Basso da Via Piacenza fino al nuovo punto di scarico posto circa 100 metri a valle dell'attuale immissione nel collettore di viale Kasman, con conseguente disconnessone tra il rivo minore e la rete fognaria meteorica di Chiavari. Realizzazione di un'opera di controllo del trasporto solido a monte;
- prolungamento del collettore esistente sotto viale Kasman dall'attuale punto di scarico posto a valle del ponte di Corso Buenos Aires, fino alla sezione 2. Il primo tratto di lunghezza circa 180 metri è previsto sotto viale Kasman con sezione rettangolare 3.50 m x 3.00 m; a partire poi dall'incrocio con via Trieste si prevede la realizzazione di un nuovo scatolare 5.00 m x 2.00 m per circa 220 metri localizzato sotto al sottopasso del ponte di via Previati e sotto la pista in fregio all'Entella;
- allargamento dell'alveo di magra in corrispondenza del ponte della Maddalena con utilizzo per il deflusso della campata in destra attualmente dedicata alla pista ciclabile.

2.4.2 Interventi di 1° stralcio

Gli interventi di 1° stralcio individuati nel progetto Preliminare del 2007 sono così riassumibili:

SPONDA SINISTRA

- realizzazione della linea di contenimento dal Rezza al ponte ferroviario: come specificato in precedenza per gli interventi di 1° Lotto, rispetto al PP2004 la linea di difesa è più vicina al corso d'acqua in corrispondenza dei giardini esistenti per minimizzare l'impatto sui giardini stessi;
- riprofilatura degli ultimi 120 metri di Rio Rezza dallo sbocco in Entella fino al segiun;
- realizzazione di un canale/collettore di gronda con origine a monte del Ponte della Maddalena e scarico valle del ponte di Corso Buenos Aires: questa linea fognaria permette di smaltire le acque accumulate nella depressione golenale a monte del Ponte della Maddalena;

SPONDA DESTRA

- realizzazione della linea di contenimento a cavallo del ponte ferroviario e del ponte di via Previati.

2.5 Studio di fattibilità degli interventi per la regimazione del fiume Entella e la riorganizzazione del sistema viario-infrastrutturale a monte del ponte Maddalena

Nell'ambito dello *"Studio di Fattibilità per la regimazione del fiume Entella e la riorganizzazione del sistema viario-infrastrutturale dell'intera area con connessione alle vallate"* è stato implementato ed esteso il medesimo modello matematico volto a definire i parametri idrodinamici utili alla progettazione delle opere nonché verificare l'efficacia degli interventi di difesa progettati. Per una descrizione analitica della soluzione adottata si rimanda allo specifico capitolo della relazione descrittiva; in questa sede ci si limita a ricordare che il posizionamento planimetrico delle arginature di difesa prende origine dal PP2004 ed ha subito una serie di modeste modifiche planimetriche conseguenti ad una prima "ingegnerizzazione" del PP2004 stesso sulla base dei rilievi topografici eseguiti.

Gli elementi salienti che hanno condotto alla soluzione proposta raccogliendo anche le indicazioni del gruppo di lavoro composto dai tecnici della Regione, della Provincia e di tutti i comuni interessati sono stati:

1. Normativa idraulica di riferimento
2. Coerenza con il progetto idraulico di 1°lotto 1°stralcio fra il ponte della Maddalena e la Foce
3. Dati di traffico
4. Impostazione progettuale del sistema arginatura – viabilità
5. Rivi secondari
6. Nuova soluzione progetto viale Kasman - casello autostradale
7. Edifici influenzati dall'argine o dalla strada
8. Ricollocazione delle attività produttive
9. Entella sito di importanza comunitaria
10. Ponte della Maddalena – Pedonalizzazione
11. Eliporto
12. Lavagna: Sottopasso davanti alla Chiesa Nostra Signora del Ponte
13. Chiavari: Interferenza Caserma Leone
14. Lavagna: borgata lungo l'Entella
15. Ponte di Caperana
16. Nuovo manufatto di attraversamento tra il comune di Cogorno e quelli di Carasco-Chiavari
17. Carasco: salita di san Lazzaro
18. Carasco: collegamento con la frazione di Rivarola e by pass dell'abitato
19. Norme urbanistiche per facilitare la realizzazione
20. Sottoservizi

Senza entrare nel merito delle singole problematiche resta evidente in questa sede come il mettere a sistema le diverse questioni possa da un lato consentire una visione progettuale più esaustiva e completa e dall'altro rendere maggiormente difficoltosa la definizione degli interventi.

Venendo alle problematiche idrauliche, oltre alla localizzazione planimetrica delle arginature che talvolta è arretrata rispetto al PP2004 come ad esempio nella zona della Caserma Leone a Chiavari e talvolta avanzata verso fiume sempre comunque senza mai intaccare l'attuale alveo di magra del corso d'acqua e garantendo comunque una bancata/pista carrabile al di sopra della attuale sponda, si possono elencare i seguenti interventi volti al miglioramento della officiosità idraulica:

a) Ampliamento di una luce in sponda destra del Ponte Maddalena ad uso idraulico con relativi ampliamenti dell'alveo di magra, come peraltro già individuato nel PP2004 e nel PP2006;

b) Sostituzione del Ponte Caperana;

c) Ampliamento dell'alveo del'Entella in sponda destra per circa 350 m in prossimità del Ponte Caperana.

Le simulazioni condotte, con riferimento a tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni, hanno evidenziato la necessità di preliminari interventi nel tratto a valle di Maddalena onde evitare che la maggiore portata che viene fatta transitare all'interno del Ponte Maddalena dalle opere di difesa di monte creino intollerabili aggravi della situazione di valle in assenza di idonee opere di contenimento laterale nonché della insufficienza del ponte di Buenos Aires che presenta un funzionamento in pressione per portate elevate.

La configurazione così definita consente la messa in sicurezza di tutte le aree a tergo delle difese; con particolare riferimento all'abitato di Chiavari a valle di Maddalena, si evidenzia come la sua definitiva messa in sicurezza non può prescindere dagli interventi a monte di Maddalena.

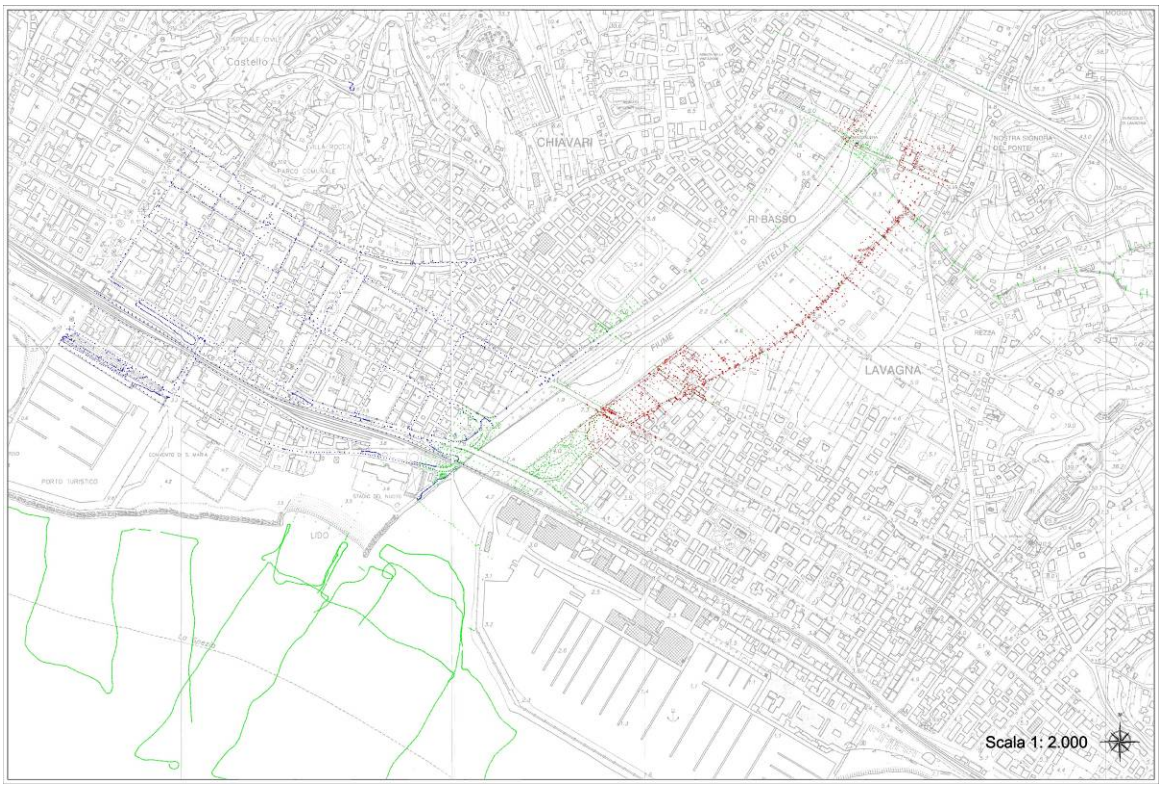
Corre infine l'obbligo di ricordare che tale configurazione ha avuto parere istruttorio positivo nella seduta del 13/09/2012 da parte del Comitato Tecnico di Bacino dell'Autorità di Bacino Regionale.

3. ATTIVITÀ PROPREDEUTICHE ALLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA

3.1 Indagini topografiche

La campagna di rilievi svolta in questa fase progettuale ha permesso di estendere ed approfondire quanto già realizzato con il progetto preliminare: l'indagine topografica già effettuata nel 2006, infatti, aveva riguardato il torrente Entella dalla passerella di Rivarola fino allo sbocco a mare comprendendo anche i rivi minori, con le modalità di seguito illustrate.

Erano state rilevate 30 sezioni del corso d'acqua, comprensive dell'alveo e delle aree golenali, e 7 tra ponti e attraversamenti. Di questi ultimi erano stati individuati gli elementi planimetrici e altimetrici necessari a consentire di schematizzare il prospetto e la pianta della struttura.



Erano state rilevate, inoltre, tutte le immissioni dei rivi minori e degli scarichi fognari in Entella. In particolare per ognuna delle immissioni sono state rilevate:

- sezione di sbocco in Entella : forma, dimensioni tipologia (alveo naturale, canale regimato, condotta) e materiale;
- quota di fondo allo sbocco;
- localizzazione planimetrica.

Per dettagliare meglio la posizione delle opere di difesa erano stati redatti anche i seguenti tre piani quotati:

- piano quotato dei giardini posti nell'area di foce, in sponda sinistra dell'Entella e della viabilità esistente nell'area;
- piano quotato dei giardini e delle strade, in sponda destra dell'Entella nell'area di foce;
- rilievo generale della zona in destra idrografica dell'Entella a valle del rio Basso in prossimità dello stadio.

Il rilievo era stato integrato sia planimetricamente che altimetricamente con i rilievi già esistenti sull'Entella ovvero il rilievo aereo della piana dell'Entella ed il rilievo eseguito con stazioni a terra.

Relativamente al Rio Rezza, erano state inoltre rilevate 29 sezioni a partire dall'Autostrada fino allo sbocco in Entella oltre che tutti i manufatti di attraversamento presenti nel tratto in questione.

Infine erano stati ricostruiti, sulla base delle cartografie recuperate e dei colloqui intercorsi con i tecnici dei comuni di Chiavari, Lavagna e di Idrotigullio, nonché attraverso specifiche ispezioni in campagna, gli andamenti plano-altimetrici significativi delle principali reti fognarie meteoriche della zona, compresi gli attuali percorsi dei rivi minori esistenti (in particolare Rio S. Michele e Ri Basso).

Quest'attività si era conclusa con il confronto tra il sopra illustrato rilievo dell'Entella e quanto rilevato, sempre durante la progettazione preliminare, nel 2004 grazie al fatto che le sezioni 20, 10c e 4b erano state rilevate sostanzialmente sulla medesima traccia delle sezioni del preliminare. Da tale confronto era emersa una sostanziale congruenza tra le sezioni dei due rilievi.

Si erano invece riscontrate differenze, talvolta significative, nei rilievi dei manufatti di attraversamento: in particolare le differenze hanno riguardato le quote di intradosso dei manufatti (dei quali si riporta il confronto in tabella) e nel rilievo del ponte della Maddalena.

Per quanto riguarda quest'ultimo si è riscontrato maggiore ingombro delle pile nella sezione trasversale ed una diversa quota di intradosso delle campate.

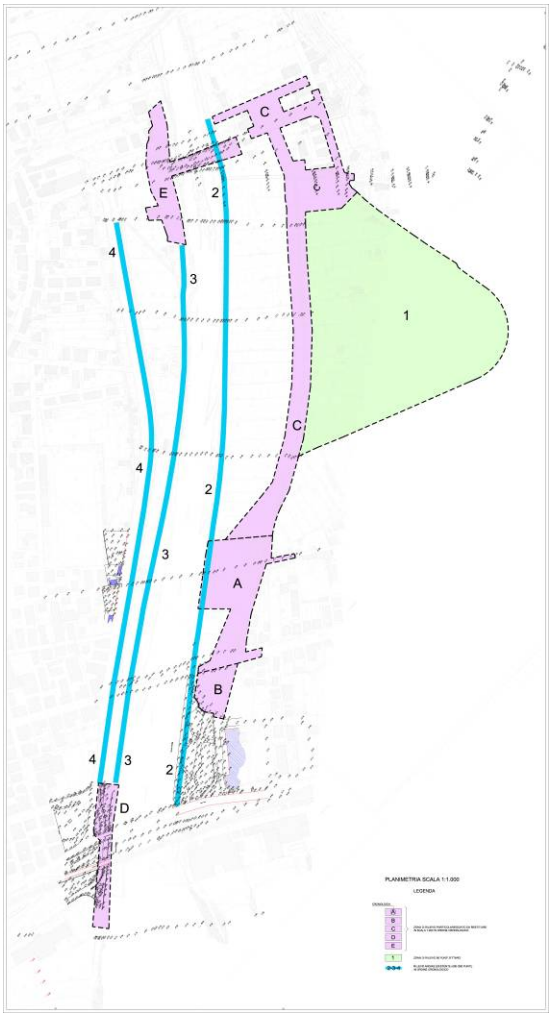
Tabella 3-1: Confronto tra gli intradossi dei ponti nei rilievi 2004 e 2006

Ponte	Rilievo 2004	Rilievo 2006
Maddalena (sezione 10c)	9.06	8.67
Corso Buenos Aires (sezione 5b)	6.25	5.42
Via Previati (sezione 4b)	4.10	4.21
Ferroviario (Sezione 3)	4.85	4.37

Tale attività ha portato, quindi, alla redazione dei seguenti elaborati:

- Planimetria di insieme con ubicazione delle sezioni fluviali e profili batimetrici in scala 1:5000
- Planimetrie divise per zone di intervento in scala 1:1000 riportanti:
  - punti quotati su muri di sponda, su superfici stradali adiacenti ai torrenti anche in corrispondenza di ponti, piazzali strutture che possano avere qualche interazione con i deflussi in caso di piena;
  - collocazione plano-altimetrica dei vertici degli edifici;
  - tutti i sottoservizi presenti;
  - la vegetazione di alto fusto di valore (frutteti, pioppi secolari, ecc.);
  - il coronamento dei muri di sponda, ove esistenti, e/o delle palandole posizionate sulle sponde;
  - il fondo alveo alla base delle sponde;
  - gli accessi in eventuali cortili o giardini privati e altri varchi;
- Rilievo batimetrico in scala 1:2000
- Sezioni trasversali d'alveo del Fiume Entella e del Rio Rezza in scala 1:500
- Profili longitudinali del Fiume Entella e del Rio Rezza in scala 1:200/1:2000

– Monografie dei capisaldi



Ad ogni modo, durante la presente fase di progettazione definitiva sono state svolte ulteriori attività di rilievo topografico di dettaglio: in particolare, le prestazioni svolte comportano il rilievo plano – altimetrico delle aree evidenziate nella seguente immagine cartografica, comprensivo di tutti i sottoservizi, degli alberi (distinguendo la tipologia) e di tutti gli elementi significativi per la definizione degli interventi di 1° stralcio per la mitigazione del rischio idraulico del bacino del Fiume Entella relativamente al tratto terminale.

In questo elaborato grafico sono state specificate anche le modalità di esecuzione dell'indagine ovvero la densità dei punti rilevati per ettaro di superficie: in particolare, è stato individuato come fondamentale il rilievo con dettaglio di circa 400/500 punti per ettaro delle tracce che planimetricamente definiscono i limiti dell'alveo e della linea di difesa in destra idrografica (linee in azzurro).

Sono state rilevate con minor densità di punti, invece, le aree dove si collocano gli interventi di sistemazione arginale ovvero le zone, in sponda destra, a cavallo del ponte ferroviario e del Ponte della Maddalena e, in sinistra, tra quest'ultimo attraversamento viario ed i giardini situati in prossimità della foce (in color lilla). Il dettaglio scende a circa 50 punti per ettaro per il rilievo dell'area a tergo del segiun, lato Lavagna, tra la confluenza del Rio Rezza e via Filzi (area in verde).

Quando rilevato durante la suddetta campagna di indagini topografiche è parte integrante degli elaborati del progetto definitivo (PL02).

3.2 Indagini ambientali

Nel mese di luglio 2006 è stato eseguito un rilievo speditivo per la caratterizzazione preliminare dell'area vasta di studio.

Dai risultati del lavoro eseguito si può ritenere che all'interno dell'ambito analizzato, che si estende dalla foce alla confluenza con il torrente Graveglia, siano presenti i seguenti habitat di interesse comunitario degni di attenzione nelle esecuzione dei lavori:

- **3240 – Fiumi alpini con vegetazione riparia legnosa a *Salix eleagnos;***
- **3280 – Fiumi mediterranei a flusso permanente con il *Paspalo-Agrostidion* e con filari ripari di *Salix* e *Popolus alba;***
- **91E0 - Torbiere boscose foreste alluviali con *Alnus glutinosa* e *Fraxinus excelsior* (*Alno-padion, Alnion incanae, Salicion albae*).**

Dalla stessa si evidenzia che in termini generali la localizzazione degli habitat di cui sopra è distribuita in modo mosaicato nel tratto di fiume compreso all'incirca da 200 m a valle del ponte Maddalena e la confluenza del torrente Graveglia.

Questa prima campagna di indagine non ha invece evidenziato nel tratto di foce la presenza di particolari ambiti di interesse vegetazionale e floristico ed in particolare non ha rilevato la presenza degli habitat *1130 – Estuari* e *1210 – Vegetazione annua delle linee di deposito marine* segnalati nel formulario del SIC in esame.

L'assenza di habitat di interesse comunitario nel tratto di foce non significa tuttavia che tale area non sia di interesse per il SIC in quanto le attuali basse profondità sul fondale favoriscono una buona presenza ornitica che trova in queste aree un'importante zona trofica.

3.3 Indagini geoarcheologiche

Le indagini geoarcheologiche preliminari hanno compreso lo studio dell'intero sito oggetto dell'intervento, dalla foce fino alla confluenza del Graveglia, sia nel suo interesse storico che archeologico, anche sulla base del confronto con le realtà locali limitrofe; lo scopo è stato, attraverso la raccolta e l'esame di quanto noto per il territorio, l'individuazione di eventuali aree di rischio archeologico.

La caratterizzazione non si è limitata all'area interessata dal primo stralcio di interventi, ma è stata estesa a tutto l'ambito della piana fociva dell'Entella, che dal punto di vista storico rappresenta un "unicum".

La ricerca e l'acquisizione dei dati si sono svolte in fasi successive:

- spoglio bibliografico dell'edito, presso le maggiori biblioteche pubbliche, sia locali che statali, e gli archivi storici degli Enti interessati, con raccolta dei dati di rilevanza storico-archeologica o di elementi derivanti da precedenti indagini archeologiche eseguite;

- stesura di una relazione avente per oggetto i salienti fatti storici riguardanti il territorio, con elenco e descrizione delle emergenze archeologiche, e redazione di una bibliografia di base;

- acquisizione e verifica della principale cartografia di riferimento, storica e attuale;

- ricerca toponomastica basata sull'edito, con stesura di una lista dei toponimi significativi;

- individuazione e posizionamento su planimetria (carta tecnica regionale) delle principali risultanze toponomastiche e dei siti d'interesse archeologico citati dalle fonti e individuati nei comuni interessati dall'intervento e nelle località limitrofe.

Le ricerche hanno dato un quadro preciso dell'importanza storica che nei millenni questa area ha avuto nell'ambito della Liguria di Levante.

Anche archeologicamente il sito in esame possiede alcuni punti di notevole importanza, soprattutto nell'ambito cittadino di Lavagna ed in particolare di Chiavari. La presenza della necropoli del Millo fa pensare ad un insediamento preistorico che facilmente poteva estendersi verso il corso dell'Entella, esattamente come le notizie sugli insediamenti romani nell'area non escludono la presenza di un abitato, forse di notevole importanza, proprio in prossimità del corso d'acqua. Queste ipotesi non sono riconducibili ad un punto preciso della piana dell'Entella, ma sicuramente prevedono l'uso della massima attenzione nel compiere opere che prevedano movimenti terra.

Nell'ambito medievale il discorso diventa più chiaro per la presenza di cartografie che testimoniano l'assenza di abitazioni nelle immediate vicinanze delle rive del fiume. Ma nello stesso momento si evidenzia la presenza di opere di grande rilevanza storica, come il Ponte della Maddalena (punto 5 della carta del rischio) che mantiene ancora le fondazioni e parte delle pile originali del XIII secolo. Questa importante struttura ha interessato anche un lungo tratto delle rive, in particolare quella chiavarese, che durante i lavori di modifica degli argini dovranno essere oggetto di sondaggi archeologici preventivi onde evitare la distruzione, anche solo parziale, di strutture d'importanza storica.

Infine, nonostante la presenza di argini in materiali deperibili, come legno e frasche, dedotta dai documenti storici consultati e visionati, non è da escludere, a detta di alcuni eruditi locali, la presenza di argini in muratura che andrebbero documentati prima della

definitiva demolizione. A questo proposito si rimanda ai punti 13A e 13B della carta del rischio archeologico (molo-argine ottocentesco); in queste aree sarebbe auspicabile l'assistenza di un tecnico qualificato durante i lavori di movimento terra.

In ugual modo l'assistenza archeologica andrebbe applicata per i punti 12A e 12B, nell'eventualità di ritrovamenti riconducibili alle fasi di edificazione e di vita del ponte di Richelieu (detto anche ponte napoleonico o delle saline – 1748).

In definitiva, l'area limitrofa alle sponde del fiume Entella non sembra presentare un alto fattore di rischio archeologico, ad eccezione del già citato Ponte della Maddalena. La modifica ed il ripristino degli argini dovranno essere eseguiti con la massima attenzione nel rispetto di eventuali evidenze archeologiche non individuate dalla ricerca.

Dalle indagini geognostiche eseguite dalla ditta specializzata PROMOGEO incaricata dalla Committente Provincia di Genova, in fase di caratterizzazione del sottosuolo per la progettazione definitiva / esecutiva, in particolare dall'analisi delle carote estratte dai sondaggi non sono emerse evidenze di emergenze archeologiche

Si rimanda all'elaborato RA02 – Relazione di indagine geoarcheologica per ulteriori approfondimenti.

3.4 Indagini geologiche e geotecniche

La piana alluvionale del T. Entella, che raggiunge una lunghezza di circa 4,5 km ed assume una larghezza complessiva variabile tra 150 m e 400 m, è delimitata da una viabilità principale di collegamento con l'entroterra ubicata, su entrambe le sponde, ai piedi dei versanti naturali.

In tale tratto l'alveo risulta inciso nelle alluvioni recenti di fondovalle con un andamento sostanzialmente rettilineo in direzione NNE-SSW; esso presenta una sezione caratterizzata da una parte centrale più profonda (alveo di magra e di morbida) e da due aree golenali più o meno ampie che presentano un elevato grado di urbanizzazione che ha compromesso, almeno in parte, la funzionalità idraulica del torrente.

Le caratteristiche originarie dell'area appaiono complessivamente modificate dal significativo rimodellamento legato all'azione antropica, dapprima caratterizzata da insediamenti sparsi, funzionali ad un'intensa attività agricola, ed oggi in continua evoluzione in conseguenza di una massiccia espansione urbanistica, sia residenziale, sia produttiva, sia infrastrutturale.

Dal punto di vista geomorfologico il tratto terminale del bacino del T. Entella può essere suddiviso in tre differenti ambiti:

1. una zona caratterizzata da rilievi morbidi e poco acclivi modellati su un substrato costituito dagli argilloscisti;

2. una zona con maggiore acclività ma con quote comunque modeste che interessa i litotipi delle Ardesie del M. Verzi e delle Arenarie del M. Gottero;
3. la vasta area di pianura alluvionale e marino-costiera.

I settori di versante sono contraddistinti in genere da coperture sciolte di natura eluvio-colluviale e detritica la cui estensione, potenza e granulometria sono decisamente variabili in funzione sia delle caratteristiche litologiche del substrato sia della sua morfologia. In particolare, data la prevalenza delle formazioni a carattere flyschiode-torbiditica la composizione risulta generalmente sabbioso-siltosa con presenza di materiali fini ed abbondanza di scheletro e clasti di natura eterogenea.

In orografica sinistra sono presenti inoltre accumuli di frana, originatisi in genere per cinematismi complessi, le cui condizioni di equilibrio appaiono stabilizzate, talvolta quiescenti, anche se alla base di alcuni corpi legati a genesi gravitativa scorrono in qualche caso corsi d'acqua secondari. Sul versante in sponda destra, le frane più significative sono quelle ubicate nel settore centro-settentrionale del bacino, legate prevalentemente ad un cinematismo per scorrimento traslativo o rotazionale, in subordine di natura complessa, da considerarsi quiescenti o stabilizzate. L'unico corpo di frana in condizioni di attività è quello posto nei pressi di Ca' Rue, che tuttavia è assai modesto in termini areali. Tutti i fenomeni gravitativi sopracitati, in relazione sia alle condizioni di equilibrio sia alle caratteristiche geomorfologiche ed alla posizione planoaltimetrica, non sono in grado di interferire con la dinamica fluviale.

Laddove la roccia costituente l'ossatura litologia dei versanti è affiorante e/o subaffiorante le condizioni di conservazione e l'assetto giaciturale che si riscontrano possono essere differenti: prevalgono situazioni di marcata fratturazione o condizioni sfavorevoli rispetto al pendio lungo il versante in orografica sinistra, mentre in orografica destra le condizioni di conservazione sono prevalentemente da buone a discrete e la disposizione giaciturale è indifferente nel tratto settentrionale e sfavorevole in quello meridionale.

Particolarmente caratteristica è la fascia di transizione tra la piana alluvionale ed i versanti circostanti: infatti, nel caso del bacino del T. Entella, questo ambito geomorfologico è molto ristretto e poco articolato in rapporto all'estensione della vallata, conoidi alluvionali e miste provenienti dai tributari in sponda destra e sinistra e coperture detritiche e colluviali di provenienza dai versanti, in parte per gravità ed in parte per azione delle acque correnti, pur presenti, hanno frequenza e dimensioni piuttosto contenute.

Nello stretto ambito di fondovalle sono distinguibili:

- alluvioni mobili che corrispondono all'alveo attuale e attivo del T. Entella, in materiale sciolto, rimaneggiato e ampliato dalle piene e dalle divagazioni stagionali del corso d'acqua; le alluvioni mobili attuali sono formate da terreno generalmente a grana grossa;

- le alluvioni terrazzate recenti, che rappresentano le zone pianeggianti lungo il corso d'acqua, con ampio sviluppo nel tratto terminale. Detti terrazzi, rilevati qualche metro rispetto l'alveo attuale, sono ampiamente antropizzati, rivelandosi favorevoli per piene anche ordinarie. Queste aree sono costituite in prevalenza da materiale argilloso-sabbioso e sabbioso-ghiaioso con abbondante frazione fine; localmente sono presenti concentrazioni di ghiaie anche grossolane disposte in lenti ed in orizzonti che possiedono buone caratteristiche come acquiferi;
- i terrazzi fluviali di età antica, rappresentati da piccoli lembi residuali situati a quote decisamente elevate rispetto al fondovalle attuale. Sono composti prevalentemente da materiali di origine fluviale, ad eccezione dei terrazzi presenti nella parte terminale valliva, costituiti invece da materiali misti di natura deltizia passanti sulla costa a depositi marini franchi: si tratta comunque di depositi molto elaborati, a granulometria variabile con prevalenza delle parti fini, argilloso-sabbiose ben classate e talora con lenti ghiaiose.

Per quanto attiene alle caratteristiche del materasso alluvionale, è possibile individuare una serie di differenze tra il tratto a valle della confluenza tra i torrenti Lavagna e Graveglia ed il settore medio-terminale.

Infatti, nella porzione settentrionale della piana, di estensione più contenuta, sono presenti ampie zone sabbiose, altre con granulometria più fine, fino a limose e limoso-sabbiose ritenute compressibili.

All'altezza del viadotto autostradale, dove il substrato si trova a profondità massime di oltre 50 m dal p.c., i depositi alluvionali, in prevalenza di natura ghiaiosa e ghiaioso-sabbiosa, sono interessati dalle prime interdigitazioni di limi ed argille anche di probabile rielaborazione marina.

Nel tratto tra il Ponte della Maddalena fino all'attuale foce del T. Entella si incontra un ambiente sostanzialmente deltizio terminale, nel quale sono presenti successioni ripetute e spesso embricate di sedimenti francamente marini, di altri francamente fluviali e di altri, persino prevalenti, di evidente ambito di transizione (spiaggia, battigia, tomboli, frecce e barre focive, stagni costieri salmastri). Allo stato delle conoscenze, l'esatta profondità del basamento in corrispondenza del tratto terminale della piana non è nota, anche se è prevedibile una profondità superiore a 60 m.

L'alveo inciso del torrente presenta una forma sostanzialmente trapezoidale, con larghezze al fondo variabili tra 50 m e 80 m circa, con allargamento a poco più di 100 m circa in prossimità dello sbocco a mare, ed altezza delle sponde variabili tra 4 m e 6 m, che risultano perlopiù arginate con scogliere in massi naturali, mentre il fondo alveo è costituito prevalentemente da ciottoli di medie dimensioni con presenza ai lati di depositi, in alcuni tratti anche di consistente entità, e di vegetazione arbustiva. La pendenza media

del fondo è variabile tra lo 0,13% circa nel tratto compreso tra il viadotto autostradale e lo sbocco a mare e lo 0,28% nel tratto di monte, con un valore medio pari allo 0,2% circa.

Per la caratterizzazione sedimentologica dei depositi di alveo e di golena del F. Entella sono stati effettuati n° 5 prelievi di materiale alluvionale da n° 3 sezioni in corrispondenza della barra, a valle del P.te della Maddalena (in alveo e sulla golena), a monte del del P.te della Maddalena (in alveo e sulla golena). I campioni sottoposti ad analisi granulometrica hanno evidenziato la presenza di sedimenti abbastanza omogenei granulometricamente (D_{90} variabile tra 38 mm e 25 mm). In seguito saranno approfonditi tali aspetti in riferimento anche ai dati granulometrici reperiti da vecchie indagini, analogamente le cartografie allegate nella relazione geologica preliminare saranno approfonditi anche gli altri aspetti legati alla ricostruzione dei livelli di falda ed alla litostratigrafia della piana.

Nell'ambito del presente progetto è stata elaborata inoltre una specifica campagna di indagini geognostiche per la caratterizzazione puntuale delle aree interessate dai lavori, che prevede indagini dirette, indagini indirette e prove geotecniche di laboratorio.

In particolare le attività svolte possono essere sintetizzate come di seguito elencato, rimandando alla relazione geologica e geotecnica per un maggior dettaglio: indagini geognostiche ovvero sondaggi a rotazione con carotaggio continuo e pozzetti di saggio diretto, prove geotecniche in sito, prospezioni geofisiche, analisi e prove di laboratorio.

3.5 Indagini catastali

Si è proceduto all'acquisizione dei fogli catastali interessanti la fascia comprendente gli interventi in progetto. L'acquisizione dei fogli digitalizzati in formato DXF è avvenuta presso l'Agenzia del Territorio di Genova – Settore informatico.

I fogli interessati sono i numeri 14 del Catasto del Comune di Chiavari, in sponda destra del Fiume Entella ed i fogli 1, 2 e 3 del Catasto del Comune di Lavagna, in sponda sinistra dello stesso.

In fase preliminare sono stati individuati gli elementi cartografici e le ditte intestatarie delle particelle interessate dai lavori. Nella presente fase, invece, determinati con maggior dettaglio gli intervento da attuarsi si è proceduto all'individuazione dei mappali interessati dalle aree da espropriare, ed alla visura catastale di ognuno di essi, al fine di determinarne la proprietà e la destinazione d'uso. Di conseguenza, si sono quantificate le aree da espropriare ed il loro valore. Gli elaborati di riferimento sono denominati PL05.1 e PL05.2 "Planimetria catastale" e PP01 "Piano particellare d'esproprio".

4. DESCRIZIONE DELLE OPERE DI CUI AL PRESENTE PROGETTO

4.1 Obiettivi

Come già anticipato in premessa, la presente revisione al progetto definitivo di 1°lotto 1°stralcio è stata fatta a seguito del parere del Comitato di Bacino Regionale del 08/03/2012 e delle indicazioni emerse in sede di Conferenza dei Servizi.

Nel presente progetto viene interamente riproposto quanto già previsto nel progetto di 1° lotto 1° stralcio del marzo 2008 (e successive modifiche ed integrazioni), che prevedeva essenzialmente interventi sulla **sola sponda sinistra (lato Lavagna), con l'aggiunta di interventi in sponda destra lungo viale Kasman (lato Chiavari)** ed un adeguamento delle quote di sommità su ambo le sponde, interventi sinteticamente definiti nella relazione del Gennaio 2012 dal titolo *"Interventi di mitigazione del rischio idraulico del bacino del Fiume Entella relativamente al tratto terminale – 1° lotto dalla foce al ponte della Maddalena – 1°stralcio funzionale – Modellazioni settembre 2011 e proposta nuovi stralci funzionali"* (interamente riportata nell' Allegato 1 dell'elaborato RR03) di 1° lotto 2° stralcio M. Tale aggiunta si è resa possibile anche a seguito dell'integrazione del finanziamento da parte della Regione Liguria (DGR n°1661 del 29/12/2011). A tale proposito si ricorda che il parere del Comitato Tecnico di Bacino del 08/03/2012 (interamente riportato in Allegato 2 dell'elaborato RR03) a pagina 4 stabilisce quanto segue:

"gli interventi minimi da realizzare per garantire la funzionalità idraulica dell'intervento sono quelli individuati nell'ipotesi progettuale comprendente gli stralci 1° e 2°; risulta tuttavia opportuno anche per economicità realizzativa prevedere la realizzazione degli argini con le quote di sommità arginali già adeguate al contenimento delle portate duecentennali dopo il rifacimento del ponte di Corso Buenos Aires e quindi il primo stralcio funzionale da realizzare è quello che viene identificato con la dicitura 1°+2° stralcio+M"

Il realizzare in maniera simultanea gli interventi sopra descritti consente infatti oltre all'annullamento dell'allagamento per T=50 anni (come peraltro nel PD 2008) anche di ridurre sensibilmente gli allagamenti duecentennali dell'abitato di Lavagna limitando ad una piccola porzione dell'abitato livelli idrici superiori a 70 cm, valore al di sopra del quale non è possibile eseguire alcun tipo di intervento. Lato Lavagna quindi, non avendo più alcun allagamento per T=50 anni, la Fascia A (rossa) definita nelle norme del P.d.B. risulta annullata.

Lato Chiavari invece l'allagamento continua a essere sostanzialmente identico a quello dello stato attuale in quanto, come già rilevato a più riprese nelle varie fasi progettuali, proveniente esclusivamente da monte del ponte Maddalena; tutt'ora gli interventi lungo viale Kasman ed a valle, previsti in questa sede, consentono di non peggiorare la situazione attuale e costituiscono un primo ed imprescindibile tassello per la realizzazione degli interventi a monte del ponte della Maddalena (definiti di 2° lotto), attualmente in fase di Studio di fattibilità, che permetteranno la completa messa in sicurezza dell'abitato di Chiavari.

Con i suddetti interventi risulta contenuta su ambo le sponde la piena cinquantennale con oltre 1 m di franco ed a seguito della completa risistemazione dell'Entella sia per la parte di monte che di valle (sinteticamente definita di 1°lotto M[1)] +2° lotto) sarà garantito il contenimento della piena duecentennale con 50 cm di franco.

4.2 Descrizione degli interventi

Gli interventi che costituiscono quindi il 1°lotto 1° stralcio funzionale sono illustrati in dettaglio negli allegati grafici e sono qui di seguito riassunti.

4.2.1 Sinistra idrografica

Per quanto riguarda la linea di difesa in sinistra idrografica (lato Lavagna) è prevista la realizzazione della linea di contenimento dal ponte della ferrovia al Rezza.

Partendo da valle: nel tratto compreso tra il ponte della ferrovia (sez 3) e il ponte di Via Previati (sez 4b) la difesa di progetto consiste in un muro con quota di sommità a 4.20 m s.l.m. con a fianco un rilevato in terra [Sezione tipo S1, vedi tavola PC01.1: Sponda sinistra], dal ponte di via Previati (sez. 4b) al ponte di corso Buenos Aires (sez. 5a) si prevede di realizzare la difesa mediante il rimodellamento del piano dei giardini comunali [vedi tavola SE01.2].

A monte del ponte di corso Buenos Aires fino a via Garibaldi (sezione 6) si prevede la realizzazione di un muro in c.a. rivestito con Hedera helix posizionato lungo la linea di difesa già individuata nel PP 2004 [Sezione tipo S2, tipologia già proposta e favorevolmente accolta nel PD2008]. In prossimità del ponte di Corso Buenos Aires il muro presenta altezze di circa 3,0 metri in un tratto dove però le abitazioni retrostanti risultano a distanza di oltre 20 metri e sopraelevate rispetto al piano campagna su cui si

[1)] Con la dicitura 1°lotto M si intendono realizzati gli interventi di cui al presente progetto oltre alla sostituzione del ponte Buenos Aires

erge il muro di circa 1,5 metri. Procedendo verso monte l'altezza del muro si riduce e si mantiene ad altezze dell'ordine dei 2 metri andando ad incrociare via Garibaldi.

Da via Garibaldi (sezione 6) all'inizio del segiun (sezione 18) la difesa idraulica viene ancora realizzata con un muro ma di differente tipologia [Sezione tipo S3] che ingloba nella sua fondazione lo scatolare per il deflusso delle acque meteoriche del bacino a monte del ponte della Maddalena e che va a sfociare in Entella proprio al di sotto di via Garibaldi. Anche la suddetta tipologia di muro sarà rivestita con Hedera helix.

Dalla sezione 18 fino al Rezza la linea di contenimento si porta in corrispondenza dell'esistente segiun (come da PP 2004), per una lunghezza complessiva di circa 490 metri, prevedendone la riprofilatura, attraverso la realizzazione di un'arginatura in terra, a quota superiore rispetto all'attuale, con sponde 4/7 e larghezza in sommità 4,5 metri sovrastata da una pista di servizio in misto stabilizzato di spessore 30 cm e larghezza 3.00 m. La quota di contenimento viene raggiunta con un muretto di altezza 1.20 m rivestito su ambo i lati con pietra locale che enuclea nella fondazione lo scatolare per esitare le acque meteoriche [Sezione tipo S4].

Nell'ultimo tratto, in cui la difesa arginale piega di 90 gradi e prosegue lungo il Rezza (diventandone l'argine di sponda sinistra) fino a Via dei Fieschi, la sezione tipologica cambia diventando un semplice rilevato arginale senza il muro in sommità con quota costante pari a 7.20 m s.l.m. [Sezione tipo S5].

Nell'ambito del presente progetto è proposta anche la sistemazione del tratto terminale del Rio Rezza.

Gli interventi in progetto sul Rezza consistono essenzialmente: nel tratto in golena (sezioni 1, 1.5 e 2) in un risezionamento della sezione di deflusso attraverso l'asportazione di materiale in sponda sinistra (in modo da preservare il muro presente in sponda destra) e la posa in opera di una mantellata in massi di cava su geotessuto sempre in sponda sinistra, in questo modo la sezione disponibile al deflusso (con ampiezza di base pari a 4 m) risulta ampliata (per la sezione 2 si passa da 7.49 m^2 dello stato di fatto ai 20.93 m^2 dello stato di progetto) nonché la sostituzione della passerella ciclo-pedonale esistente (ubicata tra le sezioni 1-1.5) con una nuova con intradosso rialzato posto a quota 4.44 m s.l.m. Nella parte a monte (sezioni 2.5, 2.6, 3 e 4) le sezioni verranno ampliate in sinistra attraverso l'asportazione di materiale di modo che la sponda sinistra del Rezza diventi quella dell'arginatura dell'Entella in progetto, con quota di sommità a 7.20 m s.l.m. A partire da valle (sezione 1) fino alla briglia (sezione 2.5) il talweg verrà leggermente abbassato e avrà pendenza 0.76%, a monte della briglia (dalla sezione 2.6 alla 4) il fondo alveo rimarrà quello dello stato di fatto [Cfr Tavole PF01 e SE02].

Parallelamente alla realizzazione della sopra descritta linea di difesa in sinistra è prevista la costruzione di collettore per lo scarico delle acque meteoriche con origine a monte del Ponte della Maddalena e scarico in Entella in via Garibaldi.

Esso raccoglie le acque accumulate in golena a monte del ponte della Maddalena (bacino urbano 9, vedi C001-Corografia), dove a causa di una depressione del terreno e dell'assenza di rete fognaria meteorica, storicamente si generano significativi allagamenti e ristagni. Il canale ha origine a monte del campetto di calcio posto a monte del ponte della Maddalena, attraversa con uno scatolare il campo di calcio e il rilevato di accesso al ponte della Maddalena fino al Rezza.

L'attraversamento del Rezza è previsto a gravità con sezione ribassata per portate ordinarie. Al crescere delle portate nel collettore si attiva un sifone che consente di convogliare a valle del Rezza le portate eccedenti. A monte del sifone è previsto l'inserimento di una paratoia di sezionamento quale limitatore di portata con lo scopo di evitare le acque esondate dall'Entella confluiscano nel collettore causandone la tracimazione attraverso i pozzetti nel tratto a valle del Rezza. Tale problema sarà risolto a seguito del completamento degli interventi di messa in sicurezza dell'Entella per eventi duecentennali (2°lotto).

A valle del Rezza il canale prosegue con uno scatolare posto al di sotto della difesa che va a scaricare in Entella al di sotto di Via Garibaldi. Questo intervento è completato dalla realizzazione di due fossi in testa al canale per la raccolta delle acque accumulate in golena e dall'allaccio eventuale alla nuova condotta di uno scatolare che oggi scarica in Rezza tra le sezioni 2 e 3 in prossimità dell'argine del segiun e della fognatura meteorica di Via Garibaldi.

L'intervento descritto consente già in questa prima fase il drenaggio del bacino urbano 9, nonché lo scarico verso valle delle acque residue ed esondate dall'Entella a monte del ponte della Maddalena. Allorquando saranno estese verso monte le arginature ed il bacino 9 si troverà non più allagato da Entella, la funzione del collettore sarà quella di una normale rete fognaria meteorica al servizio del bacino urbano soggiacente le piene dell'Entella (bacino Urbano 9 appunto). Nel quadro di riassetto generale, con riferimento a T200 ed in cui potranno essere allacciate al medesimo collettore anche le reti meteoriche dell'abitato di Lavagna da via Garibaldi a valle, esso dovrà essere prolungato fino alla sezione 2 e quindi costituire il recapito meteorico delle aree poste tra il segiun e l'Aurelia. Viceversa non dovrà più raccogliere acque di Entella o altri Rivi di monte in quanto ciascuno di essi dovrà essere perfettamente adeguato alla portata propria di riferimento.

Il suddetto scatolare avrà dimensione 2.5x2.00 m (Cfr tavola PF01).

4.2.2 Destra idrografica

Per quanto riguarda la sponda destra (Lato Chiavari) è prevista la realizzazione della linea di contenimento da valle del ponte della ferrovia a valle del ponte della Maddalena (sezione 9). Partendo da valle è stata prevista la realizzazione di un muro di contenimento a valle del ponte della ferrovia per un tratto di lunghezza pari a 38 m con quota di sommità di 4.00 m s.l.m. [Sezione tipo D1, vedi tavola PC01.2: Sponda destra]. Trattasi di muro in c.a. rivestito su entrambi i lati con pietrame locale che verrà realizzato in luogo di quello esistente vetusto e dotato di parapetto permeabile.

Nel tratto tra il ponte della ferrovia (sezione 3) e il ponte di via Previati (sezione 4b) l'intervento consiste nella realizzazione di un muro con quota di sommità crescente da valle verso monte da 4.00 m s.l.m. a 4.21 m s.l.m. andandosi ad attestare all'intradosso del ponte di via Previati. Essendo il sottopasso dell'attraversamento ferroviario il punto più depresso dell'area in destra Entella, si è ritenuto opportuno, attraverso approfondimenti topografici e verifiche con modello bidimensionale, realizzare in corrispondenza della difesa arginale delle aperture dotate di clapet che consentano il rientro delle acque accumulate in golena, verso l'Entella [Sezione tipo D2].

Dal ponte di Via Previati la linea di contenimento prosegue lungo viale Vicinale Chiusa fino alla zona di accesso ai giardini; per questo tratto verrà realizzato un muro della stessa tipologia della zona a valle del ponte della ferrovia [Sezione tipo D1] a sostituzione dell'attuale muretto con ringhiera permeabile che sia per quote di sommità che per la presenza della ringhiera non garantisce la tenuta idraulica. L'accesso ai giardini (zona golenale di sponda destra Entella) verrà completamente risistemato adeguando le quote di sommità del muro migliorandone altresì la funzionalità anche ai disabili (cosa attualmente non possibile) nonché il valore estetico.

Proseguendo verso monte verrà realizzata una nuova muratura in c.a. completamente rivestita in pietrame locale davanti a quella esistente lungo il marciapiede di Viale Marconi [Sezione tipo D3] onde raggiungere la quota minima di difesa idraulica (lunghezza di intervento pari a circa 85 m). Dal punto suddetto procedendo verso monte fino al ponte Buenos Aires l'intervento si interrompe in quanto l'attuale quota del sedime stradale aumenta rendendo quindi la zona retrostante già in sicurezza.

L'intervento riprende circa 80 m a monte del ponte Buenos Aires lungo viale Kasman e prosegue verso monte fino alla sezione 9, 150 m a valle del ponte della Maddalena. L'intervento in questa zona si distingue in due tipologie: dove le quote lo consentono verrà realizzato un muro di 1.20 m fuori terra a partire dal marciapiede attuale [Sezione tipo D4] altrimenti verrà realizzato sempre un muretto di 1.20 m dal marciapiede che però verrà rialzato in quota (fino ad un massimo di 50 cm) [Sezione tipo D5].

Trattasi di un muro in c.a. ricoperto lato fiume di Hedera helix e lato interno di pietra locale.

In questa zona sono previsti 5 scavalchi pedonali del muro, la cui ubicazione è stata scelta in accordo con il Comune di Chiavari, onde consentire l'accesso alla golena. Verrà inoltre effettuato l'adeguamento della zona di accesso al parcheggio ASL/concessionaria posto in golena appena a monte del ponte Buenos Aires.

5. SINTESI DELL'ANALISI IDROLOGICA

5.1 Entella

Attività preliminare alle analisi idrologiche è stato il reperimento di tutti gli studi pregressi riguardanti l'idrologia di piena dell'Entella, al fine supportare l'analisi condotta, ponendo particolare attenzione nell'analisi degli elaborati del Piano di Bacino, che rappresenta lo strumento normativo vigente relativo alla pianificazione delle misure e degli interventi di prevenzione del rischio idrogeologico.

In particolare sono stati analizzati i seguenti studi:

- Metodologia di calcolo della portata al colmo basata sulla curva inviluppo definita nel 1970 dall'ing. Cati;
- Studio del C.I.M.A. del 1999: Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri;
- Rapporto sulla valutazione delle piene nel bacino padano e nella Liguria tirrenica (VA.PI. – 1999);
- Piano di Bacino stralcio sul rischio idrogeologico – Ambito 16 (2007)
- Progetto preliminare degli interventi di adeguamento idraulico del tratto terminale del torrente Entella (2004)
- Pubblicazioni tecniche di settore, in particolare l'articolo "*Un modello statistico per la stima indiretta delle portate di piena dei corsi d'acqua italiani*" (Majone, Pessarelli, Tomirotti, L'Acqua, 1999) e l'articolo "*A trans-national regional frequency analysis of peak flood flows*" (Majone, Tomirotti, L'Acqua, 2004).

La tabella seguente riporta una sintesi dei valori di portata ricavati negli studi pregressi analizzati per la sezione di Entella a Panesi per i tempi di ritorno di riferimento per la progettazione delle opere di sistemazione e difesa idraulica del territorio (T=100 e 200 anni).

Tabella 5-1: Sintesi dei risultati ottenuti in studi pregressi per la sezione di Entella a Panesi

Metodologia	**Q [mc/s] per T=100 anni**	**Q [mc/s] per T=200 anni**
Curva inviluppo	-	2739
Metodo CIMA	2879	3401
Modello VAPI:		
Q_{indice} da stima locale	2481	3098
Q_{indice} da stima indiretta (formule VAPI)	1794	2240
Q_{indice} da stima indiretta (formule MG)	2124	2652

Metodologia	Q [mc/s] per T=100 anni	Q [mc/s] per T=200 anni
Piano di Bacino	2036	2698
Progetto Preliminare 2004	2100	2700
Pubblicazione "L'Acqua":		
Gumbel	1628	1805
GEV	1810	2122
MG 1999, parametri da stima locale	1746	1902
MG 1999, parametri da stima indiretta	1561	1707
MG 2004, parametri da stima locale	1697	1847
MG 2004, parametri da stima indiretta	1506	1645

Considerata l'elevata variabilità delle portate ricavate con i diversi metodi riportati al precedente capitolo 2, si è ritenuto opportuno considerare come portata di dimensionamento delle opere in progetto, quella fornita dal Piano di Bacino avendo questa ad oggi carattere di ufficialità.

Nella tabella seguente sono quindi riepilogate le portate di progetto dell'Entella per i diversi tempi di ritorno.

Tabella 5-2: Valori di portata al colmo [mc/s] del Piano di Bacino prese a riferimento per la progettazione delle opere

ID.	Corso d'acqua	S	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}
		[kmq]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]
EE1	Entella alla foce	371.1	1559	2067	2739	3971
EE3	Entella a Panesi	364.0	1535	2036	2698	3911

5.2 Reticolo minore

Sono stati, dapprima, individuati i corsi d'acqua di interesse appartenenti al reticolo idrografico minore e, successivamente, sono stati tracciati i relativi bacini idrografici chiusi in prossimità della sezione di confluenza del corso d'acqua di interesse in Entella, utilizzando come cartografia di base la Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000.

Sono stati inoltre delimitati alcuni sottobacini a contributo prevalentemente urbano all'interno dei quali le acque meteoriche raccolte vengono recapitate in Entella o a mare solo attraverso le reti fognarie.

In particolare sono state individuate le sezioni riportate nella tabella seguente:

Tabella 5-3: Sezioni di chiusura di interesse

Codice	Corso d'acqua	Descrizione
SMi	Rio in località S. Michele	sezione di chiusura della sola porzione extraurbana del bacino del Rio in località S. Michele, posta in corrispondenza dell'inizio del tratto tombinato del rio
RiB	Rio in località Ri Basso	sezione di chiusura della sola porzione extraurbana del bacino del Rio in località Ri Basso, posta in corrispondenza dell'inizio del tratto tombinato del rio
Ram	Rio Ramella	sezione di chiusura posta immediatamente a monte della confluenza del rio in Entella
Mog	Rio in località La Moggia	sezione di chiusura della sola porzione extraurbana del bacino del Rio in località La Moggia
RZ1	Rio Rezza	sezione di chiusura posta immediatamente a valle della confluenza tra il Rio Rezza e il Rio Beichetta
RZ2	Rio Rezza	sezione di chiusura posta in corrispondenza dell'immissione del Rio Rezza in Entella
Urb1	Sottobacino urbano (fognatura di Chiavari)	sottobacino urbano afferente al tratto tombinato del Rio in località S. Michele; ad oggi si immette nel collettore fognario di viale Kasman
Urb2	Sottobacino urbano (fognatura di Chiavari)	sottobacino urbano compreso tra gli spartiacque dei bacini del Rio in località S. Michele e del Rio in località Ri Basso; ad oggi si immette nel collettore fognario di viale Kasman
Urb3	Sottobacino urbano (fognatura di Chiavari)	sottobacino urbano afferente al tratto tombinato del Rio in località Ri Basso; ad oggi si immette nel collettore fognario di viale Kasman
Urb4	Sottobacino urbano (fognatura di Chiavari)	sottobacino urbano compreso tra lo spartiacque del bacini del Rio in località Ri Basso e la linea di costa; ad oggi lo scarico è direttamente in Entella
Urb5	Sottobacino urbano (fognatura di Lavagna)	sottobacino urbano drenante la porzione più ampia del territorio indagato in comune di Lavagna; ad oggi si immette in Entella
Urb6	Sottobacino urbano (fognatura di Lavagna)	sottobacino urbano afferente al collettore di Corso Genova; ad oggi si immette in Entella
Urb7	Sottobacino urbano (fognatura di Lavagna)	sottobacino urbano afferente al collettore di Via Previati; ad oggi si immette in Entella
Urb8	Sottobacino urbano (fognatura di Lavagna)	sottobacino urbano afferente al collettore di Via dei Devoto; ad oggi si immette in Entella
Urb9	Sottobacino urbano (fognatura di Lavagna)	sottobacino urbano compreso tra il Rio Ramella e il ponte della Maddalena

Per i bacini in studio sono state definite tutte le grandezze geomorfologiche caratteristiche necessarie per le successive fasi della progettazione; in particolare sono stati definiti i seguenti parametri:

- Superficie del bacino *S* [km^2];

- Altezza massima H_{max} [m s.l.m.];
- Altezza minima in corrispondenza della sezione di chiusura H_0 [m s.l.m.];
- Altezza media H_{med} [m s.l.m.];
- Lunghezza dell'asta L [km];
- Tempo di corrivazione t_c [ore];
- coefficiente di deflusso ϕ;
- Curve number CN.

Per i necessari approfondimenti metodologici si rimanda all'elaborato RR02 Relazione di indagine idrologica preliminare.

Le caratteristiche geomorfologiche calcolate per i bacini idrografici in studio sono riportate in Tabella 5-4:

Tabella 5-4: Caratteristiche geomorfologiche dei bacini del reticolo minore

Codice	S	L	H_0	H_{med}	t_c	ϕ	CN
	[kmq]	[km]	[m.s.m.]	[m.s.m.]	[ore]	[-]	[-]
SMi	0.435	1.36	9.00	115.29	0.57	0.65	90.00
RiB	0.454	0.66	5.50	59.03	0.71	0.66	90.00
Ram	0.375	1.33	8.00	104.68	0.57	0.63	90.00
Mog	0.133	0.51	6.50	69.93	0.37	0.62	90.00
RZ1	1.432	2.23	13.30	167.17	0.91	0.65	90.00
RZ2	1.610	2.83	5.00	147.58	1.07	0.67	90.00
Urb1	0.236	1.08	-	-	0.55	0.80	95.00
Urb2	0.198	0.92	-	-	0.51	0.80	95.00
Urb3	0.150	0.69	-	-	0.44	0.80	95.00
Urb4	0.356	1.17	-	-	0.58	0.80	95.00
Urb5	0.740	1.78	-	-	0.74	0.80	95.00
Urb6	0.061	0.75	-	-	0.46	0.80	95.00
Urb7	0.071	1.05	-	-	0.54	0.80	95.00
Urb8	0.087	1.03	-	-	0.54	0.80	95.00
Urb9	0.18	0.83			0.48	0.80	95.00

Per stimare le portate di piena defluenti nei corsi d'acqua di interesse sono stati utilizzati modelli di trasformazione afflussi-deflussi, che a partire da precipitazioni puntuali note forniscono il corrispondente andamento nel tempo delle portate ovvero con la metodologia indicata dal Piano di Bacino, basata sulla curva inviluppo costruita nel 1970 dall'ing. Cati, con la metodologia del C.I.M.A. per piccoli bacini, con la formula razionale e con il metodo CN del Soil Conservation Service; inoltre, per i soli bacini urbani, la portata è stata calcolata anche con la metodologia proposta dal Piano di Risanamento delle Acque della Regione Lombardia (PRRA). Per la descrizione delle metodologie utilizzate si rimanda all'elaborato RR02 Relazione di indagine idrologica preliminare.

In Tabella 5-5 si riportano, per T=200 anni, tempo di ritorno di riferimento per la progettazione delle opere di difesa idraulica del territorio, così come indicato dall'Autorità di Bacino competente, i valori di portata al colmo di piena nelle sezioni di interesse dei bacini extraurbani calcolati con i modelli di trasformazione afflussi-deflussi proposti, al fine di confrontate i risultati ottenuti con le diverse metodologie esposte.

La Tabella 5-6 riporta invece, per i sottobacini urbani, i valori di portata calcolati per T=10 anni con le diverse metodologie esposte.

Tabella 5-5: Portate calcolate per i bacini extraurbani con diverse metodologie per T=200 anni

Sezione	Modello cinematico	Modello CN-SCS	Metodologia del Piano di Bacino	Modello C.I.M.A.
SMi	14.85	17.00	17.39	12.92
RiB	13.38	15.23	18.18	13.50
Ram	11.36	13.10	14.99	11.13
Mog	5.93	6.87	5.32	3.95
RZ1	31.02	35.35	57.28	42.56
RZ2	32.18	36.47	64.40	47.85

Tabella 5-6: Portate calcolate per i bacini urbani con diverse metodologie per T=10 anni

Sezione	Modello cinematico	Modello CN-SCS	Metodologia del PRRA	Modello C.I.M.A.
Urb1	6.02	5.90	4.73	3.92
Urb2	5.38	5.25	4.19	3.29
Urb3	4.50	4.35	3.46	2.49
Urb4	8.77	8.62	6.90	5.90
Urb5	15.10	15.06	11.53	12.28
Urb6	1.77	1.71	1.36	1.01
Urb7	1.83	1.79	1.43	1.17
Urb8	2.24	2.20	1.76	1.44
Urb9	5.11	4.96	3.95	3.02

In conclusione, per le sezioni di interesse drenanti bacini a carattere prevalentemente extraurbano la portata di progetto sarà assunta pari a quella indicata dal CIMA, mentre per i sottobacini urbani, la portata di progetto verrà assunta come media dei valori ottenuti con il modello cinematico e CN-SCS. Poiché per questa tipologia di bacini le portate stimate con il metodo C.I.M.A. appaiono sottostimare l'effettiva portata prodotta dal bacino rispetto alle altre metodologie, non si è tenuto conto di questa metodologia nel calcolo della portata di progetto.

5.3 Concomitanze tra le piene del Reticolo minore e quelle dell'Entella

Nei casi in cui il livello di piena in Entella condiziona lo scarico dell'affluente risulta necessaria la valutazione idrologica dell'evento congiunto "piena dell'Entella" e "piena dell'affluente", al fine di individuare il tempo di ritorno di riferimento per la verifica idraulica dei corsi d'acqua del reticolo minore con foce in Entella, una volta fissato il tempo di ritorno per il quale si intendono analizzare, progettare e verificare gli interventi di difesa idraulica del territorio.

Indichiamo con E_1 l'evento "piena dell'Entella superiore ad un valore di soglia" e con E_2 l'evento "piena sul bacino dell'affluente".

Data la differenza notevole di dimensioni tra il bacino idrografico dell'Entella e i bacini dei corsi d'acqua del reticolo minore e i diversi valori dei parametri idrologici caratteristici dei due bacini, si può ritenere che gli eventi E_1 ed E_2 siano statisticamente indipendenti. Sotto tale ipotesi la probabilità composta degli eventi, ossia la probabilità che essi accadano contemporaneamente, è data dalla $p(E_1 \cap E_2) = p(E_1) \cdot p(E_2)$.

La probabilità composta $p(E_1 \cap E_2)$ è nota una volta fissato il tempo di ritorno di riferimento per le opere di difesa idraulica del territorio. Nel caso in esame, viene fissato un tempo di ritorno di 200 anni, cui corrisponde una probabilità di superamento dell'evento congiunto E_1E_2 pari 0.005 ($P = 1/T$).

La probabilità di superamento $p(E_1)$ associata a piene dell'Entella superiori ad un valore di soglia, invece, viene stimata, una volta nota la portata di soglia Q_s, attraverso la curva di durata del corso d'acqua relativa alla stazione idrometrica di Panesi, costruita in questa sede come la media di tutte curve di durata pubblicate sugli Annali Idrologici dal 1934 al 1996.

La portata di soglia Q_s è la portata che si registra in Entella nell'istante in cui lo scarico dell'affluente comincia ad essere rigurgitato.

A questo punto, fissata $p(E_1 \cap E_2)$ e nota $p(E_1)$, si ricaverà facilmente la probabilità di superamento $p(E_2)$ relativa a eventi di pioggia intensa sul bacino dell'affluente, e quindi il

tempo di ritorno di riferimento per le verifiche idrauliche sul reticolo minore pari a $T = 1/P(E_2)$.

Dall'analisi delle portate medie giornaliere contenute negli annali idrologici, è stata ricavata la curva di durata dell'Entella; tale curva, riportata nella figura seguente, è la curva di durata media delle curve annue pubblicate sugli annali. I dati hanno consentito di costruire la curva solo fino a portate di 253 mc/s. La curva è stata quindi estesa cautelativamente ipotizzando che almeno un giorno all'anno si verifichi la portata massima della curva pari alla portata duecentennale in Entella.

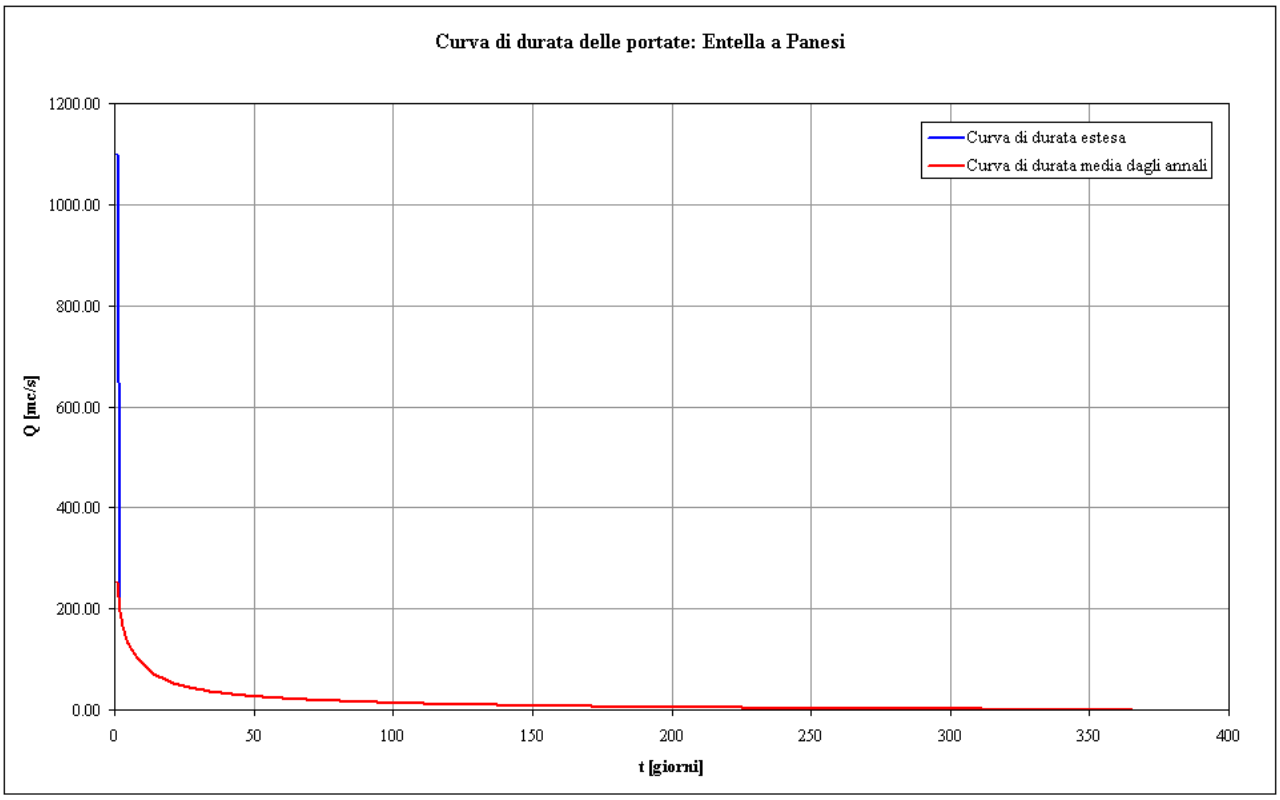


Figura 5.1: Curva di durata dell'Entella a Panesi

Estendendo ulteriormente la portata fino al valore corrispondente ad eventi di ritorno duecentennali, appare evidente come a maggior ragione il tempo di ritorno sui rivi minori risulti basso.

Per maggiore chiarezza nella tabella seguente si riportano le seguenti grandezze al variare della portata in Entella (*Q Entella*):

- *Tr Entella* – Tempo di ritorno dell'Entella associato alla *Q Entella*
- *Giorni anno di superamento di Q Entella* - numero di giorni in un anno in cui viene superato il valore di portata *Q Entella*
- *P (Q Entella)* – probabilità associata alla portata *Q (Entella)* data dal rapporto tra il numero di *giorni anno di superamento di Q Entella* e 365 giorni.
- *P (Q rivi minori)* – probabilità dell'evento sul rivo minore in corrispondenza dell'evento congiunto duecentennale. Tale valore è dato dal rapporto tra la probabilità dell'evento congiunto e la probabilità dell'evento sull'Entella e quindi è pari a 1/200 anni /P(Q Entella).
- *Tr Rivi minori* – Tempo di ritorno sul rivo minore associato all'evento congiunto. Tale valore è pari a 1/ *P (Q rivi minori)*.

Tabella 5-7: Schema riassuntivo

Q Entella (mc/s)	Tr Entella (Anni)	Giorni/anno di superamento di Q Entella	P(Q Entella)	P (Q Rivi Minori)	Tr Rivi minori (Anni)	Note
2739	**200**	**1**	**0.003**	**1.00**	**<1**	Evento maggiormente critico per Entella
2164	≈ 100	1.2	0.003	1.00	<1	
1622	≈ 50	1.5	0.004	1.00	<1	
1281	≈ 30	1.8	0.005	1.00	1	
1118		2	0.005	0.91	1	
990	≈ 10	**2.2**	**0.007**	**0.73**	**1.2**	Portata in Entella che inizia ad esondare in golena a valle del ponte della Maddalena
140		10	0.027	0.18	5	
17		50	0.137	0.04	27	
10		75	0.205	0.02	41	
8		90	0.247	0.02	49	
5		125	0.342	0.01	68	
4		150	0.411	0.01	82	
3		175	0.479	0.01	96	

3		180	0.493	0.01	99	
2		225	0.616	0.01	123	
2		250	0.685	0.01	137	
2		275	0.753	0.01	151	
2		300	0.822	0.01	164	
2		325	0.890	0.01	178	
1	**<1**	**365**	**1.000**	**0.01**	**200**	Evento maggiormente critico per Rivo minore

Appare evidente come fino a portate inferiori a 1000 mc/s in Entella poiché il deflusso non interessa le golene a valle del ponte della Maddalena, il funzionamento dei rivi minori risulta poco influenzato dal livello in Entella. In corrispondenza dell'evento decennale in Entella (Q ≈ 1000 mc/s) l'evento sui rivi minori che da come evento congiunto quello duecentennale ha tempo di ritorno inferiore ai 2 anni, evento per il quale non si hanno allagamenti sui rivi stessi.

Pertanto gli eventi che risultano maggiormente gravosi per il sistema nel suo complesso sono quelli che corrispondono ad uno dei due eventi estremi, ovvero piena duecentennale su Entella e evento con T molto basso sul rivo o piena duecentennale sul rivo e evento con T molto basso in Entella.

6. SINTESI DELL'ANALISI IDRAULICA

6.1 Analisi bidimensionale sull'Entella

Le modellazioni sono state condotte utilizzando il software Basement (Basical Simulation Environment) sviluppato da VAW (laboratorio di idraulica idrologia e glaciologia di Zurigo) in collaborazione con ETH (laboratorio federale svizzero di tecnologia). Trattasi di uno dei migliori prodotti attualmente in commercio per lo studio di situazioni idrodinamiche come quella in esame.

6.1.1 Implementazione del modello

6.1.1.1 Area di analisi ed informazione topografica

L'area di analisi del modello bidimensionale si estende longitudinalmente lungo il Fiume Entella da poco a monte della confluenza Lavagna-Graveglia fino alla foce; per le problematiche specifiche di cui alla presente relazione il tratto di interesse si sviluppa dal ponte Maddalena alla foce; trasversalmente all'alveo sono interessati gli abitati di Chiavari, in destra idrografica, fino all'alveo del Torrente Rupinaro e di Lavagna, in sinistra idrografica; il limite delle zone a monte area urbana è costituito dal sistema collinare. L'area sottoposta ad analisi con il modello Basement è individuata in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**.

L'informazione topografica prende origine dal rilievo a terra svolto nel 2006 opportunamente integrato planimetricamente ed altimetricamente con ulteriori rilievi già esistenti nonché con il recente DTM fornito dalla Regione Liguria e proveniente dal Ministero dell'Ambiente.

6.1.1.2 Mesh di calcolo

La *mesh* di calcolo è stata realizzata discretizzando il territorio in una serie di elementi quadrangolari e triangolari al fine di descriverne con semplificazione geometrica l'andamento plano-altimetrico, in modo il più attinente possibile alla realtà.

Tale discretizzazione risulta più di dettaglio nelle zone di maggiore variazione topografica (alveo e zone limitrofe) e di maggiore concentrazione insediativa e nelle zone dove il comportamento idrodinamico del corso d'acqua risulta più complesso.

La mesh è stata costruita con il programma SMS (Surfacewater Modelling System) sviluppato dalla Brigham Young University, mediante tecniche di interpolazione, a partire dai dati topografici disponibili e dal DTM recentemente fornito dalla Regione Liguria e proveniente dal Ministero dell'Ambiente. Al fine di meglio descrivere il reale

funzionamento in piena del corso d'acqua, in ottemperanza alle simulazioni a fondo mobile svolte nel progetto preliminare del medesimo intervento (agosto 2007 - Relazione Idraulica RR03) il fondo alveo nel tratto di foce è stato opportunamente sagomato.

La mesh utilizzata è costituita da oltre 46'250 elementi ed è riportata in Figura 2.

6.1.1.3 Condizioni al contorno

Condizione al contorno di monte

Nelle simulazioni eseguite è stato imposto, come condizione al contorno di monte, il deflusso delle portate di piena del Fiume Entella per i vari tempi di ritorno interessati (50, 100 e 200 anni), modulate tramite un idrogramma. Le portate massime di riferimento sono pari a 1559 m^3/s per tempo di ritorno 50 anni, 2067 m^3/s per tempo di ritorno 100 anni, **2739 m^3/s per tempo di ritorno 200 anni**, come fissato dal Piano di Bacino. In **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** si riportano gli idrogrammi di ingresso utilizzati per ciascun tempo di ritorno calcolati dai tecnici della Provincia con la metodologia definita nella DGR 357/08.

Condizione al contorno di valle

Nelle simulazioni eseguite è stato imposto come condizione al contorno di valle il livello del mare a quota 0.5 m s.l.m. sia in foce che a valle della linea di litorale prospiciente gli abitati di Chiavari e Lavagna.

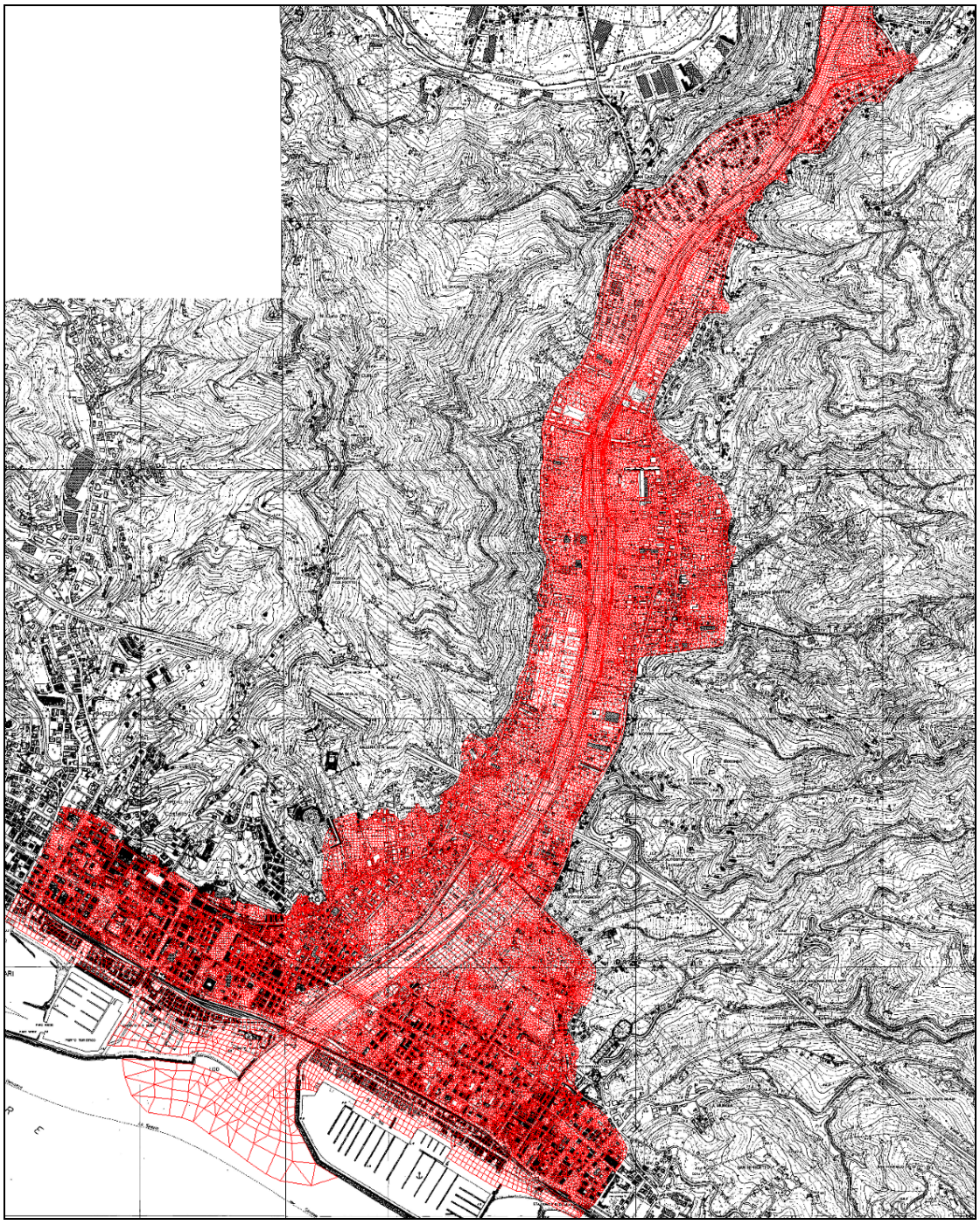


Figura 2: Mesh di calcolo Basement

6.1.2 Risultati ottenuti

6.1.2.1 Attuali condizioni di allagamento

Con riferimento al tratto di corso d'acqua a valle del ponte di Maddalena, oggetto specifico del presente progetto, si osserva che il deflusso idrico comincia a fuoriuscire dall'alveo attivo di magra per portate di circa 1000 m^3/s (vedi Figura 3). Il primo punto di tracimazione delle attuali difese avviene in destra e soprattutto in sinistra idraulica, a monte ed in corrispondenza del ponte Buenos Aires per portate di circa 1400 m^3/s (vedi Figura 4) mentre in destra idraulica l'allagamento avviene anche da monte del Ponte Maddalena.

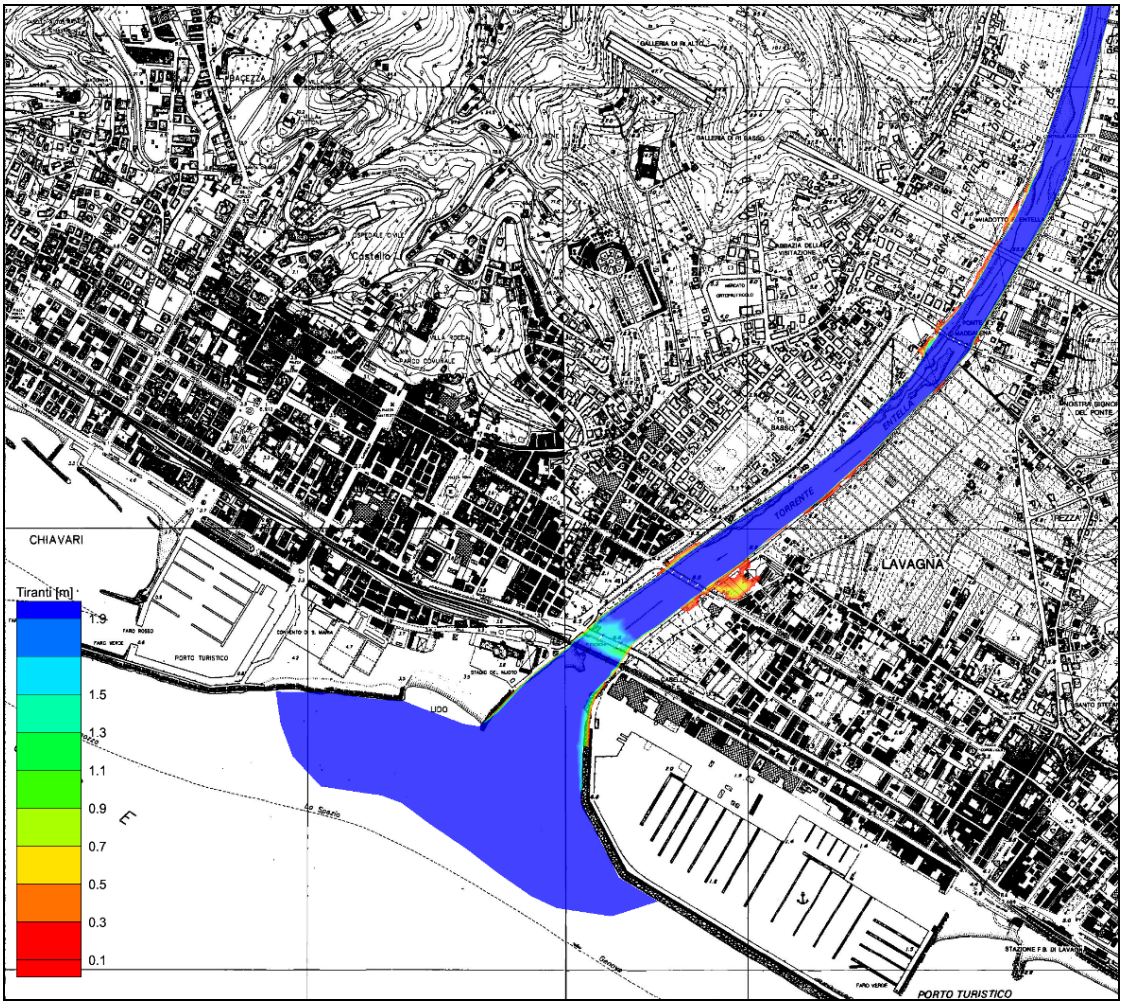


Figura 3: Planimetria degli allagamenti istantanei per portate di circa 1000 m^3/s

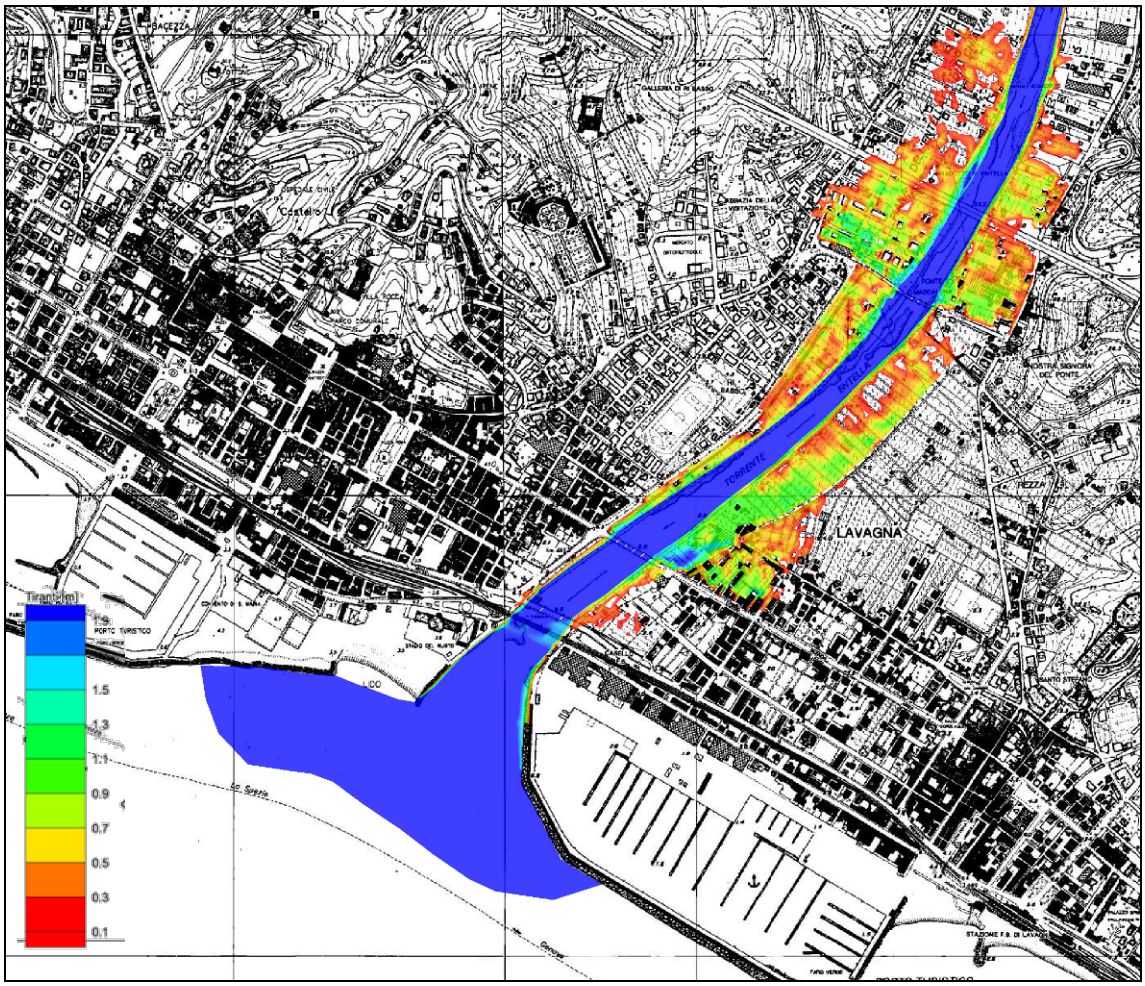


Figura 4: Planimetria degli allagamenti istantanei per portate di circa 1400 m^3/s

Lato Chiavari, fino alla portata di 2450 m^3/s, non si verificano ulteriori contributi all'allagamento dell'abitato in quanto la protezione dall'esondazione è assicurata dal rilevato di Viale Kasman; ciò ad eccezione del tratto in cui ha luogo l'abbassamento di quota della sommità della difesa come ad esempio fra i rilevati dei ponti di Via Previati e quello ferroviario.

Oltre tale portata sono sormontati anche altri tratti di tale rilevato, fino al quasi completo sormonto. La portata massima che sormonta viale Kasman per T=200 anni è di circa 102 m^3/s mentre il volume complessivo che interessa l'abitato è di 1.83 milioni di m^3 di cui 1.24 milioni di m^3 provenienti da monte del ponte Maddalena, 0.59 milioni di m^3 dal sormonto di viale Kasman a monte di Buenos Aires.

Lato Lavagna, l'esondazione evolve dalle zone a monte e valle del Ponte Buenos Aires per poi svilupparsi lungo la piana verso l'abitato.

In seguito, l'acqua riesce a scavalcare il Segiun anche in punti più a monte, fino al completo sormonto al transito della portata di 2450 m^3/s. Si precisa che tale valutazione è effettuata nell'ipotesi, del tutto irreale, che il Segiun, anche dopo essere sormontato dalle acque, mantenga la sua attuale geometria e non venga invece progressivamente eroso ed asportato.

La portata massima che sormonta il Segiun per T=200 anni è di circa 353 m^3/s per un volume di 2.52 milioni di m^3; la portata massima che esonda a valle del ponte Buenos Aires è di circa 202 m^3/s per un volume di 1.58 milioni di m^3.

Complessivamente Lavagna per una portata con tempo di ritorno duecentennale viene investita da un volume totale di 4.1 milioni di m^3

In Figura 5 sono rappresentate le massime aree inondabili per la piena cinquantennale; l'allagamento si estende fino a corso Garibaldi (escluso) lato Chiavari e fino all'altezza di Piazza Vittorio Veneto lato Lavagna. Quella rappresentata è di fatto la Fascia A (rossa) definita nelle norme del piano di Bacino e si stende per circa 0.42 km^2 a Chiavari e circa 0.48 km^2 a Lavagna.

Gli eventi di piena con tempo di ritorno superiore incrementano progressivamente, ma in misura limitata l'area allagata verso l'esterno; in Figura 6 sono rappresentate le massime aree allagabili per tempo di ritorno 200 anni. Quella rappresentata è di fatto la Fascia B (gialla) definita nelle norme del piano di Bacino e si stende per circa 0.75 km^2 a Chiavari e circa 0.69 km^2 a Lavagna comprendendo in tali superfici anche quelle di fascia A sopra descritta, interessando in questo modo praticamente tutti gli abitati.

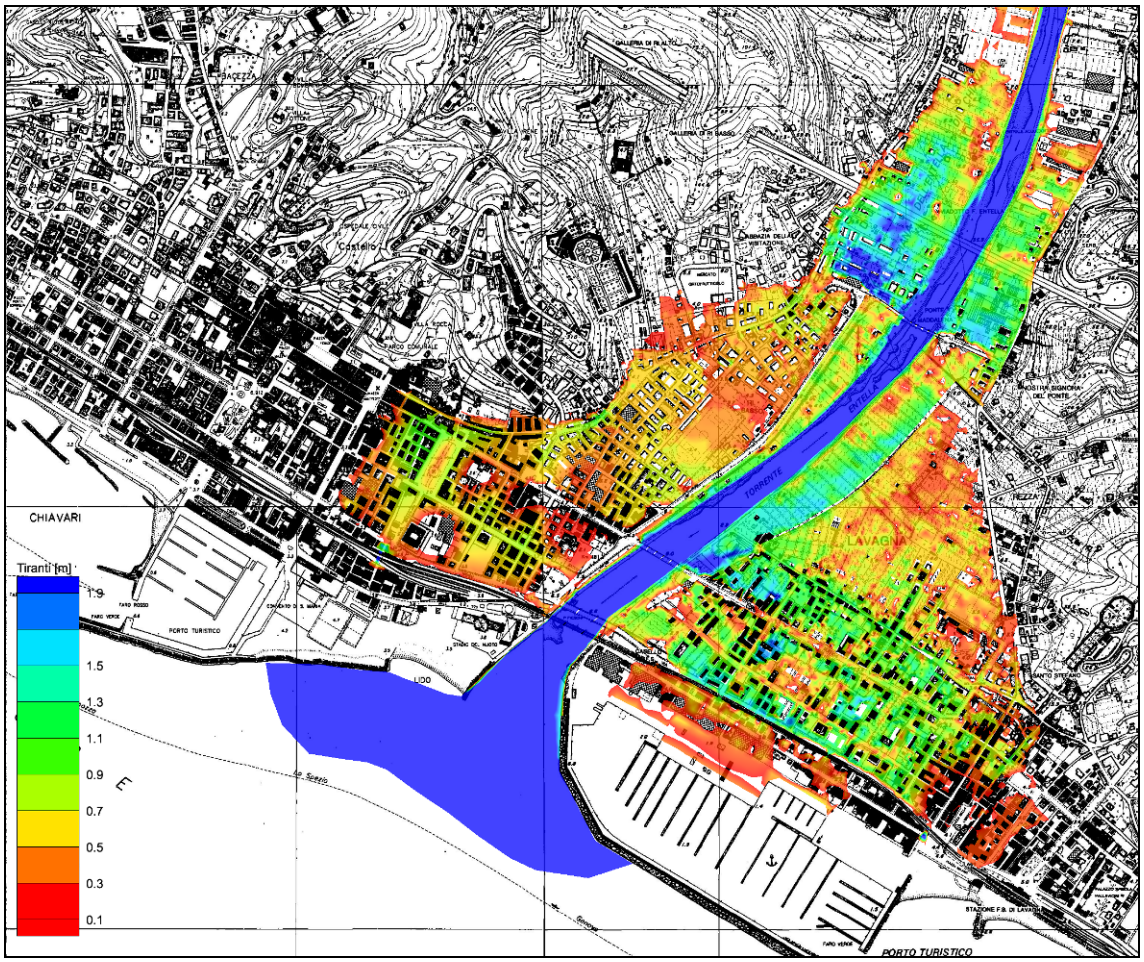


Figura 5: Planimetria dell'inviluppo dei massimi allagamenti per portate con T=50 anni (Q=1559 m^3/s)

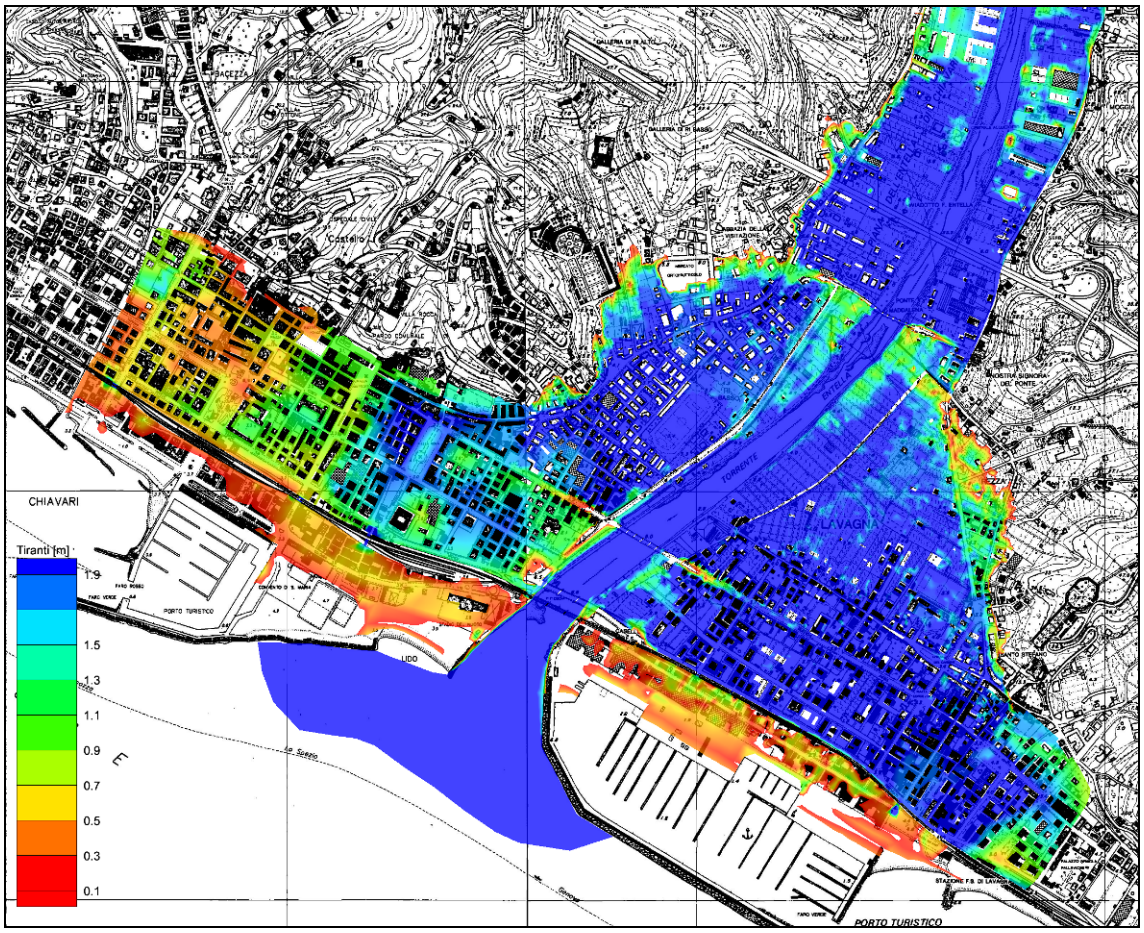


Figura 6: Planimetria dell'inviluppo dei massimi allagamenti per portate con T=200 anni (Q=2739 m^3/s)

6.1.2.2 *Condizioni di sicurezza raggiunte con gli interventi in progetto*

Le massime aree inondabili per la **piena cinquantennale** a seguito della realizzazione degli interventi di 1° lotto 1° stralcio descritti al Capitolo precedente sono indicate in Figura 7; **il fiume non esonda sul lato Lavagna e quindi non si ha più alcun allagamento**; lato Chiavari invece allagamento continua a essere sostanzialmente identico a quello dello stato attuale in quanto, come già rilevato a più riprese nelle varie fasi progettuali, proveniente esclusivamente da monte di Maddalena (vedi precedente Figura 5). Lato Lavagna, non avendo più alcun allagamento, la Fascia A (rossa) definita nelle norme del P.d.B. **risulta annullata,** mentre la stessa risulta sostanzialmente inalterata rispetto a quella attuale a Chiavari.

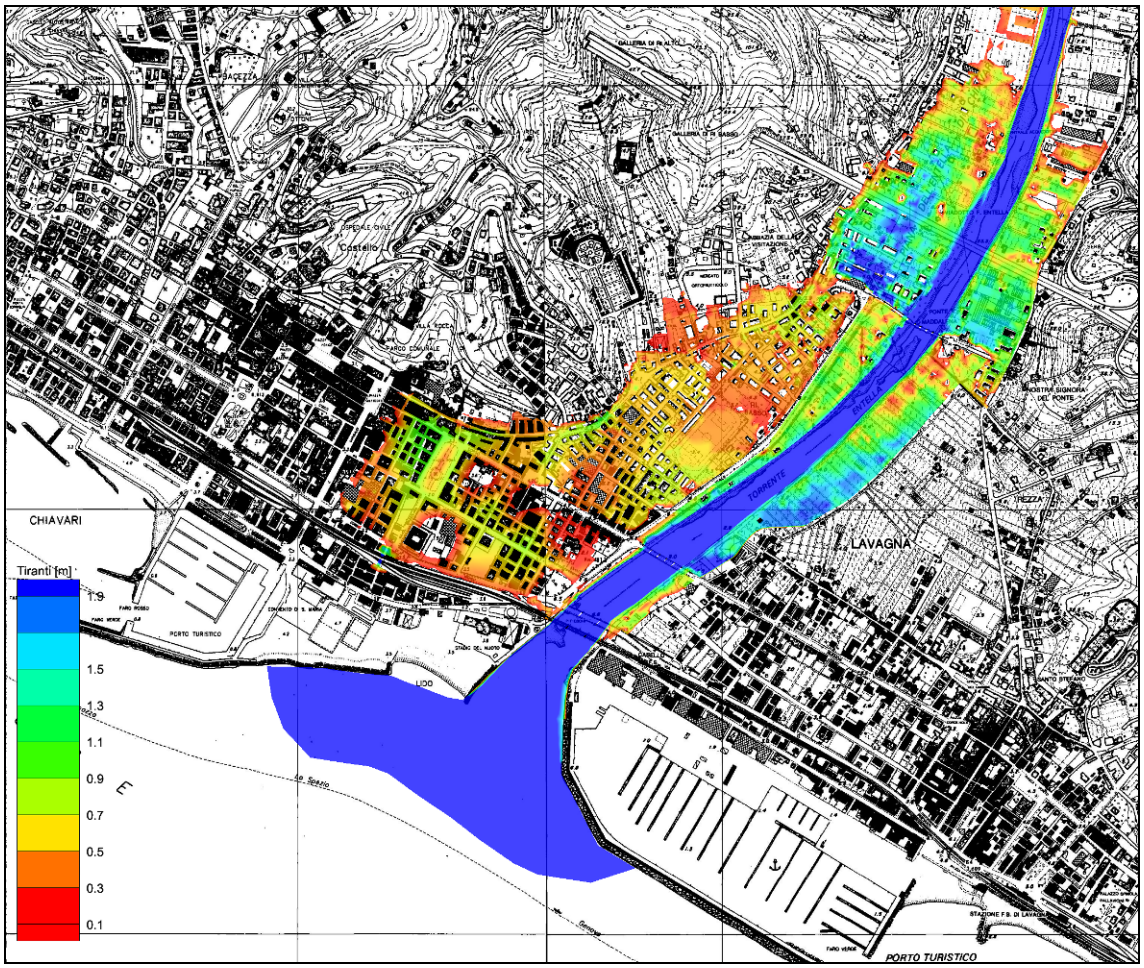


Figura 7 : Planimetria dell'inviluppo dei massimi allagamenti per portate con T=50 anni (Q=1559 m^3/s) dopo la realizzazione degli interventi in progetto

Considerazioni identiche possono essere condotte per le piene centennali. In Figura 8 sono rappresentate le massime aree allagabili per la **piena duecentennale**. Lato Lavagna, pur in presenza di un franco ridotto, **le condizioni di allagamento si riducono drasticamente.** In particolare le zone allagate con un tirante superiore a 70 cm (vedi Figura 9) passano dagli attuali 0.69 km^2 circa (quasi tutta la piana) a 0.11 km^2 (meno del 20 %).

Il contenimento delle acque aumenta i massimi livelli idrici di deflusso in alveo nel tratto tra il ponte Maddalena e quello di Buenos Aires di un valore massimo di 60 cm circa. La realizzazione del contenimento idraulico in sponda destra consente la riduzione delle portate esondate a Chiavari in caso di piena duecentennale; dagli attuali 280 m^3/s si passa 221 m^3/s. Il miglioramento avviene anche in termini di volumi idrici passando dagli attuali

1.83 milioni di m^3 a 1.36 milioni di m^3. Per la suddetta configurazione si ottiene anche un minimo decremento dei livelli idrici massimi dell'ordine di qualche cm. La zona di Chiavari risulta comunque allagata, grossomodo nella medesima estensione dello stato attuale, ma solo da monte e non per tracimazione del rilevato di viale Kasman. Tale configurazione non consente quindi ancora la difesa di Chiavari per portate duecentennali ma è propedeutica ed indispensabile per i successivi interventi di sistemazione idraulica più a monte. Sempre lato Chiavari, sia la Fascia A (rossa) che la Fascia B (gialla) non modificano sostanzialmente le loro dimensioni rispetto allo stato attuale.

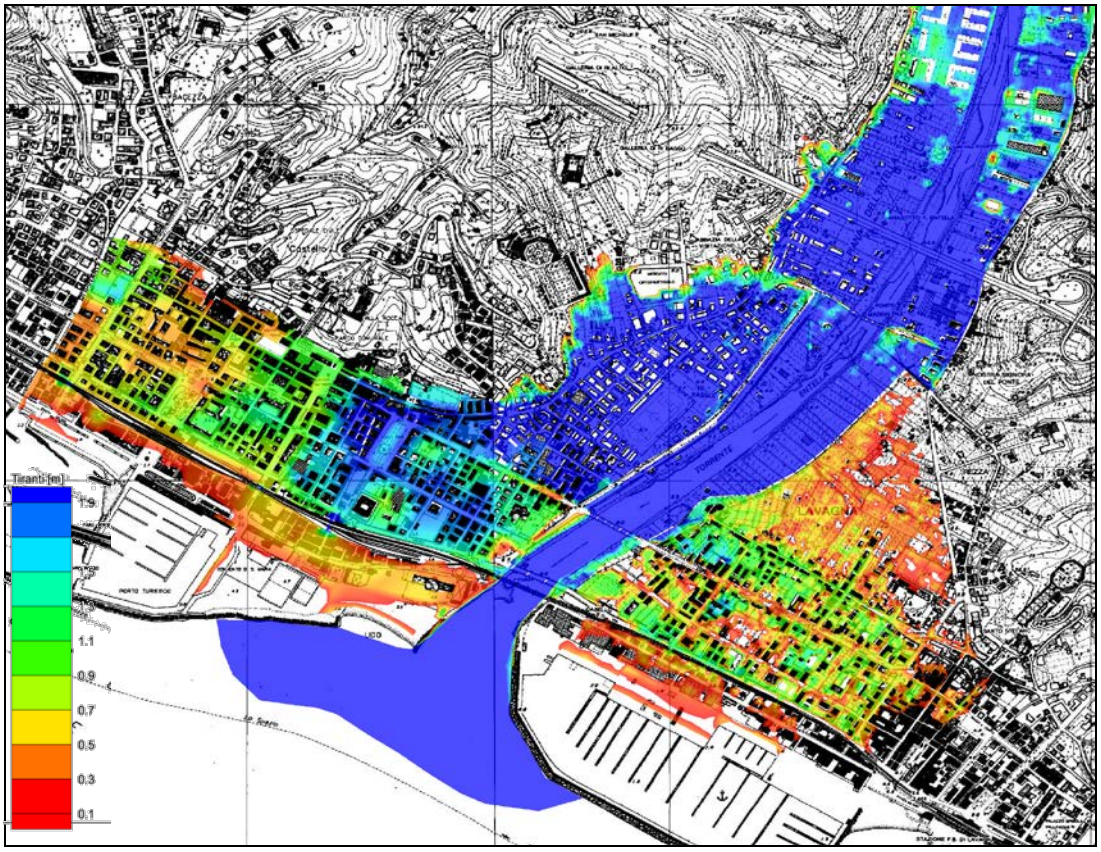


Figura 8: Planimetria dell'inviluppo dei massimi allagamenti per portate con T=200 anni (Q=2739 m^3/s) dopo la realizzazione degli interventi in progetto

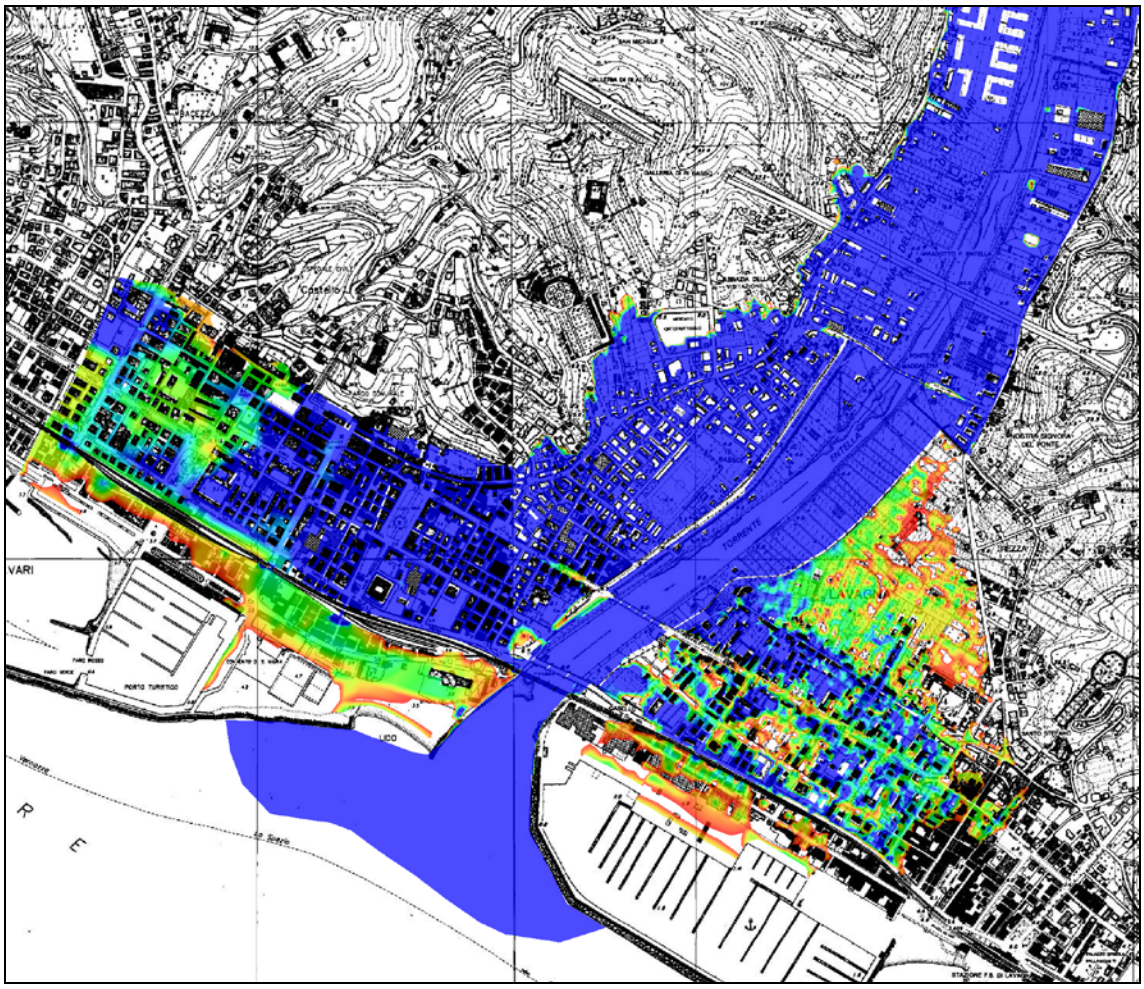


Figura 9: Planimetria dell'inviluppo dei massimi allagamenti per portate con T=200 anni (Q=2739 m^3/s) dopo la realizzazione degli interventi in progetto e tirante superiore a 70 cm; in blu i tiranti maggiori di 70 cm

6.1.3 Sintesi dei livelli ottenuti nelle varie simulazioni condotte

Per concludere si riportano nelle tabelle seguenti i risultati delle simulazioni condotte in termini di livelli idrici, con a fianco la quota della difesa spondale lato sinistro (Lavagna) e lato destro (Chiavari) in progetto ed il conseguente franco idraulico. Come si può notare la quota a cui è stata posta la difesa garantisce il metro di franco sulla portata con T 50 anni a seguito della realizzazione degli interventi a base del presente progetto definitivo, le opere di cui al presente progetto saranno inoltre in grado di contenere la portata duecentennale con franco di 50 cm a seguito del completamento degli interventi di messa in sicurezza

dell'Entella, ovvero sostituzione del ponte Buenos Aires che completa il set degli interventi di valle e sistemazione del tratto a monte [1°lotto M e 2° lotto].

Tabella 6-1: Livelli idrici per la simulazione di **1° lotto M e 2° lotto** (sistemazione finale dell'Entella) con tempo di ritorno 200 anni e relativo franco idraulico rispetto alle difese di progetto

Simulazione 1°lotto M+2° lotto (Sistemazione finale) T=200 anni						
	Livelli idrici		Quota minima di difesa di progetto		Franco idraulico	
Sezione	Sponda SX	Sponda DX	Sponda SX	Sponda DX	Sponda Sx	Sponda DX
	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)
1	0.65	0.52				
2	0.61	0.65				
3	2.25	2.69	4.20	4.00	1.95	1.31
4a	2.28	2.05	4.20	4.11	1.92	2.06
4b	2.97	2.74	4.60	4.21	1.63	1.47
5a	4.77	4.75	5.27		0.50	
5b	4.78	4.82	5.35		0.57	
6	4.88	4.85	5.50	5.50	0.62	0.65
7	6.16	5.96	6.68	6.64	0.52	0.68
8	6.29	6.24	6.80	6.76	0.51	0.52
9	6.62	6.50	7.13	7.00	0.51	0.50
Inizio intervento	6.45	6.50	7.20	7.20	0.75	0.70
10f	6.32	6.04				
10a	5.92	6.15				
10b	5.56	5.84				
10c	9.11	8.54				
10d	9.09	8.99				
11	8.83	8.76				

Tabella 6-2: Livelli idrici a seguito della realizzazione degli interventi a base del seguente progetto definitivo con tempo di ritorno 50 anni e relativo franco idraulico rispetto alle difese di progetto

Simulazione a seguito della realizzazione degli interventi di cui al presente progetto definitivo T=50 anni						
	Livelli idrici		Quota minima difesa di progetto		Franco idraulico	
Sezione	Sponda SX	Sponda DX	Sponda SX	Sponda DX	Sponda Sx	Sponda DX
	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)
1	0.62	0.52				
2	0.61	0.66				
3	0.55	0.73	4.20	4.00	3.65	3.27
4a	0.55	0.84	4.20	4.11	3.65	3.27
4b	1.56	1.50	4.60	4.21	3.04	2.71
5a	3.70	3.32	5.27		1.57	
5b	4.19	4.17	5.35		1.16	
6	4.36	4.38	5.50	5.50	1.14	1.12
7	4.73	4.60	6.68	6.64	1.95	2.04
8	4.87	4.86	6.80	6.76	1.93	1.90
9	5.47	5.45	7.13	7.00	1.66	1.56
Inizio intervento	5.55	5.44	7.20	7.20	1.65	1.76
10f	5.63	5.60				
10a	5.66	5.70				
10b	5.47	5.66				
10c	6.72	6.27				
10d	6.71	6.60				
11	6.67	6.64				

6.2 *Analisi monodimensionale sul Rio Rezza*

La modellazione sul rio Rezza per lo stato di fatto e di progetto sono state condotte per due scenari differenti:

- **Scenario 1:** in cui si è ipotizzata una situazione di magra in Entella parametrizzata impostando come condizione al contorno di valle [in corrispondenza della sezione 0] un livello idrico pari a 1.5 m s.l.m., che equivale ad un tirante in golena di circa 30 cm d'acqua;

- **Scenario 2:** in cui si è ipotizzata una situazione di Entella in piena parametrizzata impostando come condizione al contorno di valle [in corrispondenza della sezione 0] un livello idrico pari a 6.45 m s.l.m., che è il livello che si ottiene con un tempo di ritorno di 200 anni ipotizzando l'avvenuta realizzazione degli interventi di 1°lotto M + 2° lotto (sistemazione finale dell'Entella).

Lo Scenario 2 di concomitanza tra l'evento duecentennale in Entella e l'evento duecentennale sul Rezza pur risultando statisticamente improbabile (in merito si rimanda alla RR02-Relazione idrologica - Capitolo 5) è stato ugualmente studiato per valutare fino a dove la condizione di Entella influenzava i livelli del Rezza e quindi definire opportunamente la quota di sommità dell'arginatura di sponda sinistra del tributario.

La modellazione di stato di fatto mostra una situazione di insufficienza generalizzata dell'alveo del Rezza non in grado di esitare la portata duecentennale, anche lo scenario di Entella in magra (meno gravoso dei due) manda infatti in crisi in maniera diffusa l'asta del Rezza con la portata duecentennale che esonda sia in sponda destra che in sponda sinistra con il completo sormonto dell'attuale passerella ciclabile.

Nel caso in cui (Scenario 1) il Rezza è sollecitato da una portata duecentennale mentre l'Entella è in condizioni di magra (caso più verosimile rispetto alla concomitanza dei due eventi vista la differenza dei due bacini idrografici), con i presenti interventi di risistemazione, la portata viene esitata in condizioni di sicurezza con i franchi previsti da normativa (**D.G.R.1360 del 19.11.2010** "*Criteri dell'Autorità di Bacino regionale in relazione alla significatività idraulica dei corsi d'acqua nella pianificazione di bacino e alla normativa associata*") che per i bacini con area complessiva maggiore di 1Km^2 si traduce in un valore del franco idraulico pari al maggiore tra il valore del carico cinetico e: 0.5 m per gli argini o 1 m per i ponti. Quanto richiesto da normativa risulta quindi rispettato a meno della sponda destra nel tratto tra le sezioni 2.6 – 3 e poco a monte dove, poiché non oggetto di interventi, l'acqua continua ad uscire. A questa insufficienza porrà rimedio il progetto del Comune di Lavagna "*Lavori di regimazione idraulica del Rio Rezza tratto compreso tra il Polo Ospedaliero di Lavagna e via Fieschi"* a cura dello Studio Tecnico Associato ing. Sergio Brizzolara e ing. Stefano Sturla, attualmente in avanzata fase di progettazione, che oltre a prevedere un muro di contenimento in sponda destra rialzerà il piano viabile di via Fieschi a quota 7.20 m s.l.m. in analogia con il valore dell'arginatura di sponda sinistra.

Non devono poi trarre in inganno gli allagamenti che si riscontrano nello Scenario 2, dove il tratto di vallivo del Rio risulta insufficiente con esondazioni generalizzate a causa del rigurgito delle acque dell'Entella. Nel tratto di monte (da sezione 2.6 a sezione 4) l'arginatura di sponda sinistra garantisce il contenimento del deflusso con il rispetto dei franchi di sicurezza prescritti da normativa mentre per la sponda destra (vedi sezioni 2.6 e 3), non modificata dai presenti interventi, permane una condizione di insufficienza.

6.3 Dimensionamento del collettore scatolare di sponda sinistra

Il collettore in oggetto drena quella porzione di territorio di Lavagna denominata Urb 9 (Cfr CO01-Corografia generale) bacino a carattere prettamente urbano per il quale, procedendo in analoga con quanto previsto nella relazione idrologica, come valore di portata di riferimento si è assunta la media dei valori ottenuti con il modello cinematico e CN-SCS. Nella tabella sotto riportata si è riassunto il valore di portata di progetto per i tempi di riferimento tipici delle fognature meteoriche (2, 5 e 10 anni).

Tabella 6-3: Valore di portata per il bacino Urb 9 ottenuto con il modello cinematico, con il modello SCS ed il valore di progetto definito come media tra i due per tempi di ritorno di 2, 5 e 10 anni.

	Q (m^3/s)		
Tempo di ritorno (anni)	**Modello Cinematico**	**Modello CN-SCS**	**Valore medio**
2	2.92	2.38	**2.65**
5	4.24	3.92	**4.08**
10	5.11	4.96	**5.04**

Il dimensionamento del canale di gronda nel primo tratto di sezione 2.50x2.00 m avente pendenza del 0.1%è stato condotto in condizioni di moto uniforme, applicando la nota formula di Chèzy:

$$v = k \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

dove k è il coefficiente di scabrezza del canale secondo la formulazione di Gaukler-Strickler (trattandosi di calcestruzzo k_s è stato assunto pari a 70 $m^{1/3}/s$), R il raggio idraulico e i la pendenza longitudinale.

Il collettore in oggetto esita la portata con T pari a 2 anni con un tirante di 0.78 m (grado di riempimento del 39%), la portata con T pari a 5 anni con un tirante di 1.07 m (grado di riempimento del 53.5%) e la portata con T pari a 10 anni con un tirante di 1.25 m (grado di riempimento del 62.5%).

La verifica risulta soddisfatta anche qualora ci fosse un peggioramento delle condizioni del calcestruzzo (k_s = 45 $m^{1/3}/s$), nel caso suddetto la portata decennale risulta esitata con un tirante di 1.75 m (grado di riempimento pari al 87.5%) e la cinetica risulta contenuta all'interno dello scatolare.

7. ASPETTI URBANISTICI

I piani di livello comunale, per la parte del loro territorio ricadente nell'ambito di intervento, recepiscono la normativa degli strumenti di pianificazione di livello superiore: del PTCP per quanto riguarda la disciplina delle zone definite di "consolidamento", del PTCC per quanto riguarda il tema della difesa del litorale e del ripascimento delle spiagge e del PTC provinciale in merito agli obbiettivi di salvaguardia delle aree verdi in sponda al torrente Entella e della percorribilità ciclopedonale della passeggiata lungofiume.

La compatibilità degli interventi in progetto con i PRG dei comuni di Chiavari e Lavagna rimane quindi subordinata alla valutazione di compatibilità degli stessi con gli strumenti di pianificazione di livello superiore, fornita ai precedenti paragrafi.

Va ricordato inoltre che la pianificazione di bacino, di cui la presente progettazione è uno strumento attuativo, è sovraordinata agli altri strumenti di pianificazione; pertanto la normativa di livello comunale dovrà recepire la perimetrazione delle fasce fluviali derivante dall'attuazione del Piano di Bacino.

Sono comunque pervenute dai Comuni interessati dall'intervento alcune indicazioni significative, basate su particolari previsioni degli strumenti di pianificazione vigenti o su altri aspetti della gestione del territorio a livello locale (ad es. la gestione delle risorse idriche, le sistemazioni urbane, la viabilità), che hanno permesso di ottimizzare il tracciato delle opere di difesa e renderlo più facilmente accettabile dalla popolazione locale.

Tali indicazioni sono descritte nella Relazione Illustrativa del Progetto Città dell'Entella, (Doc. n. RAT-ISMES-2287/2003), a cui si rimanda per approfondimenti in merito.

Il PRG del Comune di Lavagna la cui redazione è iniziata nel 1989 è stato approvato *con* DPGR n. 287/98 nel 1998

In relazione al progetto di cui trattasi, il PRG però mette in luce due principali ordini di criticità: quelle legate alle infrastrutture viarie e quelle legate alle attività produttive esistenti.

L'analisi del sistema viario conferma quanto delineato nel PTC Provinciale, ovvero la crisi del sistema viario che non è in grado di far fronte ai periodi di punta (reti in particolare crisi: via Aurelia, via Fieschi, via Moggia, innesto con lo svincolo autostradale). Per tale aspetto, il Piano ricalca e approfondisce quanto previsto nel Progetto Quadro PQ6 della Provincia, in particolare :

<u>Interventi sulla viabilità principale :</u>

- accessibilità al casello autostradale ottenuta con asse viario a quota max +14 m s.l.m. procedente verso l'Entella ed oltrepassante il ponte della Maddalena;

- costruzione nuova carreggiata lato ovest per i veicoli entranti da via Moggia sottopassante il nuovo tracciato per raggiungere l'accesso al casello;
- nuovo collegamento mediante ponte sull'Entella con la viabilità in sponda destra del comune di Chiavari (prolungamento di viale Kasman).

Interventi di adeguamento :

- ottimizzazione della SS1, mediante razionalizzazione degli spazi occupati fornendo una larghezza di carreggiata più ampia;
- adeguamento della strada di circonvallazione, migliorandone il tracciato e le caratteristiche, con la costruzione di piccoli viadotti ad altri manufatti;
- per quanto riguarda le attività produttive, emerge la necessità di una microrganizzazione delle attività esistenti, in particolare di quelle specialistiche connesse alla nautica (cantieri, riparazioni navali, ecc.) e di un miglioramento dell'accessibilità dell'area portuale.

Al riguardo il Piano prevede :

- reperimento di nuove aree per attività artigianali;
- microrganizzazione delle attività su territorio, specialmente nell'area dell'Entella.

Per quanto riguarda gli aspetti paesaggistici, il Piano, nella Tavola A1 – "Carta del paesaggio, zonizzazione paesistica" recepisce e rimanda a quanto previsto nel PTC Paesistico.

Per quanto attiene infine la destinazione d'uso urbanistica dei terreni attraversati dalle opere in progetto, trattasi per la maggior parte da "strutture polifunzionali SP", ed in minima parte da strutture portuali, aree verdi e parcheggi.

Successivamente agli incontri eseguiti con l'ufficio concertativo della Regione Liguria è stato deciso di eseguire una relazione urbanistica che costituisce un elaborato di progetto che analizza e verifica la necessità di variare la zonizzazione urbanistica del PRG di Lavagna al fine di consentire il corretto inserimento delle opere di progetto nel piano regolatore provvedendo quindi alla revisione della normativa urbanistica.

8. VALUTAZIONE DELLA FATTIBILITA' AMBIENTALE DEGLI INTERVENTI

Dato il contesto paesaggistico e urbanistico di notevole complessità la progettazione ha necessariamente considerato, oltre agli aspetti prettamente idraulici, una serie di altri aspetti ambientali anch'essi determinanti che caratterizzano la regione fluviale del F. Entella e che spesso sono trascurati nell'ambito degli interventi di messa in sicurezza fluviale.

Questo approccio ha previsto l'integrazione tra la tipica elaborazione idrologica – idraulica ed un approfondimento delle principali componenti che coinvolgono il territorio: a livello progettuale di fattibilità, infatti, sono state eseguite le indagini descritte in precedenza (topografiche, ambientali, geoarcheologiche, geologiche, geotecniche e catastali) che hanno consentito di svolgere un'analisi multicriteriale secondo la metodologia SWOT già commentata e presentata nella fase di individuazione degli scenari di sistemazione.

Lo scopo di tale attività si riconduce sostanzialmente alla volontà di attuare, parallelamente alla mitigazione del rischio idraulico, un piano di riqualificazione fluviale che permetta di trovare un compromesso tra il recupero di nuovi spazi per i deflussi di piena, nelle zone fluviali abbandonate in passato, e gli interessi di sviluppo urbanistico, economico, di carattere paesaggistico ed ambientali che sono emersi negli anni in quelle stesse aree.

Si rimanda all'elaborato appositamente redatto (RA01) anche per i risultati di un'ulteriore fase di indagine (storica, ambientale e morfologica) che hanno esaurito le componenti ambientali: sono state recepite, infatti, le indicazioni riportate nel precedente studio preliminare che suggeriva, in particolare, per venire incontro alle esigenze della fauna stanziale, nell'area in sinistra idrografica tra via Previati ed il ponte ferroviario verrà sistemata con rampe e scivoli opportunamente dimensionati.

Successivamente agli incontri eseguiti con l'ufficio concertativo della Regione Liguria è stato deciso di eseguire una relazione paesaggistica e studio organico d'insieme in modo da rispondere alle richieste degli uffici, fornire gli elementi utili a descrivere le opere previste per avere le approvazioni necessarie per il proseguo della progettazione.

9. CANTIERIZZAZIONE E TEMPISTICA DEI LAVORI

Quest'attività fa riferimento a quanto redatto per il Piano Particellare nel quale sono state individuate le caratteristiche geometriche, la destinazione d'uso e la proprietà di ciascuna particella catastale che ricade nell'area delle opere di futura realizzazione. Conseguentemente è stato definito il titolo dell'occupazione ed i relativi costi per gli indennizzi, esplicitati nell'allegato PP01. In questa fase progettuale sono state definite le aree che, per ubicazione, attuale destinazione d'uso e proprietà, risultano ottimali per l'installazione dei cantieri necessari allo svolgimento degli interventi di progetto. Le aree di cantiere sono rappresentate nelle seguenti immagini.



Figura 9: Individuazione delle aree di cantiere

Il cantiere principale è ubicato all'altezza della confluenza tra Rio Rezza ed Entella ed è delimitato da via Fieschi, la sponda sinistra del Rio Rezza e il nuovo rilevato arginale in corrispondenza del segiun esistente. Tale cantiere è facilmente raggiungibile e risulta particolarmente vicino alle maggiori vie di comunicazioni, quali la rete autostradale. Sono inoltre previste altre due aree di cantiere secondarie appena a monte di Via Garibaldi e nella zona dei giardini: come mostrano le seguenti immagini.

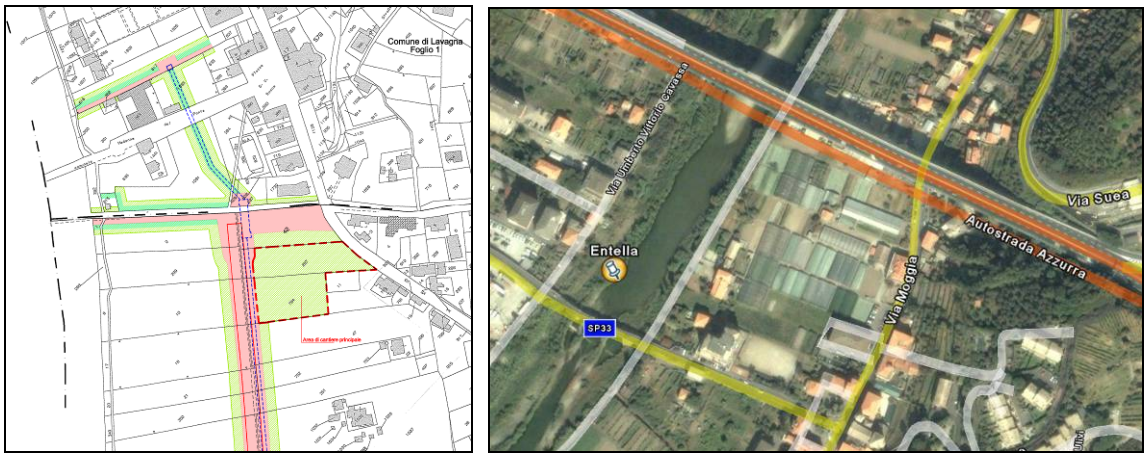


Figura 9.1: Ubicazione su planimetria catastale e su ortofoto del cantiere principale



Figura 9.2: Individuazione su cartografica catastale dei due cantieri secondari

Per quanto riguarda la tempistica dei lavori si prospetta, in linea di massima, che le opere principali comportino i seguenti tempi di lavorazione:

Opere in comune di Lavagna:

- Esecuzione di manufatti in calcestruzzo per canale di gronda mesi 7
- Intervento relativo al Rio Rezza mesi 2
- Esecuzione di argine Segiun mesi 3
- Esecuzione di muri di protezione mesi 8
- Interventi minori mesi 4

che corrispondono complessivamente a 24 mesi.

Opere in comune di Chiavari:

- Esecuzione di muri di protezione via Marconi mesi 3
- Esecuzione muro di protezione via Kasman mesi 6
- Esecuzione ingresso Asl mesi 3

che corrispondono complessivamente a 12 mesi.

Il totale complessivo delle intere lavorazioni è stimato quindi in circa 36 mesi.

10. INDICAZIONI SULLA SICUREZZA

Il piano di sicurezza è redatto in conformità ai contenuti del D.Lgs 81/08 e s.m.i..

Per la realizzazione dell'opera sono necessari numerosi trasporti per l'area di lavoro e l'area di cantiere. Tale movimento di mezzi, alcuni dei quali possono essere eccezionali, determina interazioni con le attività che si svolgono nelle vicinanze per l'inevitabile aumento di traffico.

Gli autisti dei mezzi di trasporto sono informati sugli itinerari da seguire e sulle norme da rispettare. E' posta idonea segnaletica di indicazione del cantiere (in coordinamento con la Provincia e con il Comune), distinguendo, se necessario, l'itinerario di accesso per le autovetture da quello per i mezzi pesanti.

Se necessario, sono individuate aree di parcheggio per le autovetture dei lavoratori impegnati sul cantiere (in coordinamento con la Provincia e con il Comune). L'attività prevista in cantiere non rappresenta una fonte di rumore per le aree limitrofe; comunque l'impresa appaltatrice verifica costantemente il livello di rumore immesso nell'ambiente e rispetterà la normativa vigente in merito.

Le lavorazioni previste presuppongono un'inevitabile generazione di materiali e rifiuti; questi sono manipolati, depositati, trasportati ed eventualmente smaltiti in conformità alla normativa vigente. Le aree di deposito e stivaggio considerano la vicinanza al fiume Entella e le condizioni meteorologiche.

La corretta organizzazione generale del cantiere consente di attuare in modo razionale le misure di prevenzione e salvaguardia dei lavoratori, ed inoltre permette uno svolgimento più razionale e rapido dei lavori, un risparmio del tempo della durata degli stessi, che si tramutano anche in un beneficio economico.

Il cantiere è suddiviso in:

a) Area per baraccamenti

b) Area per stoccaggio dei materiali e deposito

E' importante ricordare, inoltre, alcuni dei rischi che il cantiere può trasmettere alle aree circostanti.

Il datore di lavoro dell'impresa, durante l'esecuzione dell'opera, osserva le misure generali di tutela di cui D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81, testo coordinato con il D.Lgs. 3 agosto 2009, n. 106 e cura in particolare:

a) il mantenimento del cantiere in condizioni ordinate e di soddisfacente salubrità;

b) la scelta dell'ubicazione di posti di lavoro tenendo conto delle condizioni di accesso a tali posti, definendo vie o zone di spostamento o di circolazione;

c) le condizioni di movimentazione dei vari materiali;

d) la manutenzione, il controllo prima dell'entrata in servizio e il controllo periodico degli impianti e dei dispositivi al fine di eliminare i difetti che possono pregiudicare la sicurezza e la salute dei lavoratori;

e) la delimitazione e l'allestimento delle zone di stoccaggio e di deposito dei vari materiali, in particolare quando si tratta di materie e sostanze pericolose;

f) l'adeguamento, in funzione dell'evoluzione del cantiere, della durata effettiva da attribuire ai vari tipi di lavoro o fasi di lavoro;

g) la cooperazione fra datori di lavoro e lavoratori autonomi;

h) le interazioni con le attività; che avvengono sul luogo, all'interno o in prossimità del cantiere.

Il piano di sicurezza sviluppa ed approfondisce i punti seguenti:

- Dati generali delle opere analizzate: si prevede la descrizione dell'opera, l'individuazione dei soggetti (committente, progettista, coordinatore della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione dei lavori, direttore dei lavori, direttore di cantiere, ASL competente) ed altri dati relativi all'indirizzo del cantiere, alla durata presunta dei lavori, al numero medio presunto dei lavoratori, al numero di uomini-giorni, al numero massimo presunto giornaliero dei lavoratori ed altri dati sintetici come l'eventuale presenza di insediamenti abitativi, insediamenti produttivi, linee elettriche aeree o interrate, rete idrica, rete fognaria, rete gas/metano, rete telefonica, flusso traffico stradale, viabilità accesso al cantiere, rischi di incendio, agenti chimici, agenti biologici ed agenti cancerogeni.
- Presentazione schematica del progetto e relazione descrittiva dell'opera in cui si illustrerà il tracciato in progetto sia planimetricamente che altimetricamente, la sezione ed il cassonetto stradale, le opere d'arte principali e minori.
- Analisi dell'interazione del cantiere sull'ambiente e dell'interazione dell'ambiente sul cantiere: si descrive l'ubicazione del cantiere, le condizioni meteorologiche, la vicinanza di strade pubbliche con l'interazione di lavoratori, l'influenza delle lavorazioni sui fabbricati adiacenti, la presenza di cantieri adiacenti e sviluppa dettagliatamente la presenza di servizi interferenti con i lavori quali linee elettriche, telefoniche, fognarie, acquedotti, la presenza di emissioni inquinanti nell'ambiente e quelle relative all'attività del cantiere, i livelli di rumore e l'emissioni di fumi dovuti al

cantiere, la vicinanza di attività industriali o produttive, la presenza di attività a rischio passivo (scuola, ospedali, ecc.) e la presenza di strutture di pronto soccorso nelle vicinanze.

- Individuazione dei rischi dovuti alle tipologie d'intervento previste in progetto ed i rischi presenti nell'ambiente naturale, quelli trasmessi all'ambiente, i rischi generali e le misure di sicurezza che saranno adottate.
- Provvedimenti specifici di prevenzione: descrizione le precauzioni realizzabili mediante provvedimenti speciali (es. deviazioni del traffico o realizzazione di piste idonee per i mezzi di cantiere quando questi risultino interferenti con il traffico locale) e le precauzioni supplementari da adottare (es. corsi di formazione specifica per gli addetti al cantiere, recinzioni ignifughe di sicurezza, abbattimento del livello di rumore); analisi del progetto per l'individuazione di rischi particolari quali quello di seppellimento o di sprofondamento a profondità superiore di 1,50 m, di caduta dall'alto da altezza superiore a m 2,00 oppure lavori di montaggio o smontaggio di elementi prefabbricati pesanti.
- Relazione specifica sul cantiere: elenco dei servizi e dotazioni essenziali come i servizi sanitari di primo intervento (obbligo di tenere in cantiere una cassetta di pronto soccorso, di esporre i recapiti per il soccorso sanitario e i poster descrittivi dei primi soccorsi), il servizio di prevenzioni incendi per eliminare o ridurre i rischi generici di incendio, le regole di comportamento per far fronte ad incendi di modesta entità con la dotazione di estintori; descrizione del cantiere oggetto dei lavori specificando in particolare la segnaletica di cantiere, la recinzione e gli accessi all'area del cantiere, il trasporto e deposito dei materiali, le aree specifiche per lo stoccaggio ed il deposito dei materiali, le aree di lavoro, la collocazione delle attrezzature e delle postazioni di lavoro che è valutata in modo da rendere minime le zone di esposizione al rischio rumore per le maestranze e per l'ambiente circostante.
- Stima dei costi per la prevenzione ripartendo l'importo totale dei lavori nelle diverse categorie di lavoro; applicando successivamente ad ogni importo parziale la percentuale dell'incidenza dei "costi diretti" per la sicurezza di ogni categoria di lavoro si ottengono gli importi parziali che sommati daranno l'importo totale dei "costi diretti" per la sicurezza.
- Diagramma di Gantt: al fine di individuare la tempistica delle diverse fasi lavorative e relative attività che le compongono è realizzato il diagramma di Gantt (cronoprogramma dei lavori); ciò è utile per la previsione delle eventuali contemporaneità che potranno creare situazioni di maggiore rischio. Il diagramma è suddiviso in ambiti lavorativi che rappresentano le aree in cui si immagina che le lavorazioni si possano concentrare con minime situazioni di contingenza o sovrapposizioni di attività lavorative.

- Elenco delle attività lavorative: elenco delle attività lavorative che svolte durante l'esecuzione dei lavori seguendo l'ordine cronologico utilizzato nel diagramma di Gantt (es. area di cantiere, movimentazione materiali di cantiere, movimenti terra, fondazioni speciali, opere di carpenteria in c.a., ecc.) suddiviso a sua volta in paragrafi che illustreranno le attività nello specifico (es. l'attività lavorativa relativa ai movimenti terra è suddiviso in scavi di sbancamento, scavi di fondazione, armatura degli scavi, formazione dei rilevati stradali).
- Analisi e valutazione dei rischi – schede delle attività: sulla base delle attività lavorative, per ogni paragrafo sopra specificato sono compilate le schede delle attività che analizzeranno e valuteranno i rischi per la salute dei lavoratori, i dispositivi di protezione individuale, le misure prevenzionali, le procedure generali di riferimento, le prescrizioni e le istruzioni da adottare durante lo svolgimento dei lavori, gli aspetti igienico-sanitari, la normativa di riferimento ed un commento finale del progettista.
- Integrazioni e consultazioni: sono riportati dei fac-simili relativamente al verbale per la notifica preliminare, al verbale di presa visione del committente o del responsabile dei lavori ed al verbale di partecipazione del coordinatore della sicurezza per l'esecuzione dei lavori.
- Fascicolo di manutenzione dell'opera: è redatto un fascicolo che indicherà per ogni opera facente parte dei lavori (es. sede stradale, elementi prefabbricati, barriere di sicurezza, ecc.) la necessità o meno di manutenzione, con che cadenza deve essere effettuata, le attività di controllo e verifica necessarie, i rischi potenziali, le attrezzature utilizzate e le osservazioni del progettista.

Ad ogni modo, di seguito si riportano gli oneri per la sicurezza (non soggetti a ribasso d'asta) calcolati in via preliminare relativi agli interventi principali previsti con il presente progetto:

Intervento tra il rilevato ferroviario e la S.P. n°1 Aurelia	€	2.048,00
Intervento tra la S.P. n° 1 ed il viale	€	3.655,00
Intervento tra Corso Buenos Aires ed argine Segiun	€	39.557,00
Intervento argine Segiun	€	17.338,00
Intervento Rio Rezza dal ponte (parzialmente) allo sbocco nel fiume Entella	€	14.100,00
Intervento canale di gronda	€	54.760,00
Intervento zona foce tra ferrovia e viale Marconi	€	6.840,00
Intervento zona Viale Marconi	€	9.900,00
Intervento viale Kasman	€	17.702,00
Intervento ingresso Asl	€	4.100,00
TOTALE ONERI PER LA SICUREZZA (non soggetti a ribasso d'asta)	€	***170.000,00***

11. STIMA DELLE OPERE

a)	**Importo lavori comprensivo degli oneri per la sicurezza**	€	6.650.000,00
b)	**Somme a disposizione dell'amministrazione** (Rilievi, accertamenti ed indagini, per imprevisti, risoluzione interferenze e accantonamento di cui all'art. 133, comma 7, del D.L. 12/04/2006, n°163 (IVA compresa), espropri, servitù e occupazioni temporanee e danni; frazionamenti e accatastamenti (IVA compresa), interventi e servizi di Protezione Civile, spese tecniche relative alla progettazione, alle necessarie attività preliminari, nonché al coordinamento della sicurezza in fase di progettazione, alle conferenze dei servizi, alla Direzione Lavori e al coordinamento della sicurezza in fase di esecuzione, assistenza giornaliera e contabilità, assicurazione dei dipendenti, spese per attività di consulenza o di supporto, eventuali spese per commissioni giudicatrici, spese per pubblicità, spese per accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche previste dal Capitolato Speciale d'Appalto, collaudo tecnico amministrativo, collaudo statico ed altri eventuali collaudi specialistici (IVA compresa), Iva sui lavori: 21% di € 6.650.000,00).	€	3.484.894,82
	IMPORTO DA FINANZIARE (somma di a) + b))	**€**	**10.134.894,82**