

Regione
Toscana



Provincia di
Massa Carrara



Comune
di Massa



LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DEL TORRENTE CANALMAGRO (MS)
Cod. intervento 2012EMS0006

I LOTTO FUNZIONALE:
ADEGUAMENTO E POTENZIAMENTO
DELLA CASSA DI ESPANSIONE ESISTENTE
SUL TORRENTE CANALMAGRO A VALLE DELLA A12 (MS)

PROGETTO DEFINITIVO

CODICE:

DG.01

ELABORATO:

Relazione generale

SCALA

-



West Systems s.r.l. divisione PHYSIS
- Ingegneria per l'ambiente

Viale Donato Giannotti, 24 - 50126 - Fi
Tel. 055 461429 / 055 4684253
Fax. 055 0460426
Email. info@westsystems.com
Pec. amministrazione@pec.westsystems.it

PROGETTISTA:

Ing. David Settesoldi

COLLABORATORI TECNICI:

Ing. Michele Catella
Geol. Silvia Angelini
Geom. Daniele Natali

COMMITTENTE:

Regione Toscana
Settore Assetto Idrogeologico
Pal. B - Via di Novoli 26
50127 Firenze

02					
01	SECONDA EMISSIONE	08/03/2017	Ing. Michele Catella	Ing. David Settesoldi	Ing. David Settesoldi
00	PRIMA EMISSIONE	25/11/2016	Ing. Michele Catella	Ing. David Settesoldi	Ing. David Settesoldi
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
REVISIONE			DATA		
B			25/11/2016		

INDICE

1. PREMESSA.....	5
2. INTERVENTI PROGETTO COMPLESSIVO	6
2.1. Suddivisione in lotti funzionali.....	6
3. INTERVENTI I LOTTO FUNZIONALE.....	9
3.1. Finalità dell'intervento	9
3.2. Descrizione degli interventi.....	11
3.2.1. Opere arginali	11
3.2.2. Opera di presa.....	12
3.2.3. Palancole in PVC.....	14
3.2.4. Opere di scarico	16
3.2.5. Interventi propedeutici per la manutenzione ordinaria	17
4. ANALISI IDROLOGICA.....	19
4.1. Le portate di piena.....	19
5. ANALISI IDRAULICA	23
5.1. Parametri del modello idraulico.....	23
5.2. Gli elementi di verifica.....	23
5.3. Gli scenari di verifica.....	23
5.4. Risultati verifiche stato attuale (scenario 1.)	24
5.5. Risultati verifiche stato di progetto I lotto (scenario 2.)	24
6. INDAGINI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE	28
7. RISULTATI VERIFICHE STABILITÀ	29
8. GESTIONE DELLE TERRE DI SCAVO	30
9. INTERFERENZE CON I SOTTOSERVIZI.....	31
10. INTERFERENZE CON AREE DI PROPRIETÀ PRIVATA	33
11. COMPATIBILITÀ URBANISTICA.....	34
12. INSERIMENTO PAESAGGISTICO	36
A. APPENDICE DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	39

ELENCO FIGURE

Figura 2-1 – Suddivisione del progetto complessivo in lotti funzionali.....	7
Figura 3-1 – Corografia interventi di progetto.....	9
Figura 3-2 – Planimetria interventi I lotto funzionale.	10
Figura 3-3 – Sezione tipologia del ringrosso arginale.	11
Figura 3-4 – Estratto planimetrico progetto costitutivo dell'opera di presa.....	12
Figura 3-5 – Particolare sistema di apertura della paratoia oleodinamica.	13
Figura 3-6 – Particolare sistema di apertura della paratoia oleodinamica.	14
Figura 3-7 – Andamento nel tempo della portata scaricata e dei livelli idrometrici invasati nella cassa a valle della autostrada A12 per $Tr = 200$ anni nel progetto 1° lotto funzionale.	15
Figura 3-8 – Andamento nel tempo della portata scaricata e dei livelli idrometrici invasati nella cassa a valle della autostrada A12 per $Tr = 200$ anni nel progetto complessivo.....	16
Figura 3-9 - Portata scarica in funzione dei livelli invasati nella cassa di valle per $Tr = 200$ anni nel progetto 1° lotto funzionale.....	17
Figura 3-10 – Area interna della cassa d'espansione nella zona Est.	18
Figura 4-1 – Planimetria immissioni modello idrologico.	20
Figura 5-1 - Portate in arrivo e in transito a valle dell'opera di presa della cassa di valle per $Tr = 30$ anni nel progetto 1° lotto funzionale (scenario 2.).	25
Figura 5-2 - Portate in arrivo e sfiorata dall'opera di presa, livelli idrici in alveo e nella cassa di valle per $Tr = 30$ anni nel progetto 1° lotto funzionale (scenario 2.).	26
Figura 5-3 - Portate in arrivo e in transito a valle dell'opera di presa della cassa di valle per $Tr = 200$ anni nel progetto 1° lotto funzionale (scenario 2.).	26
Figura 5-4 - Portate in arrivo e sfiorata dall'opera di presa, livelli idrici in alveo e nella cassa di valle per $Tr = 200$ anni nel progetto 1° lotto funzionale (scenario 2.).	27
Figura 6-1 – Planimetria dei punti di indagine della cassa di espansione a valle della autostrada A12.	28
Figura 9-1 – Sostegno da spostare della linea aerea MT posto all'interno della cassa attiguo allo sfioratore.	31
Figura 9-2 – Sostegno da spostare della linea aerea MT collocato sul rilevato arginale Sud-Ovest.	32
Figura 9-3 – Sostegno linea aerea BT lungo via Stradella sul lato Sud della cassa di espansione.....	32
Figura 11-1 – Estratto elaborato QP 1.9 - Disciplina degli insediamenti del RU comunale di Massa.	34
Figura 11-2 – Particolare elaborato di sintesi della pericolosità idrogeologica e dei rischi ambientali (Tavola A22.b PS)	34
Figura 11-3 – Planimetria degli interventi 1° lotto funzionale su ortofoto.....	35
Figura 12-1 - Arginatura nella zona Sud – Est della cassa d'espansione.	37
Figura 12-2 - Simulazione della vista della nuova arginatura nella zona Sud – Est dell'intervento.	37
Figura 12-3 – Arginatura lato Ovest della cassa d'espansione.	38
Figura 12-4 – Simulazione della vista della nuova arginatura lato Ovest della cassa.	38
Figura A-1 – Opera di presa vista da monte (Foto 1).	41
Figura A-2 – Torrente Canalmagro visto dall'opera di presa verso monte (Foto 2).	41
Figura A-3 – Arginatura lato Nord vista dalla sez. 2_2 (Foto 3).	42
Figura A-4 - Arginatura lato Nord vista dalla sez. 2_5 verso torrente Canalmagro (Foto 4).	42
Figura A-5 – Arginatura lato Nord vista dalla sez. 2_5 (Foto 5).	43
Figura A-6 – Arginatura lato Nord vista dalla sez. 2_7 (Foto 6).	43
Figura A-7 – Arginatura lato Nord vista dalla sez. 2_14 verso torrente Canalmagro (Foto 7).	44

Figura A-8 – Arginatura lato Nord vista dalla sez. 2_14 verso fosso del Sale (Foto 8).	44
Figura A-9 – Curva arginatura lato Nord-Est vista dal fosso del Sale (Foto 9).	45
Figura A-10 – Arginatura lato Est vista dalla sez. 2_23 (Foto 10).	45
Figura A-11 – Arginatura lato Est vista dall'opera di scarico verso autostrada (Foto 11).	46
Figura A-12 – Interno opera di scarico (Foto 12).	46
Figura A-13 – Condotta di scarico nel fosso del Sale (Foto 13).	47
Figura A-14 – Fosso del Sale a monte dello scarico della cassa (Foto 14).	47
Figura A-15 – Fosso del Sale a valle dello scarico della cassa (Foto 15).	48
Figura A-16 – Arginatura lato Sud vista dalla sez. 2_28 verso torrente Canalmagro (Foto 16).	48
Figura A-17 – Arginatura lato Sud vista dalla sez. 2_33 verso fosso del Sale (Foto 17).	49
Figura A-18 – Arginatura lato Sud vista dalla sez. 2_38 verso fosso del Sale (Foto 18).	49
Figura A-19 – Arginatura lato Sud vista dalla sez. 2_38 verso torrente Canalmagro (Foto 19).	50
Figura A-20 – Arginatura lato Ovest vista dalla sez. 2_40 verso autostrada (Foto 20).	50
Figura A-21 – Arginatura lato Ovest vista dalla sez. 2_45 verso via Stradella (Foto 21).	51
Figura A-22 – Particolare curva arginatura lato Ovest vista dalla sez. 2_45 (Foto 22).	51
Figura A-23 – Arginatura lato Ovest vista dalla sez. 2_46 verso torrente Canalmagro (Foto 23).	52
Figura A-24 – Arginatura lato Ovest vista dalla sez. 2_49 verso fosso del Sale (Foto 24).	52
Figura A-25 – Arginatura lato Ovest vista dal torrente Canalmagro (Foto 25).	53
Figura A-26 – Arginatura torrente Canalmagro verso opera di presa (Foto 26).	53
Figura A-27 – Torrente Canalmagro visto dall'opera di presa verso valle (Foto 27).	54
Figura A-28 – Torrente Canalmagro visto dall'opera di presa verso monte (Foto 28).	54
Figura A-29 – Canale di alimentazione della cassa (Foto 29).	55
Figura A-30 – Particolare dei due pistoni idraulici che regolano l'apertura della paratoia oleodinamica.	55
Figura A-31 – Planimetria punti di presa fotografica.	56

ELENCO TABELLE

Tabella 3-1 – Caratteristiche geometriche ante e post operam della cassa di espansione esistente sul t. Canalmagro a valle della autostrada A12.....	11
Tabella 3-2 – Parametri di regolazione di progetto della paratoia mobile della cassa di espansione esistente sul t. Canalmagro a valle della autostrada A12.....	13
Tabella 3-3 – Caratteristiche geometriche degli organi di scarico della cassa di espansione esistente sul t. Canalmagro a valle della autostrada A12.	16
Tabella 4-1 – Sintesi risultati modello idrologico per il tempo di ritorno di 30 anni.	21
Tabella 4-2 – Sintesi risultati modello idrologico per il tempo di ritorno di 200 anni.	22
Tabella 5-1 - Scabrezze modello idraulico.....	23
Tabella 5-2 – Livelli e volumi invasati per i tempi di ritorno di 30 e 200 anni dalla cassa di laminazione sul t. Canalmagro a seguito degli interventi del progetto 1° lotto funzionale (scenario 2.).	25
Tabella 8-1 – Sintesi indagini sulla qualità delle terre nelle aree del rilevato arginale della cassa.....	30

1. PREMESSA

A seguito della rimodulazione dell'incarico professionale, di cui alla DD/4159/2012 del 18/12/2012 della Provincia di Massa Carrara, la Regione Toscana ha affidato alla West Systems S.r.l. i seguenti incarichi, formalizzati con specifica convenzione firmata dalle parti in data 28/10/2016:

- Progetto complessivo di fattibilità tecnico-economica di messa in sicurezza del torrente Canalmagro dalla ferrovia fino al mare, del fosso del Sale a valle dell'autostrada e del canale degli Sforza fino alla confluenza nel fiume Versilia;
- progetto definitivo ed esecutivo e coordinamento per la sicurezza in fase di progettazione di un lotto funzionale per l'adeguamento delle casse di espansione per l'importo complessivo di € 4'000'000,0;
- Studio di Impatto Ambientale per il progetto di sistemazione dello scolmatore del Canalmagro.

La presente relazione generale, assieme agli elaborati allegati, costituisce il progetto definitivo di un 1° lotto funzionale di interventi strutturali per la riduzione del rischio idraulico nel bacino del torrente Canalmagro.

Il progetto fa parte del sistema di interventi individuati nel *“Progetto complessivo di fattibilità tecnico-economica dei lavori per la messa in sicurezza idraulica del bacino del torrente Canalmagro”* (Regione Toscana, ottobre 2016).

Compatibilmente con le disponibilità economiche viene redatto il presente progetto definitivo per complessivi € 4'000'000,00 di quadro economico, con il quale si inizia a porre rimedio alle numerose criticità presenti nell'area di intervento.

Il progetto prevede l'adeguamento dei rilevati arginali della cassa di espansione esistente sul torrente Canalmagro ubicata a valle dell'autostrada A12 Genova – Rosignano e delle relative opere di presa e di scarico.

Il progetto definitivo del 1° lotto funzionale di interventi ha avuto il seguente iter:

- in data 28 novembre 2016 è stata consegnata alla Regione Toscana (prot. n. 4817/16) la prima emissione del progetto definitivo;
- la Conferenza dei Servizi si è chiusa in data 1 marzo 2017 con le seguenti prescrizioni:
 - 1) spostare l'area di cantiere all'interno della cassa;
 - 2) recepire alcune delle osservazioni formulate dai proprietari di terreni soggetti a occupazione temporanea, esproprio e indennità di allagamento. Tali osservazioni non implicano modifiche al progetto.

A seguito dell'istruttoria della C.S. viene redatta l'attuale revisione del progetto (rev. B) con la quale si recepiscono le succitate osservazioni. In particolare, sono introdotte le seguenti modifiche:

- il campo base viene realizzato internamente alla cassa di espansione in aree già occupate;
- vengono garantiti gli accessi alle particelle soggette ad indennità di allagamento per mezzo della viabilità interna alla cassa di espansione tramite la realizzazione di n. 5 attraversamenti sul reticolo di drenaggio costituiti da condotte Ø500;
- l'area censita al Catasto Terreni del Comune di Massa al Foglio 155 mappale n. 269 viene esclusa dalle aree soggette ad esproprio, ma viene inserita tra quelle in occupazione temporanea per l'esecuzione dei lavori;
- le occupazioni temporanee delle aree censite al Catasto Terreni del Comune di Massa al Foglio 155 e particelle n. 807 e 809 vengono escluse dal progetto. Resta l'esproprio di una parte del mappale n. 807 del Foglio 155 per l'esecuzione della rampa di accesso alla cassa.

2. INTERVENTI PROGETTO COMPLESSIVO

Gli interventi per la messa in sicurezza idraulica sono definiti nel “*Progetto complessivo di fattibilità tecnico-economica dei lavori per la messa in sicurezza idraulica del bacino del torrente Canalmagro*” (Regione Toscana, ottobre 2016) e rappresentano la sintesi di varie soluzioni progettuali individuate per accogliere le diverse esigenze manifestate dai molteplici Enti coinvolti nel corso della progettazione.

La finalità ultima degli interventi del progetto complessivo è la messa in sicurezza per il tempo di ritorno di 200 anni con un adeguato franco di sicurezza ed il contenimento delle portate di piena per il tempo di ritorno di 500 anni.

L'efficacia degli interventi complessivi per la mitigazione del rischio idraulico è verificata nel succitato progetto di fattibilità tecnico-economica attraverso la simulazione idraulica in moto vario unidimensionale delle aste fluviali, accoppiata ad un modello quasi-bidimensionale delle aree inondabili e delle casse di espansione.

Gli obiettivi di messa in sicurezza sono conseguiti mediante le seguenti tipologie di intervento:

- **controllo dei fenomeni esondativi:** adeguamento dei rilevati arginali delle due casse di espansione esistenti a monte e a valle dell'autostrada e ottimizzazione dell'apertura delle paratoie mobili esistenti;
- **realizzazione di un canale scolmatore:** realizzazione di uno sbocco a mare per il torrente Canalmagro, funzionale allo smaltimento delle portate di piena eccezionali, e presidio idraulico sul fosso del Sale;
- **adeguamento sezioni fluviali:** eliminazione delle condizioni di esondazione per tracimazione mediante l'adeguamento dei contenimenti e/o l'incremento della sezione bagnata;
- **adeguamento delle strutture di attraversamento:** modifica delle dimensioni planimetriche e/o altimetriche della sezione idraulica, sopraelevando l'impalcato ad una quota tale da non interagire con i livelli idrici massimi associati all'evento con tempo di ritorno di 200 anni;
- sono previsti **interventi di riprofilatura** della sezione idraulica nei tratti di intervento;
- **regimazione acque basse:** eliminazione delle aree di ristagno mediante la realizzazione di tre nuovi impianti idrovori per lo scarico degli apporti delle reti fognarie nel torrente Canalmagro e potenziamento e razionalizzazione delle modalità di sollevamento e scarico delle acque basse del sistema fosso del Sale e canale degli Sforza.

2.1. Suddivisione in lotti funzionali

Sulla base delle verifiche idrauliche condotte nel progetto di fattibilità tecnico-economica viene definito un cronoprogramma dei vari interventi strutturali che non comporti mai consistenti aggravii a valle.

In particolare, vengono individuati 7 lotti funzionali da realizzarsi nel seguente ordine prioritario (Figura 2-1):

- **I lotto funzionale:** adeguamento dei rilevati arginali della cassa di espansione esistente sul torrente Canalmagro ubicata a valle dell'autostrada A12 Genova – Rosignano e delle relative opere di presa e di scarico;
- **II lotto funzionale:** adeguamento dei rilevati arginali della cassa di espansione esistente sul torrente Canalmagro ubicata a monte dell'autostrada A12 Genova – Rosignano e delle relative opere di presa e di scarico;
- **III lotto funzionale:** realizzazione del canale scolmatore a mare delle piene del torrente Canalmagro e dell'opera di regimazione delle acque tra il torrente Canalmagro e la buca degli Sforza;
- **IV lotto funzionale:** adeguamento delle sezioni fluviali del torrente Canalmagro tra il ponte di via Giuseppe Verdi e la cassa di espansione a monte dell'autostrada;

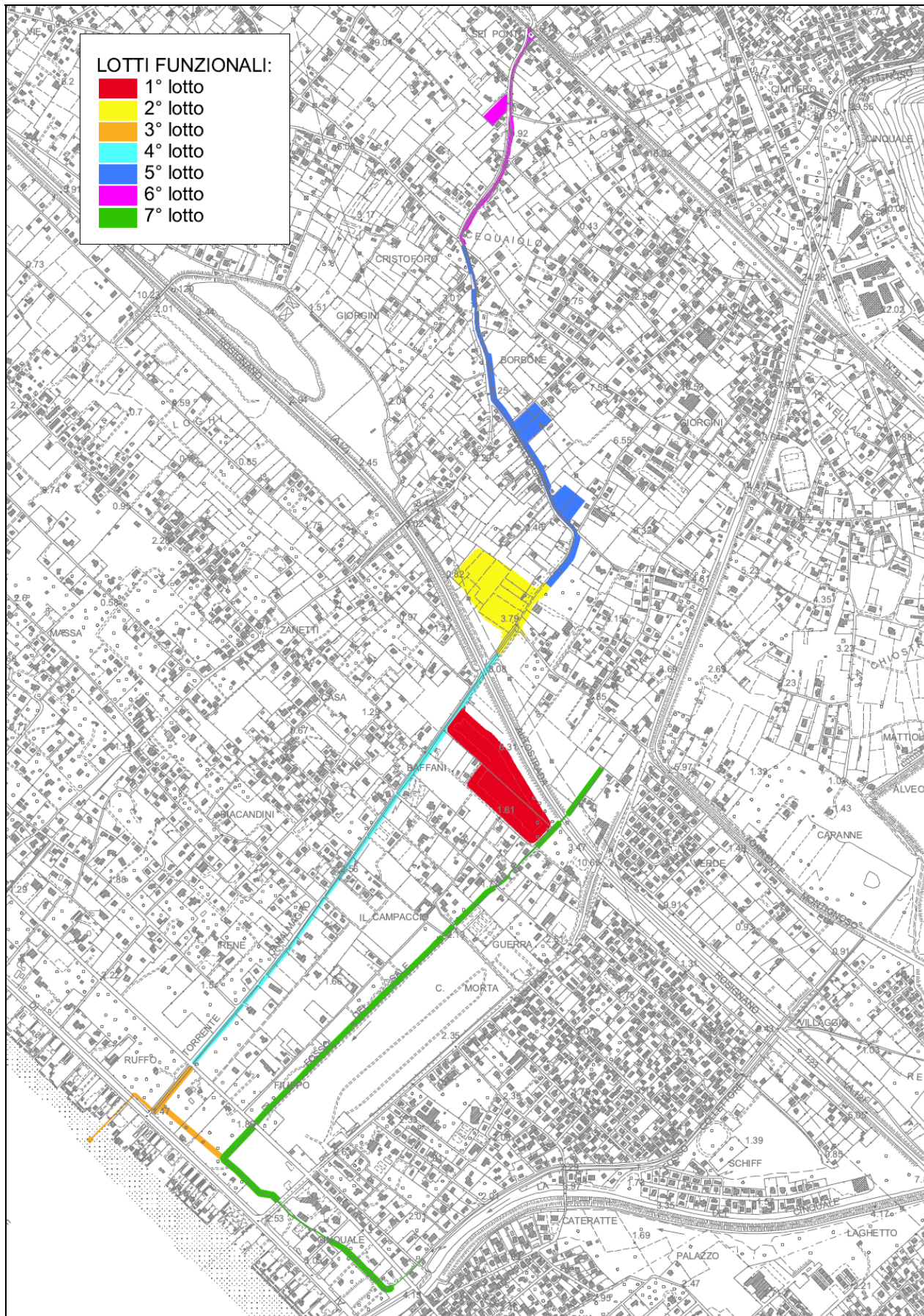


Figura 2-1 – Suddivisione del progetto complessivo in lotti funzionali.

- **V lotto funzionale:** adeguamento delle sezioni fluviali del torrente Canalmagro tra la cassa di espansione a monte dell'autostrada e il ponte di via Romana;
- **VI lotto funzionale:** adeguamento delle sezioni fluviali del torrente Canalmagro tra il ponte di via Romana e la ferrovia Genova – Pisa;
- **VII lotto funzionale:** adeguamento della rete di acque basse del sistema costituito dal fosso del Sale e dal canale degli Sforza.

All'interno dei lotti funzionali IV, V, VI e VII le varie opere possono essere realizzate anche per stralci funzionali successivi.

La realizzazione di tutti gli interventi (progetto complessivo) permette il deflusso della portata duecentennale con franco sulle opere di contenimento e di attraversamento, nonché il contenimento della portata cinquecentennale.

Occorre peraltro osservare che le verifiche idrauliche condotte nel progetto di fattibilità tecnico-economica hanno confermato, come intervento prioritario per l'efficacia di riduzione del rischio idraulico senza produrre aggravio nei tratti di valle, la realizzazione del canale scolmatore a mare delle piene del torrente Canalmagro e del presidio idraulico alla confluenza tra il torrente Canalmagro e la buca degli Sforza.

Dato atto che il progetto esecutivo di tali interventi è stato sottoposto a V.I.A. con DD n. 3401/2013 del 30/09/2013 al termine della procedura di verifica di assoggettabilità ai sensi dell'art. 49 della L.R. 10/2010, presentata con nota reg. prot. n. 0012680 del 29/04/2013, con pubblicazione sul B.U.R.T. n. 20 del 15/05/2013, e in considerazione dei ritardi fino ad ora accumulati sul Canalmagro, risulta prioritario in questa fase definire un progetto immediatamente cantierabile al fine di utilizzare le risorse messe a disposizione, pari a € 4'000'000,00, nel piano straordinario degli interventi indifferibili e urgenti per la mitigazione del rischio idraulico sul torrente Canalmagro, così come individuato dall'intervento con codice 2012EMS0006 e titolo *"Canalmagro - ripristino arginature, adeguamento casse di espansione esistenti e sistemazione del tratto terminale a seguito delle rotte e esondazioni verificatesi nell'evento del 11.11.2012"* (O.C.D. 5/2013).

Gli interventi che possono essere messi immediatamente in cantiere per un importo pari alle risorse messe a disposizione sono quelli relativi all'adeguamento della cassa di espansione presente sul torrente Canalmagro a valle della autostrada A12 (1° lotto funzionale).

3. INTERVENTI I LOTTO FUNZIONALE

Gli interventi del presente progetto definitivo ricadono interamente nel Comune di Massa (Figura 3-1). La planimetria degli interventi di progetto è riportata nell'elaborato EG.02 (Figura 3-2), le sezioni trasversali del rilevato arginale sono rappresentate negli elaborati EG.03a/b, mentre nell'elaborato EG.06 sono raffigurati i tipologici delle opere d'arte.



Figura 3-1 – Corografia interventi di progetto.

3.1. Finalità dell'intervento

Gli interventi del 1° lotto funzionale hanno l'obiettivo di aumentare la funzionalità e la capacità di laminazione della cassa di espansione esistente sul torrente Canalmagro a valle della autostrada A12.

Tale obiettivo è conseguito mediante:

- sopralzo e adeguamento delle sommità arginali;
- ottimizzazione della legge di apertura dei manufatti di alimentazione delle casse di espansione;
- miglioramento della tenuta idraulica dei rilevati arginali;
- modifica del numero, delle dimensioni e della posizione degli scarichi di fondo delle casse di espansione;
- interventi propedeutici per le operazioni di manutenzione ordinaria.

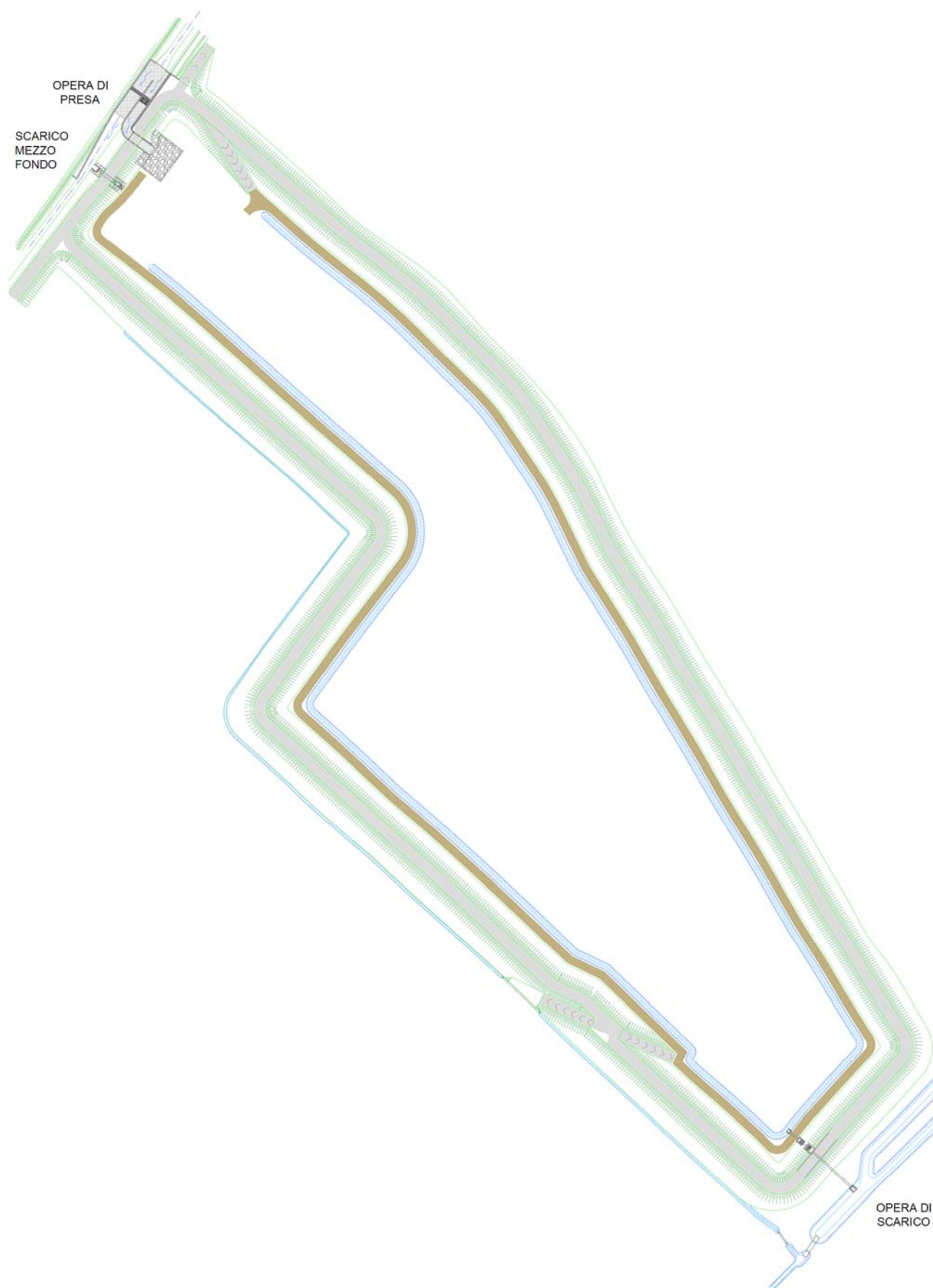


Figura 3-2 – Planimetria interventi I lotto funzionale.

3.2. Descrizione degli interventi

Di seguito si fornisce la descrizione degli interventi previsti nel 1° lotto funzionale.

3.2.1. Opere arginali

Gli argini della cassa di espansione esistente a valle dell'autostrada vengono adeguati sopraelevando le arginature fino consentire che i livelli nella cassa possano rigurgitare i livelli nel torrente Canalmagro.

La sezione tipologica dell'argine di progetto è rappresentata in Figura 3-3. Gli argini della cassa di espansione vengono sopraelevati fino alla quota di 5.25 m s.l.m. a partire dalla quota attuale di 3.10 m s.l.m. (Tabella 3-1).

La pendenza dei paramenti interni ed esterni alla cassa di espansione è assunta pari a 1:2. Le sommità arginali vengono rese transitabili ai mezzi meccanici ampliandole a 4.0 metri.

Il sopralzo dei rilevati si sviluppa all'interno della cassa di espansione esistente, in modo da non modificare il perimetro individuato dal piede esterno degli argini attuali.

La procedura di intervento per il ringrosso arginale prevede preliminarmente lo scotico del terreno superficiale per uno spessore di circa 30 cm ed il suo accantonamento nelle pertinenze del cantiere.

Successivamente vengono eseguiti gli scavi per l'ammorsamento del ringrosso arginale, che prevedono la rimozione dell'argine esistente o l'eventuale formazione di gradonature secondo le geometrie e le dimensioni previste negli elaborati EG.03a/b.

Il materiale proveniente dallo scavo di ammorsamento, preventivamente accumulato a piè d'opera, verrà steso a strati di spessore costanti opportunamente compattati assieme al materiale proveniente dall'esterno.

Infine, sarà ristesa per uno spessore di 20 cm la coltre vegetale precedentemente scoticata con profilatura delle scarpate e della sommità del rilevato secondo la sagoma e le pendenze di progetto.

Le nuove scarpate saranno poi inerbite con idrosemina.

Descrizione	Superficie interna [m ²]	Quota fondo [m slm]	Quota argine [m slm]
Stato attuale	42'715	1.89	3.10
Stato di progetto I lotto	36'700	1.89	5.25

Tabella 3-1 – Caratteristiche geometriche ante e post operam della cassa di espansione esistente sul t. Canalmagro a valle della autostrada A12.

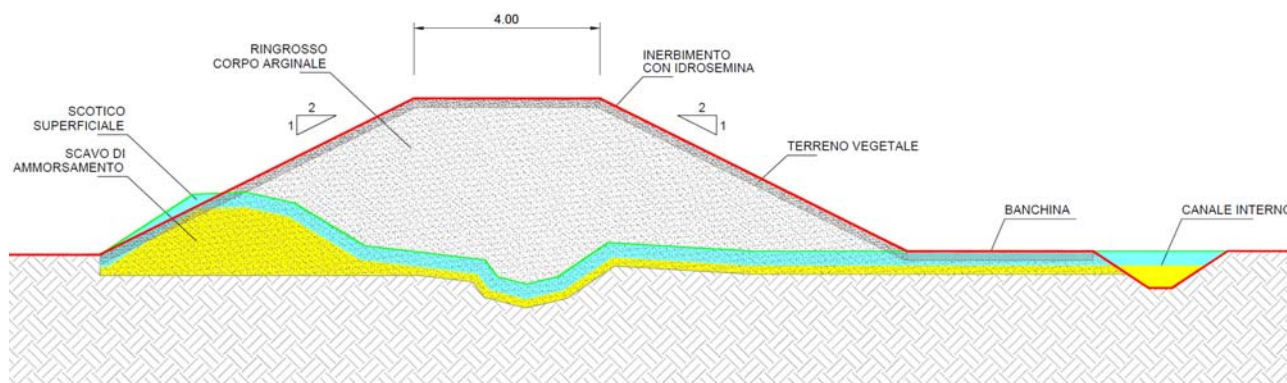


Figura 3-3 – Sezione tipologia del ringrosso arginale.

3.2.2. Opera di presa

L'alimentazione della cassa di espansione è regolata da una paratoia oleodinamica costituita da una "lente" in acciaio con guarnizioni in gomma sui lati, che scorrono su piastre in acciaio inox alloggiati sui fianchi di un canale in c.a. largo 3.10 m, in modo da garantire una perfetta tenuta idraulica (Figura 3-4 e Figura 3-5).

La paratoia è provvista da una passerella di accesso e da un gabbietto in metallo contenente il gruppo motore, il quadro elettrico e la pulsantiera per le manovre manuali.

Il sistema è allacciato alla rete elettrica con un proprio contatore.

Le manovre di sollevamento e di abbassamento della paratoia sono eseguite da due pistoni idraulici.

Originariamente la paratoia aveva due diverse possibilità di funzionamento:

- in automatico, grazie a sensori collocati immediatamente a monte della paratoia in cilindri metallici, il cui funzionamento era dato dal contatto con l'acqua al raggiungimento di una determinata quota;
- manuale, azionata da un operatore in grado di stabilire il grado dell'apertura in funzione dell'evento in atto o in caso di malfunzionamento in automatico.

Allo stato attuale le operazioni di manovra sono consentite solamente in modalità manuale.

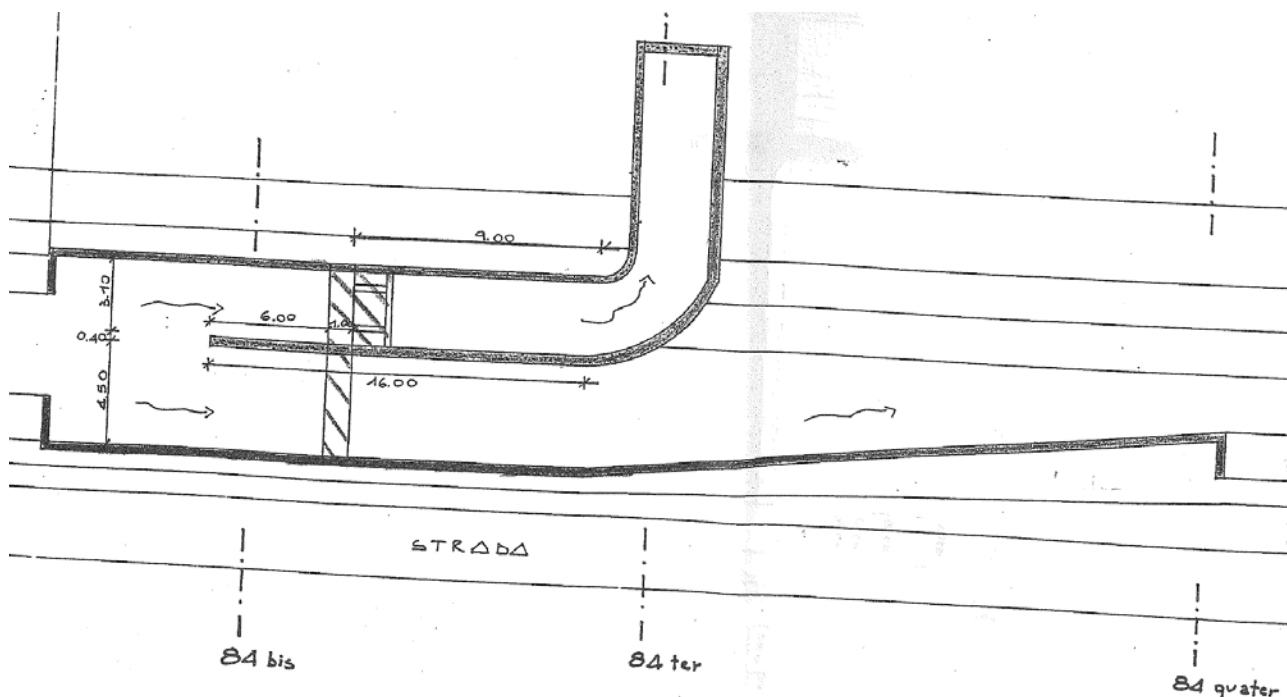


Figura 3-4 – Estratto planimetrico progetto costitutivo dell'opera di presa.

Nel presente progetto viene mantenuta la paratoia mobile esistente, ma è prevista la sostituzione degli attuali sensori che regolano il sistema di apertura dell'organo di presa. In particolare viene disposto un sensore di livello (idrometro) lungo l'alveo del torrente Canalmagro a monte della paratoia e un ulteriore sensore in corrispondenza del canale di alimentazione in modo da controllare il fenomeno di riempimento.

È prevista, inoltre, la sostituzione della centralina di controllo, delle elettrovalvole, del sistema di allarme, del box contenitore e l'installazione di combinatori telefonici GSM e radio per la eventuale remotizzazione degli allarmi, di un impianto di illuminazione operativa centrato sulla paratoia e sul canale di alimentazione, nonché di un sistema soccorritore in grado di garantire l'apertura e la chiusura in assenza di energia elettrica per una durata minima di 120 minuti.



Figura 3-5 – Particolare sistema di apertura della paratoia oleodinamica.

L'apertura della paratoia mobile è definita dal livello in alveo a monte della paratoia. I parametri che regolano l'apertura e la chiusura della paratoia sono riportati nella Tabella 3-2. In particolare, la paratoia è inizialmente chiusa e la quota di stramazzo nella cassa corrisponde a quella individuata dalla quota paratoia chiusa. Non appena il livello idrometrico in alveo raggiunge la quota di inizio apertura, la soglia di sfioro si abbassa fino a raggiungere il valore minimo individuato dalla quota paratoia tutta aperta. Tale quota di sfioro viene raggiunta quando il livello idrico in alveo giunge alla quota apertura totale paratoia. La paratoia inizia a chiudersi non appena il livello idrometrico in alveo torna inferiore alla quota apertura totale paratoia.

Larghezza paratoia [m]	Quota paratoia chiusa [m s.l.m.]	Quota paratoia tutta aperta [m s.l.m.]	Quota inizio apertura paratoia [m slm]	Quota apertura totale paratoia [m slm]
3.10	5.15	2.90	3.80	4.10

Tabella 3-2 – Parametri di regolazione di progetto della paratoia mobile della cassa di espansione esistente sul t. Canalmagro a valle della autostrada A12.

Il sensore nella cassa è utilizzato come controllo di sicurezza, in modo che la paratoia si possa chiudere raggiunto un franco minimo da definire.

In corrispondenza dell'opera di presa si prevede l'adeguamento delle opere in c.a. del canale di alimentazione della cassa di espansione dal torrente Canalmagro, in modo tale da rendere l'attuale struttura compatibile con il sopralzo dei rilevati arginali.

A tergo del tratto di muro confinante con la cassa di espansione, viene realizzato un contromuro in c.a. in grado di sostenere l'aumento delle spinte dovute al sopralzo dell'argine e all'incremento dei livelli idrometrici che possono essere invasati.

Si prevede, inoltre, la demolizione e la ricostruzione del tratto di canale ubicato a valle della curva, in modo da realizzare una nuova geometria compatibile con la sagoma dei rilevati arginali di progetto (Figura 3-6).

Lo scarico nella cassa è adeguatamente protetto con un rivestimento in scogliera in massi ciclopici cementati disposti su un tessuto non tessuto.

Infine, in corrispondenza della sommità arginale viene realizzato un attraversamento sul canale di alimentazione della cassa col fine di garantire la continuità di percorrenza del rilevato ai mezzi meccanici nel corso degli eventi di piena.



Figura 3-6 – Particolare sistema di apertura della paratoia oleodinamica.

3.2.3. Palancole in PVC

Come osservato nel progetto complessivo, le due casse d'espansione esistenti a monte e a valle dell'autostrada, allo stato attuale, non rispondono alla funzionalità per la quale sono state progettate e collaudate.

Ciò è emerso nel corso della riunione svolta il giorno 11/03/2014 presso gli Uffici della Regione Toscana (Palazzo B) tra i rappresentanti del Settore prevenzione del rischio idraulico e idrogeologico della Regione Toscana, del Genio Civile di Massa - Carrara, della Provincia di Massa, del Comune di Massa e gli scriventi in qualità di progettisti dell'intervento codice 2012EMS0006.

A tal riguardo, nel corso della succitata riunione, è stato segnalato che in concomitanza degli eventi alluvionali del 2012 le stesse non sono entrate in funzione.

Le criticità connesse a tali opere sembra siano dovute oltreché al sistema di apertura delle paratoie elettromeccaniche, che vengono attivate solo manualmente e non per mezzo dei sensori presenti in

alveo, anche per la presenza di arginature di contenimento inadeguate, e in alcuni casi addirittura inesistenti, come segnalato a proposito della cassa d'espansione di valle.

Le due casse presentano, inoltre, gravi problematiche connesse allo scarico dei volumi invasati.

La cassa a valle della autostrada A12 ha un solo scarico in corrispondenza dell'angolo a Sud-Est che recapita nel fosso del Sale. Il suddetto scarico è privo degli idonei apparecchi di sezionamento.

Infine, gli argini della cassa sono più bassi degli argini dell'alveo, per questo motivo le paratoie devono essere manovrate manualmente al fine di evitare la tracimazione dei contenimenti.

Per tali motivi all'interno del corpo arginale è prevista l'infissione di palancole in PVC col fine di realizzare una barriera idraulica all'interno dell'argine e del terreno di fondazione, quest'ultimo costituito da un primo strato di argille e silt sabbiosi (spessore medio di 1.5 m), al di sotto del quale si sviluppano depositi sabbiosi e siltosi-sabbiosi.

Tale soluzione si rende necessaria per garantire la stabilità del rilevato nel corso dello svuotamento delle acque invase che avviene in tempi piuttosto lunghi, stimati in circa 4.5 gg (vedere elaborato DG.02), a causa dell'insufficienza dei corpi idrici recettori.

Nel presente 1° lotto funzionale il tempo di permanenza risulta superiore di un giorno rispetto a quello stimato nel progetto complessivo a causa del mancato adeguamento del reticolo di acque basse costituito dal fosso del Sale e dal canale degli Sforza.

Nella Figura 3-7 e nella Figura 3-8 sono rappresentati gli idrogrammi delle portate scaricate e dei livelli idrometrici invasati nella cassa di espansione calcolati rispettivamente nello stato di progetto 1° lotto funzionale e nello stato di progetto complessivo.

Le palancole in PVC presentano il vantaggio di poter essere utilizzate in condizioni ambientali sfavorevoli dove la resistenza all'acqua è uno dei parametri chiave. In particolare, le palancole in PVC hanno una resistenza di carico elevata, sono resistenti agli agenti esterni, compresi insetti e roditori, resistono alla corrosione, alla ruggine e all'acqua salmastra.

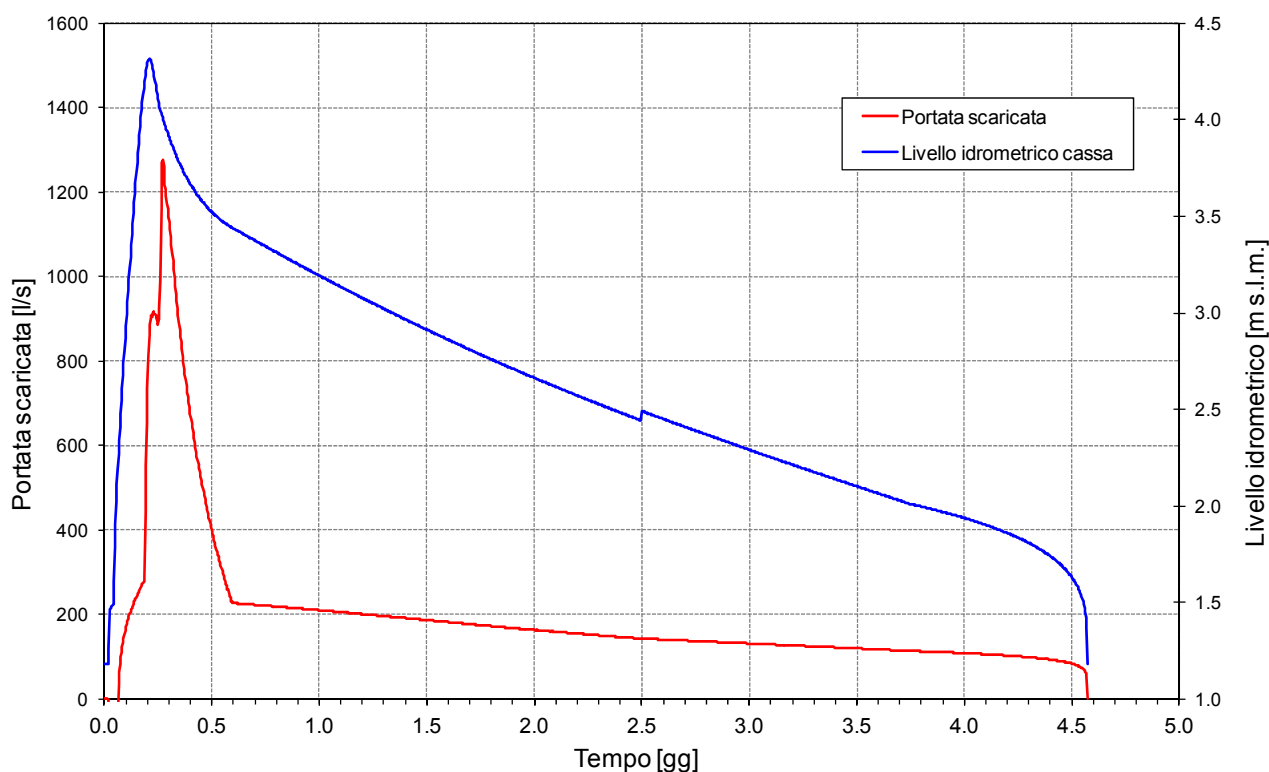


Figura 3-7 – Andamento nel tempo della portata scaricata e dei livelli idrometrici invasati nella cassa a valle della autostrada A12 per $Tr = 200$ anni nel progetto 1° lotto funzionale.

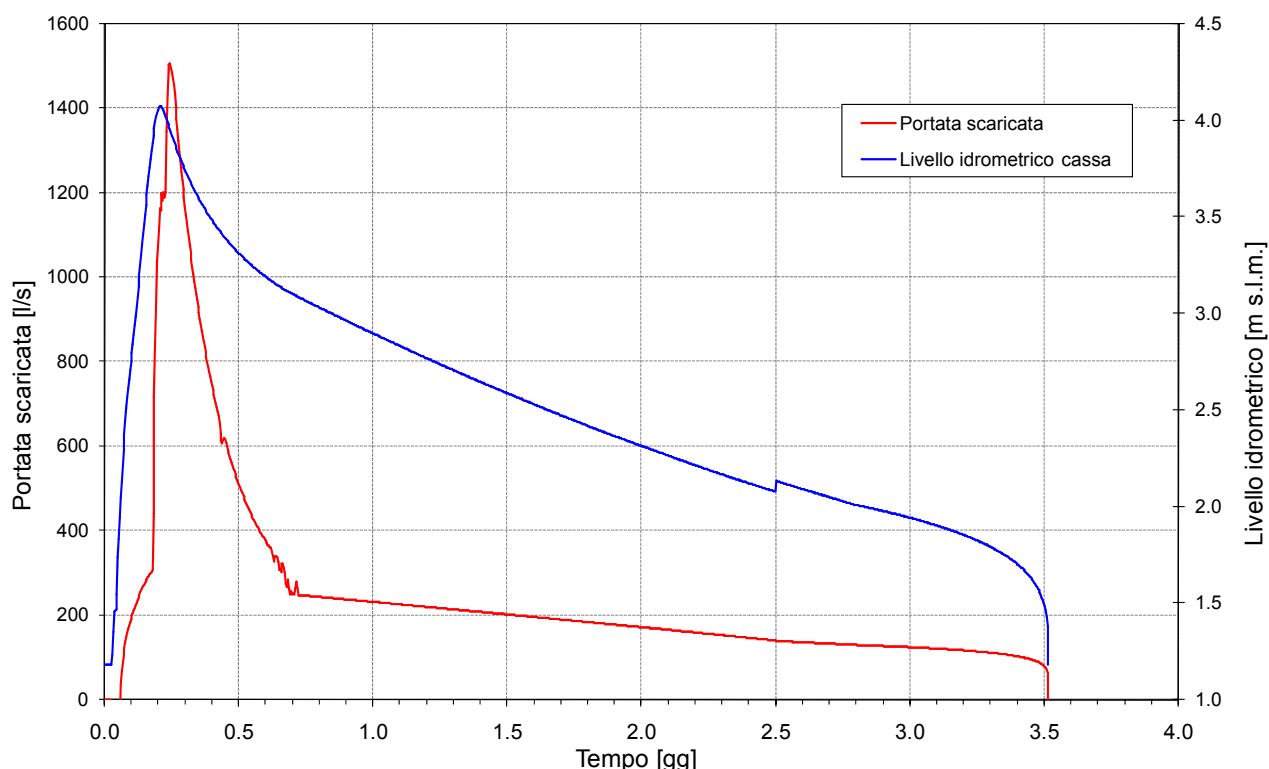


Figura 3-8 – Andamento nel tempo della portata scaricata e dei livelli idrometrici invasati nella cassa a valle della autostrada A12 per $Tr = 200$ anni nel progetto complessivo.

3.2.4. Opere di scarico

Si prevede la realizzazione di un nuovo scarico di fondo e di un scarico di mezzo fondo (vedere Tabella 3-3).

Lo scarico di mezzo fondo ha lo scopo di restituire nel torrente Canalmagro una parte delle acque invase il più velocemente possibile dopo il transitato della piena. Tale scarico è costituito da una condotta circolare in calcestruzzo del diametro di 1000 mm dotata di valvola antiriflusso.

Lo scarico di fondo è costituito da due condotte cilindriche:

- la prima del diametro di 300 mm mantenuta sempre aperta per permettere in condizioni normali lo scarico del drenaggio delle acque interne alla cassa e consentire lo svuotamento in tempi compatibili con la capacità di smaltimento dei recettori di valle, evitando in questo modo una permanenza imprecisata delle acque invase che potrebbe pregiudicare la stabilità dell'argine;
- la seconda del diametro di 500 mm presidiata da una paratoia piana collocata in un pozzetto accessibile e manovrabile dalla testa dell'argine, in modo da poter svuotare la cassa in tempi più rapidi nel caso tale soluzione si rendesse necessaria;

Diametro scarico [mm]	Quota scorrimento [m s.l.m.]	Presidio idraulico	Ubicazione scarico	Descrizione
300	1.47	–	fosso del Sale	scarico di fondo normale
500	1.47	paratoia	fosso del Sale	scarico di fondo di sicurezza
1000	3.00	clapet	t. Canalmagro	scarico di mezzo fondo

Tabella 3-3 – Caratteristiche geometriche degli organi di scarico della cassa di espansione esistente sul t. Canalmagro a valle della autostrada A12.

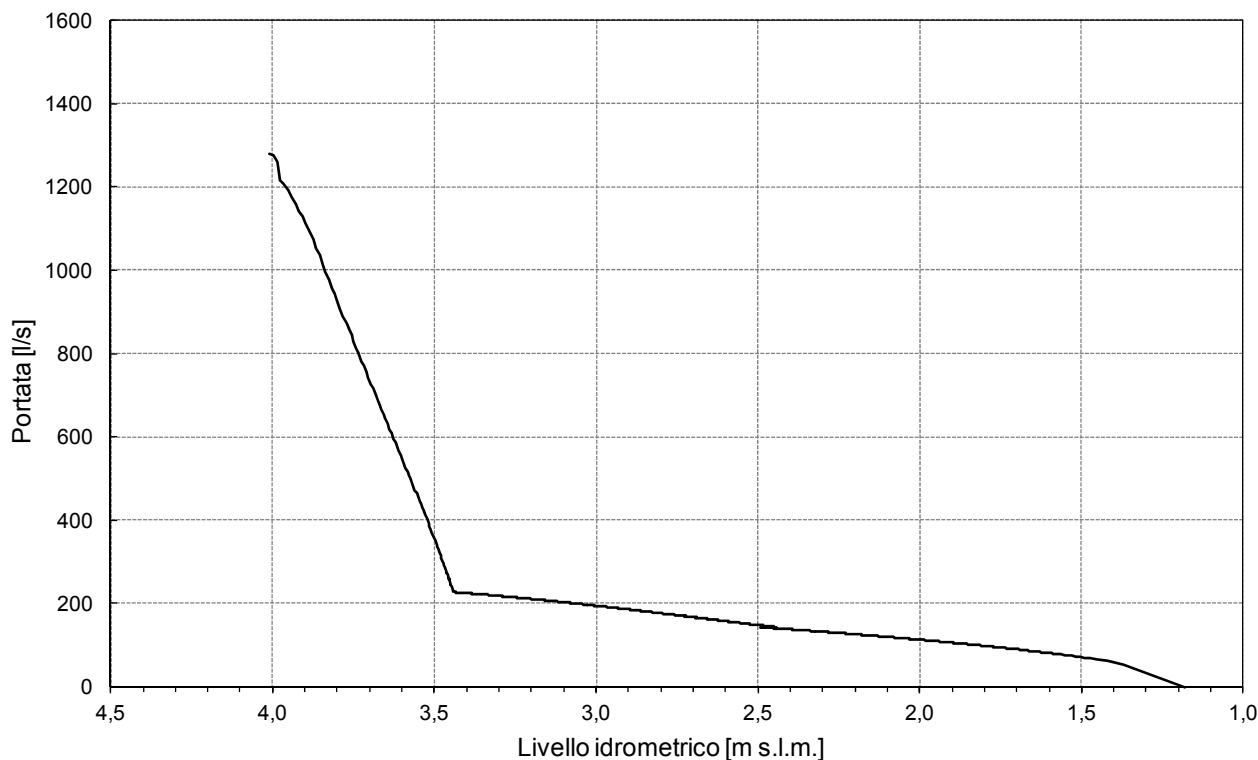


Figura 3-9 - Portata scarica in funzione dei livelli invasati nella cassa di valle per $Tr = 200$ anni nel progetto 1° lotto funzionale.

Dall'analisi della Figura 3-9, in cui viene rappresentata la portata defluita dalle condotte Ø300 e Ø1000 in funzione dei livelli invasati (la condotta Ø500 è ipotizzata chiusa nel corso del funzionamento ordinario), emerge che la presenza dello scarico di mezzo fondo è fondamentale per accrescere il valore della portata scaricata e ridurre il più velocemente possibile i livelli idrometrici delle acque invase.

Gli ingressi di entrambi gli scarichi di fondo e di mezzo fondo sono presidiati da griglie in acciaio in modo da evitare possibili intasamenti delle condotte da parte del materiale flottante trasportato dalla corrente.

3.2.5. Interventi propedeutici per la manutenzione ordinaria

Al piede interno del rilevato arginale è prevista la realizzazione di una pista di transito larga 4.0 m, atta a garantire la continuità di percorrenza dei terreni interni alla cassa di espansione per i mezzi meccanici addetti alle previste operazioni di manutenzione ordinaria.

La pista interna è posta 3.4 m al di sotto della sommità arginale con piano di percorrenza alla quota di 1.85 m s.l.m..

La pista di servizio è realizzata mediante la posa in opera di pietrisco 40/60 su un geotessile non tessuto e la regolarizzazione della superficie tramite la stesa di pietrisco 12/22, per uno spessore complessivo di 20 cm.

In adiacenza alla pista di transito, è prevista la creazione di un canale di scolo in grado di convogliare le acque interne verso l'opera di scarico ed evitare ristagni d'acqua in prossimità dei rilevati arginali.

Il canale di drenaggio in terra è costituito da una sezione di forma trapezia larga al fondo 50 cm e sponde inclinate 3:2.

Infine, si prevede un taglio selettivo della vegetazione in eccesso nell'area interna alla cassa di espansione (Figura 3-10).

L'intervento di taglio riguarda esemplari arborei pericolanti, malati o deperienti o di specie esotiche piuttosto che autoctone, cercando di alterare il meno possibile la fisionomia strutturale della vegetazione e, quindi, il livello di biodiversità dell'area.

Il taglio selettivo e i diradamenti sono mirati a mantenere le associazioni vegetali in condizioni "giovanili", con massima tendenza alla flessibilità e alla resistenza alle sollecitazioni della corrente (i.e. apertura paratoia), limitando in sintesi la crescita di tronchi con diametro rilevante.

Il taglio selettivo sarà preferibilmente effettuato nel periodo tardo-autunnale ed invernale, escludendo tassativamente il periodo marzo-giugno in cui è massimo il danno all'avifauna nidificante secondo i periodi previsti nella deliberazione del C.R. della Toscana n. 155/97.

Il taglio selettivo è ipotizzato su una superficie di estensione pari a circa 20'000 m².

Il taglio della vegetazione è necessario anche nelle aree sottoposte a scavo per la realizzazione dei ringrossi arginali e delle opere di regimazione dei deflussi superficiali.



Figura 3-10 – Area interna della cassa d'espansione nella zona Est.

4. ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica, mirata a fornire una valutazione delle portate di piena per i bacini oggetto di studio, si basa sul modello implementato per gli studi a supporto del Piano Strutturale (Comune di Massa, maggio 2010 e novembre 2014) e tiene conto della *“Attività di ricerca per la mitigazione del rischio idraulico nella Regione Toscana - calcolo delle portate di piena per assegnati tempi di ritorno con il modello MOBIDIC”* condotta dall'Università di Firenze per conto della Regione Toscana per l'aggiornamento delle curve di possibilità pluviometrica e per la valutazione delle portate di piena per i corsi d'acqua dal Parmignola al Versilia.

Il modello è in grado di simulare sia il fenomeno della formazione dell'onda di piena che quello del suo trasferimento a scala di bacino e consente la ricostruzione dei deflussi di piena da utilizzare come *input* per le verifiche idrauliche.

Il modello idrologico e i risultati dell'analisi idrologica sono descritti nell'elaborato DG.02.

In particolare si evidenzia quanto segue:

- le curve di possibilità pluviometrica sono quelle elaborate dall'Università di Firenze per conto della Regione Toscana aggiornate fino al 2012;
- gli ietogrammi di progetto sono assunti della stessa durata prevista nello studio del PS del Comune di Massa (maggio 2010), ovvero pari a 6 ore con andamento di tipo Chicago;
- la parametrizzazione delle caratteristiche idrologiche del suolo è condotta con le stesse tabelle di correlazione dello studio del PS del Comune di Massa (maggio 2010);
- le mappe della geolitologia e dell'uso del suolo sono quelle del PTC della provincia di Massa come adottato nello studio del PS del Comune di Massa (novembre 2014);
- i valori della velocità di trasferimento sono ricavati con lo stesso legame funzionale degli studi a supporto del PS del Comune di Massa (maggio 2010 e novembre 2014);
- i valori dei parametri di taratura sono derivati dallo studio del PS del Comune di Massa (maggio 2010). I gradi di saturazione adottati sono quelli dello studio del PS del Comune di Massa (novembre 2014). In particolare, il grado di saturazione è variato in funzione del tempo di ritorno ed è inserito un valore massimo per ottenere valori di portata analoghi a quelli dello studio condotto dalla Università di Firenze per i bacini tra Parmignola e Versilia.

Il modello idrologico a parametri distribuiti utilizzato prevede l'uso dei seguenti dati:

- curve di possibilità pluviometrica;
- modello digitale del terreno;
- mappa geolitologica;
- mappa dell'uso del suolo.

4.1. Le portate di piena

La stima delle portate di piena è condotta considerando i tempi di ritorno di 30 e 200 anni.

La valutazione degli idrogrammi di piena in ingresso al modello idraulico è condotta utilizzando il modello afflussi-deflussi descritto nell'elaborato DG.02, applicando l'*input* di precipitazione con andamento temporale del tipo Chicago coerente con le Curve di Possibilità Pluviometrica.

L'ubicazione dei punti di immissione è riportata negli elaborati ID.01a/b (Figura 4-1).

Nella Tabella 4-1 e nella Tabella 4-2 sono riassunti i risultati del modello idrologico rispettivamente per il tempo di ritorno di 30 anni e per quello di 200 anni.

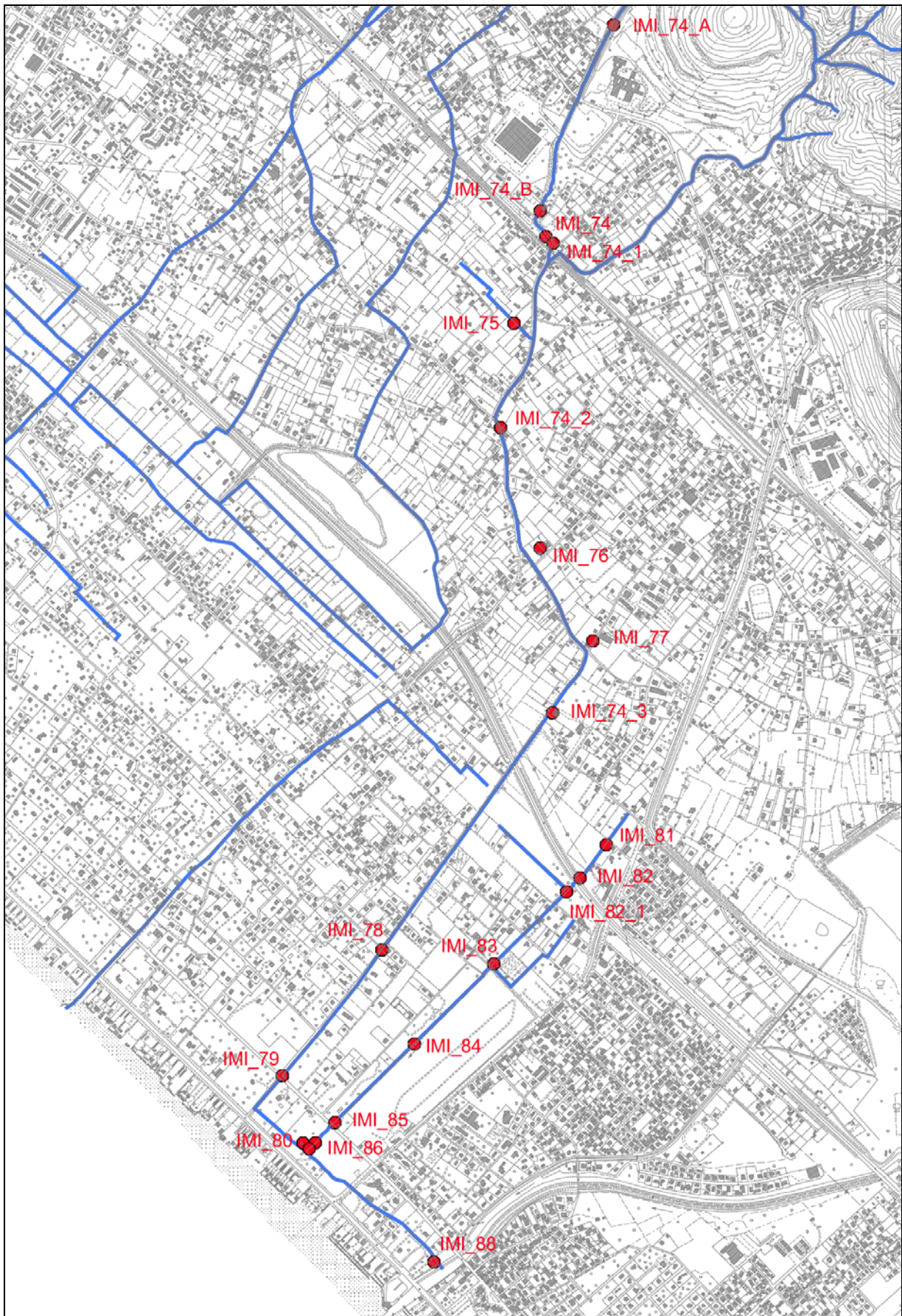


Figura 4-1 – Planimetria immissioni modello idrologico.

Corso d'acqua	Codice immissione	Sezione	Riga valle	Colonna valle	Area bacino [km ²]	Tempo ritardo [h]	Portata [m ³ /s]	Precipit. [mm]	Deflusso [mm]	Coeff. ragguaglio	Deflusso unitario [m ³ /s km ²]	CPP a	CPP n	CPP m
Canalmagro	IMI_74_A	CA1042__	223	318	1.27	0.51	8.7	139.29	56.46	1.00	6.83	39.67	0.35	0.18
Canalmagro	IMI_74_B	CA1012__	195	307	0.08	0.23	0.4	124.31	19.64	0.99	4.81	38.28	0.31	0.18
Canalmagro	IMI_74	CA1009__	191	308	0.23	0.41	1.1	124.27	24.41	0.99	4.69	38.28	0.31	0.18
Canalmagro	IMI_74_1	ca0004_c	190	309	1.81	0.56	11.7	130.34	40.68	1.00	6.45	38.63	0.33	0.18
Canalmagro	IMI_74_2	ca0032_d	162	301	0.08	0.25	0.5	122.25	27.20	0.99	6.42	37.99	0.30	0.18
Canalmagro	IMI_74_3	ca0057__	119	309	0.11	0.37	0.4	120.26	18.48	0.99	3.34	37.78	0.30	0.18
Canalmagro	IMI_78	CA0067Aa	83	283	0.19	0.36	0.5	117.77	16.46	0.99	2.92	37.61	0.29	0.18
Canalmagro	IMI_79	ca0077_a	64	268	0.09	0.34	0.3	113.62	18.44	0.98	3.62	37.24	0.27	0.18
Canalmagro	IMI_80	ca0079__	54	271	0.05	0.27	0.1	113.59	11.89	0.98	2.35	37.23	0.27	0.18
Fognatura	IMI_76	APE_I1	144	307	0.38	0.56	1.5	121.52	27.79	1.00	3.96	37.91	0.30	0.18
Fognatura	IMI_77	APE_I2	130	315	0.44	0.58	1.6	122.96	26.21	1.00	3.64	37.94	0.31	0.18
Fognatura	IMI_75	APE_I3	178	303	0.10	0.27	0.4	122.31	24.24	1.00	4.17	38.00	0.30	0.18
Sale	IMI_81	sl1001__	99	317	0.40	0.51	1.9	119.57	52.95	1.00	4.83	37.73	0.29	0.18
Sale	IMI_82	sl0001_a	94	313	0.03	0.11	0.2	118.58	44.69	1.00	4.83	37.67	0.29	0.18
Sale	IMI_82_1	sl0001_d	92	311	0.11	0.46	0.5	118.57	46.98	1.00	4.83	37.67	0.29	0.18
Sale	IMI_83	sl0003_a	81	300	0.06	0.29	0.3	118.43	51.45	1.00	4.83	37.67	0.29	0.18
Sale	IMI_84	sl0005__	69	288	0.27	0.52	1.3	116.10	45.65	1.00	4.83	37.50	0.28	0.18
Sale	IMI_85	sl0006_a	57	276	0.19	0.71	0.9	114.57	45.26	1.00	4.83	37.34	0.28	0.18
Sale	IMI_86	sl0007__	54	273	0.03	0.22	0.1	113.59	45.90	1.00	4.83	37.23	0.27	0.18
Sforza	IMI_88	sl0011_d	36	291	0.12	0.39	0.6	113.79	40.88	0.98	4.83	37.26	0.27	0.18

Tabella 4-1 – Sintesi risultati modello idrologico per il tempo di ritorno di 30 anni.

Corso d'acqua	Codice immissione	Sezione	Riga valle	Colonna valle	Area bacino [km ²]	Tempo ritardo [h]	Portata [m ³ /s]	Precipit. [mm]	Deflusso [mm]	Coeff. ragguaglio	Deflusso unitario [m ³ /s km ²]	CPP a	CPP n	CPP m
Canalmagro	IMI_74_A	CA1042__	223	318	1.27	0.51	12.6	197.65	76.05	1.00	9.88	39.67	0.35	0.18
Canalmagro	IMI_74_B	CA1012__	195	307	0.08	0.23	0.5	176.38	28.45	0.99	6.55	38.28	0.31	0.18
Canalmagro	IMI_74	CA1009__	191	308	0.23	0.41	1.4	176.31	34.79	0.99	6.23	38.28	0.31	0.18
Canalmagro	IMI_74_1	ca0004_c	190	309	1.81	0.56	16.6	184.94	55.61	1.00	9.16	38.63	0.33	0.18
Canalmagro	IMI_74_2	ca0032_d	162	301	0.08	0.25	0.6	173.46	36.66	0.99	8.18	37.99	0.30	0.18
Canalmagro	IMI_74_3	ca0057__	119	309	0.11	0.37	0.5	170.63	25.12	0.99	4.20	37.78	0.30	0.18
Canalmagro	IMI_78	CA0067Aa	83	283	0.19	0.36	0.7	167.10	21.31	0.99	3.74	37.61	0.29	0.18
Canalmagro	IMI_79	ca0077_a	64	268	0.09	0.34	0.4	161.21	23.67	0.98	4.40	37.24	0.27	0.18
Canalmagro	IMI_80	ca0079__	54	271	0.05	0.27	0.1	161.17	15.61	0.98	2.85	37.23	0.27	0.18
Fognatura	IMI_76	APE_I1	144	307	0.38	0.56	1.9	172.43	36.60	1.00	4.92	37.91	0.30	0.18
Fognatura	IMI_77	APE_I2	130	315	0.44	0.58	2.0	174.48	34.63	1.00	4.57	37.94	0.31	0.18
Fognatura	IMI_75	APE_I3	178	303	0.10	0.27	0.5	173.54	32.68	1.00	5.45	38.00	0.30	0.18
Sale	IMI_81	sl1001__	99	317	0.40	0.51	2.8	169.65	75.34	1.00	7.08	37.73	0.29	0.18
Sale	IMI_82	sl0001_a	94	313	0.03	0.11	0.2	168.24	64.07	1.00	7.08	37.67	0.29	0.18
Sale	IMI_82_1	sl0001_d	92	311	0.11	0.46	0.8	168.25	67.58	1.00	7.08	37.67	0.29	0.18
Sale	IMI_83	sl0003_a	81	300	0.06	0.29	0.4	168.04	72.67	1.00	7.08	37.67	0.29	0.18
Sale	IMI_84	sl0005__	69	288	0.27	0.52	1.9	164.72	65.37	1.00	7.08	37.50	0.28	0.18
Sale	IMI_85	sl0006_a	57	276	0.19	0.71	1.3	162.57	65.04	1.00	7.08	37.34	0.28	0.18
Sale	IMI_86	sl0007__	54	273	0.03	0.22	0.2	161.17	66.40	1.00	7.08	37.23	0.27	0.18
Sforza	IMI_88	sl0011_d	36	291	0.12	0.39	0.9	161.44	57.72	0.98	7.08	37.26	0.27	0.18

Tabella 4-2 – Sintesi risultati modello idrologico per il tempo di ritorno di 200 anni.

5. ANALISI IDRAULICA

Per la rappresentazione dei diversi fenomeni che governano la propagazione delle piene all'interno dei corsi d'acqua, la loro laminazione per effetto delle casse di espansione e la propagazione dei volumi idrici di inondazione sul territorio, è adottata una modellistica idraulica che comprende un modello di tipo unidimensionale, idoneo a rappresentare il moto all'interno dell'alveo, accoppiato ad un modello bidimensionale per la simulazione dei fenomeni di inondazione del territorio.

Il modello idraulico e i risultati delle verifiche idrauliche sono descritti nell'elaborato DG.02.

5.1. Parametri del modello idraulico

La modellazione idraulica è condotta con un passo temporale di 5 minuti. La durata complessiva degli eventi simulati è pari a 12 ore.

I coefficienti di contrazione e di espansione in condizioni normali sono assunti pari a 0.1 (contrazione) e 0.2 (espansione), mentre in corrispondenza dei ponti sono utilizzati i coefficienti 0.3 (contrazione) e 0.5 (espansione).

Le scabrezze adottate tengono conto della pendenza e della morfologia del corso d'acqua e dei potenziali fenomeni di sovralluvionamento. Il coefficiente di scabrezza K_s di *Gauckler-Strickler* adottato per i diversi tratti di studio è riportato nella Tabella 5-1.

Per la modellazione bidimensionale è utilizzata una scabrezza K_s di *Gauckler-Strickler* pari a $20 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per le superfici aperte e di $2 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per gli edifici desunti dalla cartografia C.T.R. 1:2.000 della Regione Toscana.

Tratto	Tratti e cielo aperto G.S. [$\text{m}^{1/3}\text{s}^{-1}$]	Tombamenti e ponti G.S. [$\text{m}^{1/3}\text{s}^{-1}$]
Torrente Canalmagro a monte di Sei Ponti	24	30
Torrente Canalmagro a valle di Sei Ponti	30	45
Fosso del Sale	30	45
Canale degli Sforza	30	45

Tabella 5-1 - Scabrezze modello idraulico.

5.2. Gli elementi di verifica

Le verifiche idrauliche sono condotte per i tempi di ritorno di 30 e 200 anni considerando i seguenti corsi d'acqua:

- Torrente Canalmagro;
- Fosso del Sale;
- Canale degli Sforza.

Negli elaborati ID.01a/b è riportata la planimetria degli elementi utilizzati nelle verifiche idrauliche (i.e. sezioni fluviali; portelle di collegamento; connessioni idrauliche; idrovore; DTM).

Nell'elaborato ID.02 sono riassunte le principali caratteristiche dei modelli idraulici implementati.

5.3. Gli scenari di verifica

Le verifiche idrauliche sono condotte utilizzando la modellistica descritta nei paragrafi precedenti applicata a 2 differenti scenari, definiti in funzione delle condizioni assunte dal sistema idraulico:

1. *stato attuale dell'intero sistema*;
2. *stato di progetto I lotto funzionale*: adeguamento dei rilevati arginali della cassa di espansione esistente sul torrente Canalmagro ubicata a valle dell'autostrada A12 Genova – Rosignano e delle relative opere di presa e di scarico.

Lo stato attuale e il 1° lotto funzionale sono verificati con riferimento ai tempi di ritorno di 30 e 200 anni in moto vario con modellazione bidimensionale delle aree di esondazione per la valutazione del rischio residuo nelle aree contermini al tratto analizzato.

Per ciascun tempo di ritorno il modello unidimensionale in moto vario con modellazione quasi-bidimensionale delle aree di esondazione fornisce:

- portate e livelli idrometrici per ogni sezione del reticolo idrografico;
- portate transitate attraverso gli elementi di connessione tra l'alveo e le aree e tra le aree stesse;
- volumi e livelli idrometrici nelle aree di potenziale esondazione.

Per ciascun tempo di ritorno il modello bidimensionale fornisce:

- battenti e velocità di propagazione nelle celle del DTM.

I risultati delle verifiche idrauliche sono tabulati nell'elaborato ID.03.

Negli elaborati ID.04a/b sono restituiti i profili delle sezioni trasversali con i rispettivi livelli idrometrici valutati per i vari tempi di ritorno per i due scenari di verifica analizzati.

I profili longitudinali dell'alveo, delle quote arginali e delle altezze idrometriche per i diversi tempi di ritorno sono riportati negli elaborati ID.05a/b per i due scenari di verifica.

Negli altri elaborati ID.06a/b si riportano le planimetrie dei battenti di esondazione e delle velocità di propagazione valutati per i tempi di ritorno di 30 e 200 anni. Per le verifiche del 1° lotto funzionale sono riportati anche i confronti delle aree allagate con quelle dello stato attuale in termini di differenza dei battenti di esondazione.

5.4. Risultati verifiche stato attuale (scenario 1.)

Le verifiche idrauliche dello stato attuale hanno permesso di individuare i tratti critici dei corsi d'acqua analizzati in relazione all'insufficienza di contenimento delle portate di piena nelle diverse sezioni fluviali per i differenti tempi di ritorno.

In particolare, nell'area di studio i corsi d'acqua presentano delle gravi insufficienze al contenimento delle portate di piena già per il tempo di ritorno trentennale.

Nell'elaborato ID.06a si riportano le planimetrie dei battenti di esondazione e delle velocità di propagazione valutati nello stato attuale per i tempi di ritorno di 30 e 200 anni. Si ricorda che i battenti di esondazione rappresentano in parte fenomeni di transito e in parte fenomeni di ristagno.

I valori delle superfici complessivamente inondate per i tempi di ritorno di 30 e 200 anni in assenza di rotture arginali valgono rispettivamente 214.2 ha e 342.8 ha.

5.5. Risultati verifiche stato di progetto I lotto (scenario 2.)

Le verifiche idrauliche dello stato di progetto 1° lotto hanno permesso di valutare l'efficacia degli interventi previsti in tale fase in termini di riduzione sia della superficie delle aree allagate che del valore dei battenti di esondazione per i tempi di ritorno di 30 e 200 anni.

Nell'elaborato ID.06b si riportano le planimetrie dei battenti di esondazione e delle velocità di propagazione valutati nello stato di progetto 1° lotto per i tempi di ritorno di 30 e 200 anni, nonché i confronti delle aree allagate con quelle dello stato attuale in termini di differenza dei battenti di esondazione.

I valori delle superfici complessivamente inondate per i tempi di ritorno di 30 e 200 anni in assenza di rotture arginali valgono rispettivamente 156.3 ha e 275.5 ha.

In termini di riduzione dei battenti di esondazione si osserva un sostanziale beneficio nella porzione di territorio ricompresa nel Comune di Massa tra via Del Puntone e la linea di riva sia per il tempo di ritorno di 30 anni che per quello di 200 anni, mentre nel Comune di Montignoso occorre osservare un modesto aggravio solamente per il tempo di ritorno trentennale nell'area depressa adiacente al canale degli Sforza in località Cinquale tra via Germelli e il fiume Versilia. Tale aggravio è dovuto alle acque scaricate dalla cassa di espansione nel fosso del Sale.

Nello stato di progetto 1° lotto gli interventi previsti sulla cassa di espansione esistente a valle della A12 consentono di far transitare nel tratto di valle del sistema idraulico torrente Canalmagro - fosso del Sale una portata al colmo massima pari a 5 m³/s per l'evento duecentennale. Occorre osservare che gli idrogrammi di portata in arrivo alla cassa di espansione risultano già considerevolmente laminati dalle esondazioni che avvengono nei tratti insufficienti ubicati a monte della cassa stessa.

Nella Tabella 5-2 si riportano i livelli idrometrici e i volumi massimi (involuppo) invasati rispettivamente per i tempi di ritorno di 30 e 200 anni nello stato di progetto 1° lotto funzionale, nonché le portate in ingresso (sezione CA0058_M) e uscita (sezione CA0058__) dall'opera di presa.

Nella Figura 5-1 e nella Figura 5-3 si riportano gli idrogrammi delle portate di piena in arrivo e in transito a valle dall'opera di presa rispettivamente per il tempo di ritorno di 30 anni e per il tempo di ritorno di 200 anni.

Area di laminazione [codice]	H [m s.l.m.]	V [m ³]	Q monte opera presa [m ³ /s]	Q valle opera presa [m ³ /s]
Area 2 (valle A12)	4.10	72'072	14.10	4.88
Area 2 (valle A12)	4.32	78'913	14.63	4.92

Tabella 5-2 – Livelli e volumi invasati per i tempi di ritorno di 30 e 200 anni dalla cassa di laminazione sul t. Canalmagro a seguito degli interventi del progetto 1° lotto funzionale (scenario 2.).

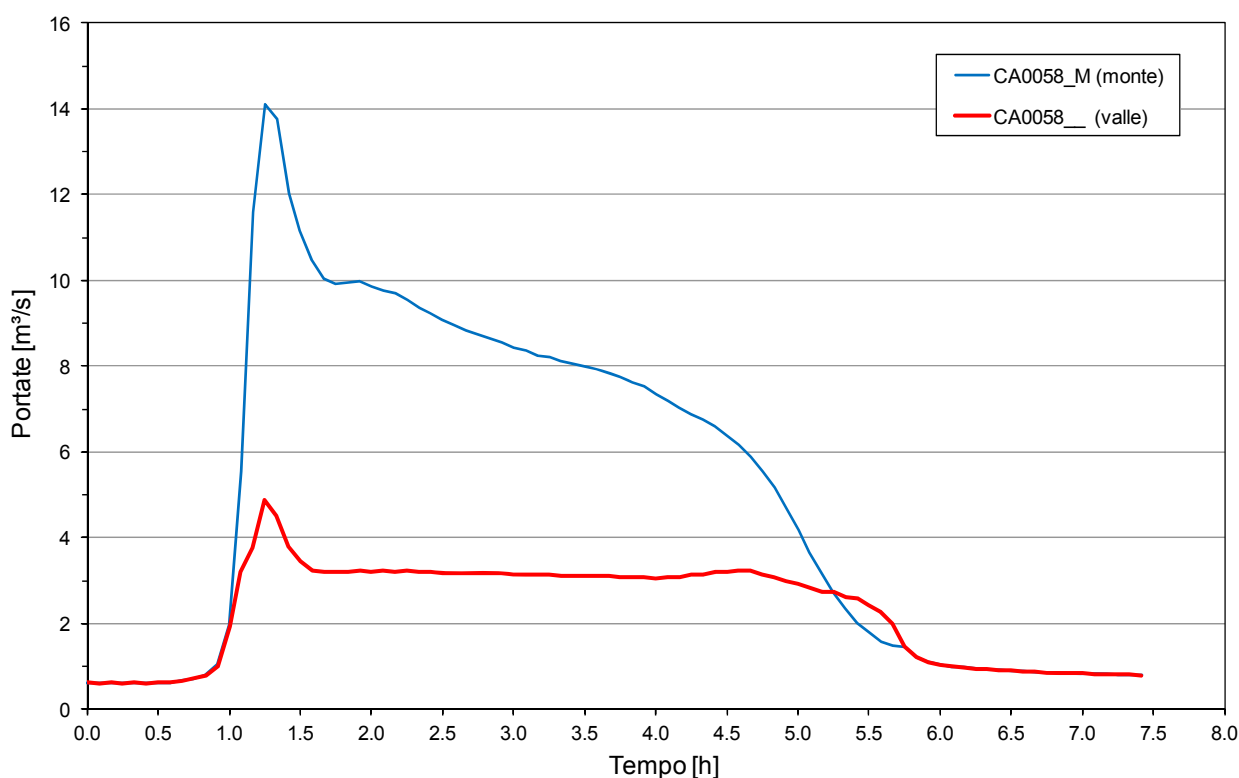


Figura 5-1 - Portate in arrivo e in transito a valle dell'opera di presa della cassa di valle per $T_r = 30$ anni nel progetto 1° lotto funzionale (scenario 2.).

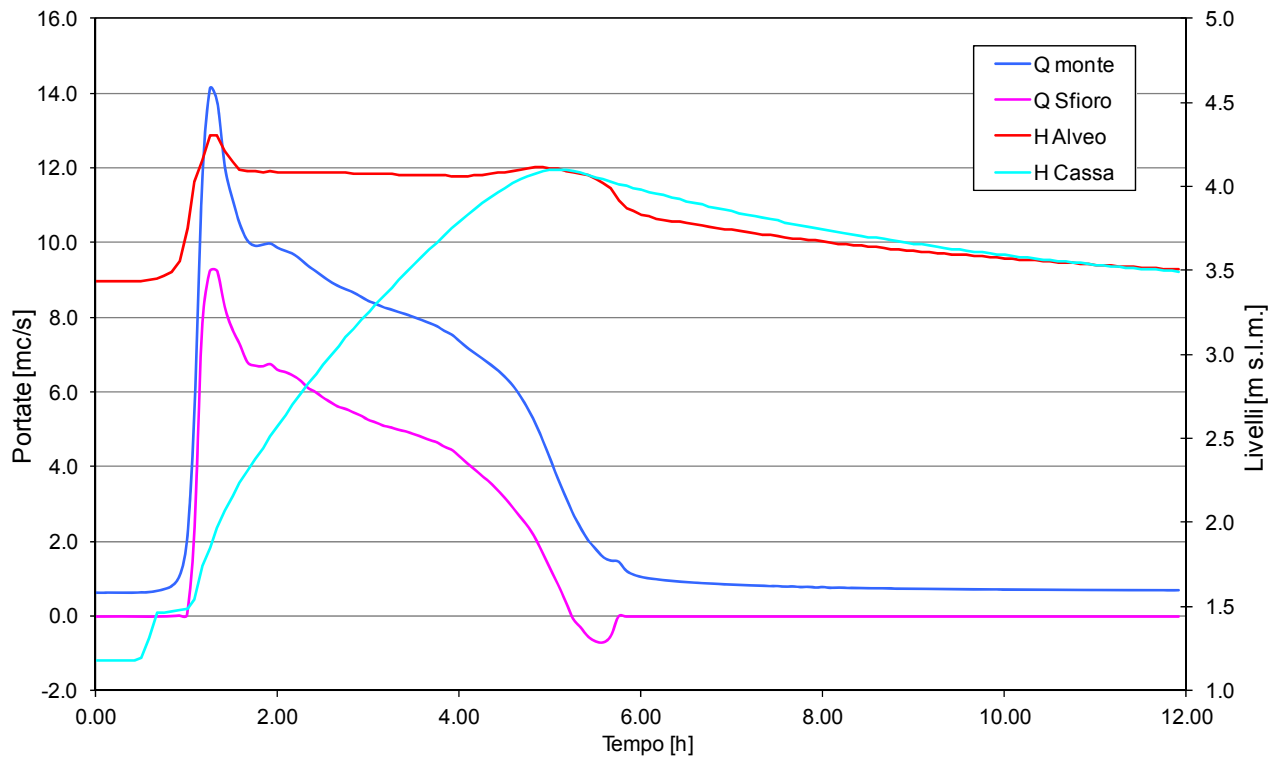


Figura 5-2 - Portate in arrivo e sfiorata dall'opera di presa, livelli idrici in alveo e nella cassa di valle per $Tr = 30$ anni nel progetto 1° lotto funzionale (scenario 2.).

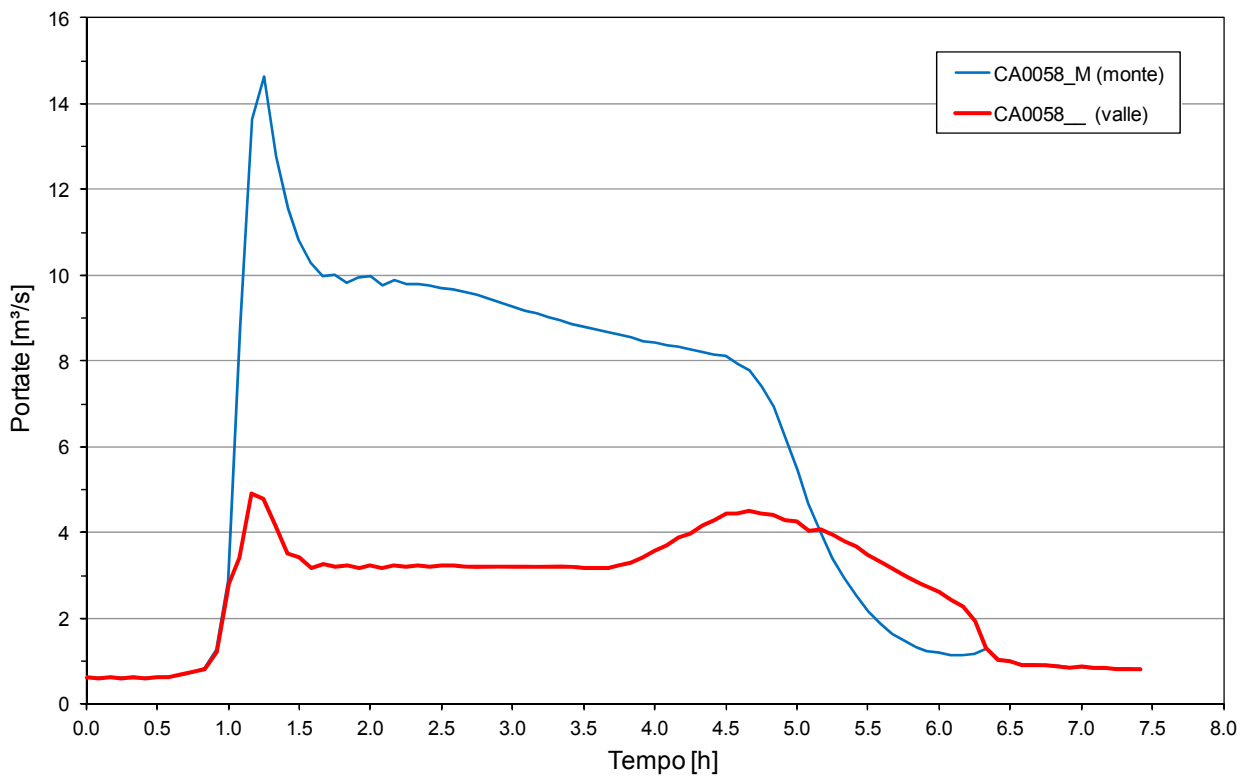


Figura 5-3 - Portate in arrivo e in transito a valle dell'opera di presa della cassa di valle per $Tr = 200$ anni nel progetto 1° lotto funzionale (scenario 2.).

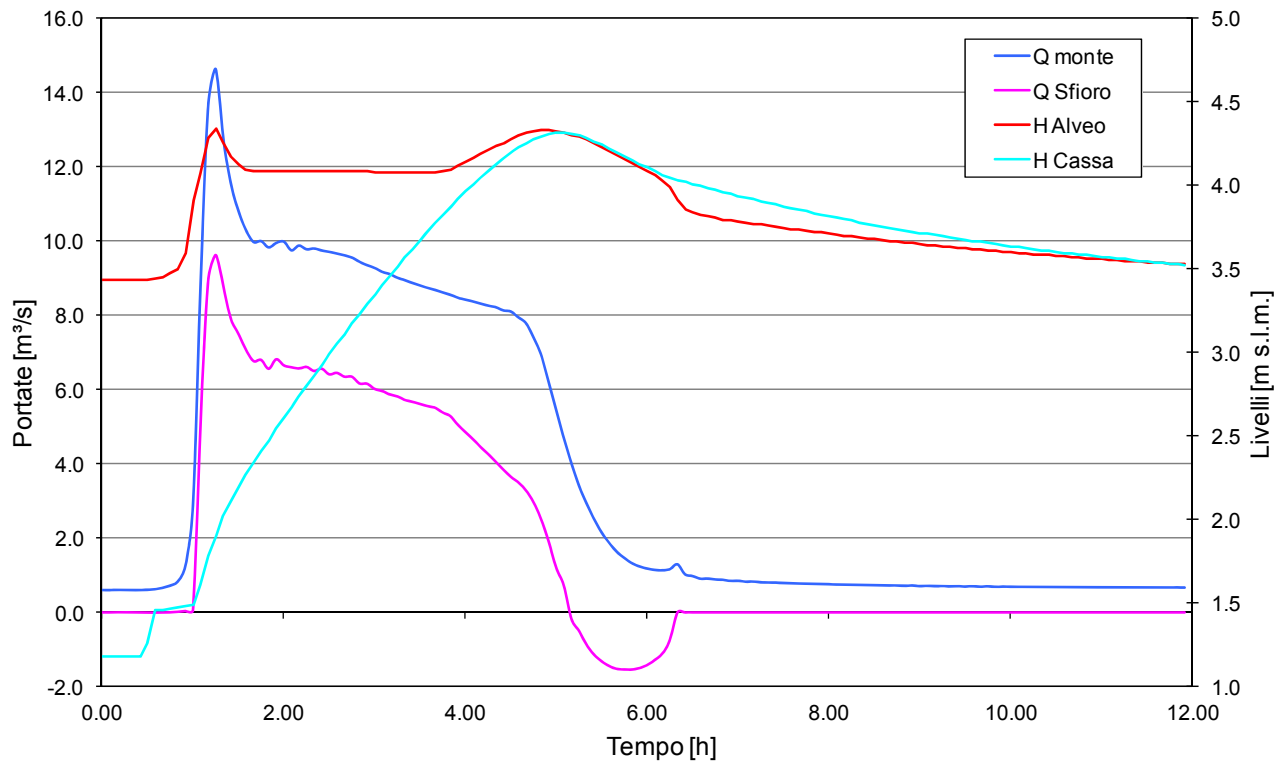


Figura 5-4 - Portate in arrivo e sfiorata dall'opera di presa, livelli idrici in alveo e nella cassa di valle per $Tr = 200$ anni nel progetto 1° lotto funzionale (scenario 2.).

6. INDAGINI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE

La Provincia di Massa Carrara ha incaricato la società GeoTirreno S.r.l. di Massa con DD/1062/2015 del 26/03/2015 di eseguire la caratterizzazione dei suoli di fondazione degli argini delle casse di espansione del torrente Canalmagro.

Nell'ambito di tale incarico sono state eseguite le seguenti indagini da parte dei tecnici della GeoTirreno S.r.l. sui terreni della cassa di espansione ubicata a valle dell'autostrada A12 (Figura 6-1):

- n. 3 sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni rimaneggiati per prove di laboratorio;
- n. 8 prove penetrometriche statiche (CPTU) comprensive di n. 1 prova di dissipazione;
- n. 3 prove penetrometriche super pesanti (DPSH);
- n. 1 indagine MASW per la definizione del modello sismo-stratigrafico e la stima del parametro Vs30 in supporto alla definizione della categoria sismica;
- n. 1 indagine HVSR per la stima della frequenza propria di sito;
- n. 6 prove di permeabilità Lefranc per immissione a carico variabile eseguite all'interno dei sondaggi a carotaggio continuo a due differenti profondità.

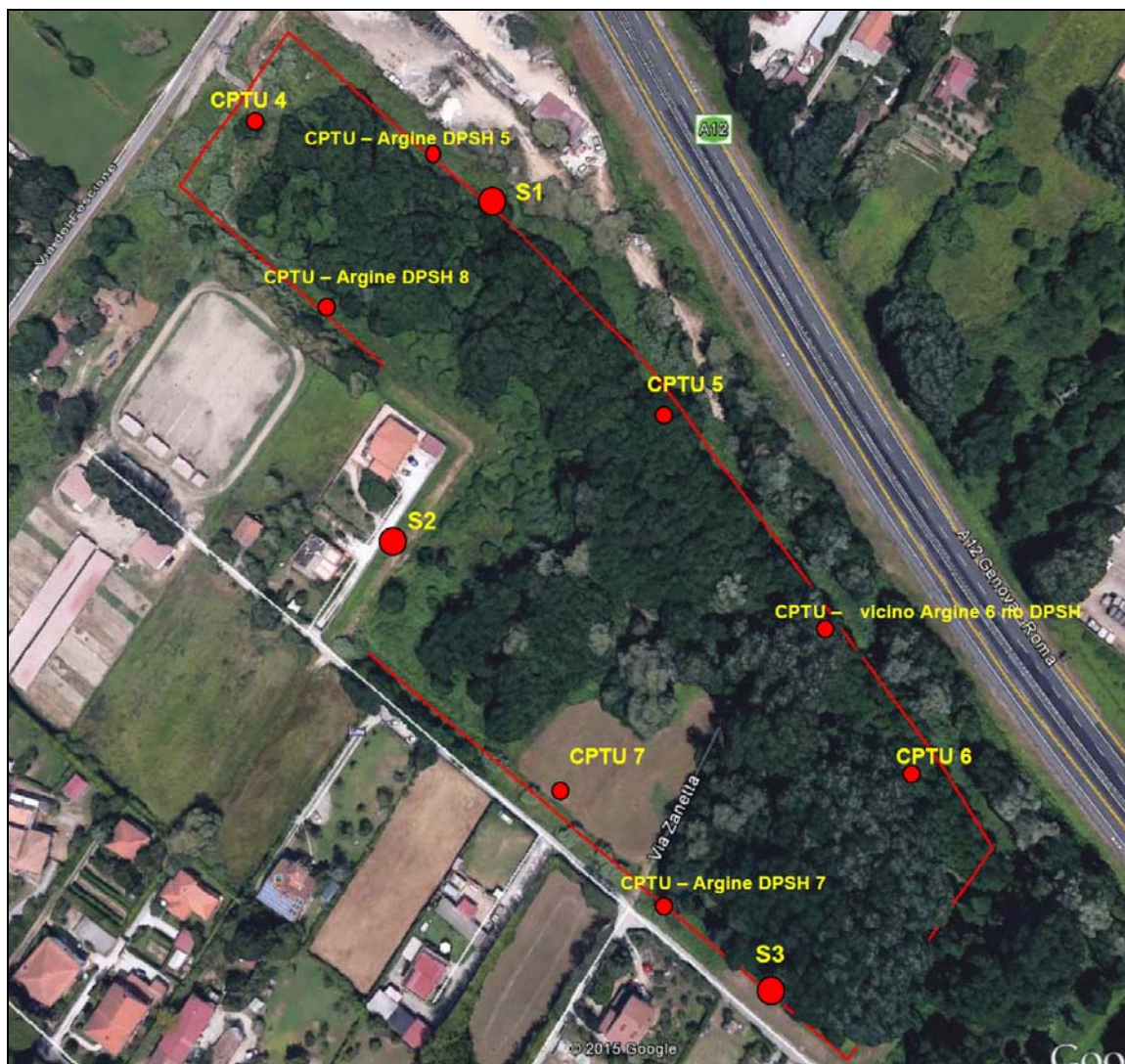


Figura 6-1 – Planimetria dei punti di indagine della cassa di espansione a valle della autostrada A12.

7. RISULTATI VERIFICHE STABILITÀ

Le verifiche di stabilità sono condotte in 3 differenti sezioni trasversali: **2_29; 2_43; 2_49**.

Le verifiche di stabilità sono condotte per entrambi i paramenti del rilevato arginale (interno e esterno cassa).

Per ciascuna sezione di verifica sono individuati 6 scenari: 3 per il paramento a fiume e 3 per il paramento a campagna (vedere elaborato DG.06):

- **Verifica 01:**
 - verifica paramento a campagna;
 - verifica a lungo termine tensioni efficaci;
 - sovraccarico 2000 kg/m²;
 - senza sisma;
 - senza falda.
- **Verifica 02:**
 - verifica paramento a campagna;
 - verifica a breve termine tensioni totali;
 - sovraccarico 2000 kg/m²;
 - con sisma;
 - senza falda.
- **Verifica 03:**
 - verifica paramento a campagna;
 - verifica paramento a fiume;
 - Verifica a breve termine tensioni totali;
 - sovraccarico 2000 kg/m²;
 - senza sisma;
 - con falda a fine svaso.
- **Verifica 04:**
 - verifica paramento interno cassa;
 - verifica a lungo termine tensioni efficaci;
 - sovraccarico 2000 kg/m²;
 - senza sisma;
 - senza falda.
- **Verifica 05:**
 - verifica paramento interno cassa;
 - verifica a breve termine tensioni totali;
 - sovraccarico 2000 kg/m²;
 - con sisma;
 - senza falda.
- **Verifica 06:**
 - verifica paramento interno cassa;
 - verifica a breve termine tensioni totali;
 - sovraccarico 2000 kg/m²;
 - senza sisma;
 - con falda a fine svaso.

Nel modello geotecnico sono stati caratterizzati 3 livelli (argine, orizzonte A e orizzonte B).

8. GESTIONE DELLE TERRE DI SCAVO

I principali materiali di risulta prodotti dalle lavorazioni saranno costituiti da:

- terre da attività di scotico superficiale o da scavi di ammorsamento per l'ampliamento dei rilevati arginali: circa 20'280 m³;
- detriti da demolizione delle strutture delle opere di presa e di scarico: circa 56.5 m³.

Circa 18'750 m³ di terre scavate saranno riutilizzate per la formazione dei rilevati arginali di progetto. Per il completamento dell'intervento sarà necessario approvvigionare dall'esterno una quantità di circa 28'980 m³ di materiale terroso.

La caratterizzazione chimica del terreno dei rilevati della cassa di espansione a valle dell'autostrada A12 è stata eseguita nell'ambito delle indagini conoscitive condotte dai tecnici della GeoTirreno S.r.l..

Per le indagini sulla qualità delle terre del rilevato arginale è stato eseguito il prelievo di n. 4 campioni di matrice solida di terreno in corrispondenza dei sondaggi delle prove penetrometriche statiche.

I quattro punti di campionamento sono riportati in planimetria nella Figura 6-1 (codici: CPTU4; CPTU5; CPTU6; CPTU7), mentre i certificati di laboratorio delle analisi chimiche emessi dal laboratorio Alpha Ecologia S.r.l. sono riportati nell'Appendice A dell'elaborato DG.07.

Nella Tabella 8-1 sono ricapitolati i valori dei principali parametri ricercati.

Da tali analisi emerge che il materiale terroso movimentato nel corso delle varie lavorazioni rientra nei valori limite di cui alla colonna A della tabella 1 dell'allegato 5 alla parte IV del D. Lgs. 152/2006 e, pertanto, potrà essere interamente riutilizzato per il sopralzo del rilevato ai sensi dell'art. 184-bis del D. Lgs.152/06 o ai sensi dell'art. 185 del D. Lgs.152/06 punto c), che definisce le condizioni di esclusione dall'applicazione della parte quarta del suddetto decreto.

Ciò nonostante, nel computo metrico allegato al presente progetto è quotato che circa 1'534 m³ di terre scavate dal rilevato arginale nel tratto adiacente al deposito di materiali edili, compreso tra la sezione 2_02 e la sezione 2_09, non sia idoneo per la costruzione del rilevato arginale e, quindi, smaltito presso impianti autorizzati al recupero di terre provenienti dagli scavi in genere (CER 170504) considerando cautelativamente risultanze chimiche conformi ai limiti indicati nella parte IV, Allegato 5, Tabella 1, colonna B.

Parametri	Unità di misura	2015.29318 23/10/2015	2015.29319 23/10/2015	2015.29320 23/10/2015	2015.29321 23/10/2015	L(A) [mg/kg]	L(B) [mg/kg]
Arsenico	[mg/kg]	9.6	7.8	7.5	8.3	20	50
Berillio	[mg/kg]	0.3	0.4	0.3	0.2	2	10
Cadmio	[mg/kg]	0.5	0.4	0.2	0.4	2	15
Cromo totale	[mg/kg]	19.7	139.8	141.3	119.1	150	800
Cobalto	[mg/kg]	14.5	11.9	11.1	10.9	20	250
Mercurio	[mg/kg]	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	1	5
Nichel	[mg/kg]	29.7	105.0	110.0	80.6	120	500
Piombo	[mg/kg]	29.8	11.3	8.8	15.0	100	1000
Rame	[mg/kg]	31.9	13.4	10.0	23.6	120	600
Selenio	[mg/kg]	0.8	0.7	0.6	0.6	3	15
Zinco	[mg/kg]	40.2	28.6	25.1	19.5	150	1500
Idrocarburi C<12	[mg/kg]	< 1	< 1	< 1	< 1	10	250
Idrocarburi C>12	[mg/kg]	6.9	< 5	< 5	6.4	50	750
Amianto	[mg/kg]	< 100	< 100	< 100	< 100	1000	1000

Tabella 8-1 – Sintesi indagini sulla qualità delle terre nelle aree del rilevato arginale della cassa.

9. INTERFERENZE CON I SOTTOSERVIZI

Le opere progettate interferiscono con le seguenti infrastrutture e reti tecnologiche (vedere elaborati DG.09 e EG.04):

- linea aerea in conduttori nudi a MT (15 KV) che si sviluppa in parallelismo ai contenimenti del torrente Canalmagro nel tratto compreso tra l'autostrada e via Stradella;
- linea aerea in cavo isolato a BT (400 V) che si sviluppa lungo via Stradella in corrispondenza del lato Sud della cassa di espansione.

L'interferenza dell'intervento con la linea MT è connessa a n. 2 sostegni della linea aerea:

- 1) all'interno della cassa di espansione in adiacenza all'opera di presa (Figura 9-1);
- 2) in adiacenza al rilevato arginale della cassa di espansione lato Sud-Ovest (Figura 9-2).

L'interferenza dell'intervento con la linea BT è:

- 1) n. 1 sostegno che ricade nella fascia di rispetto con l'argine (Figura 9-3).

Sul sostegno della linea aerea a BT in via Stradella è collocata una armatura stradale della pubblica illuminazione.

Il progetto prevede lo spostamento di tutti i sostegni delle linee MT e BT al fine di rispettare i vincoli dettati dal R.D. 523/1904 e le necessità della futura manutenzione delle opere, essendo questi ubicati sui paramenti dei rilevati arginali.



Figura 9-1 – Sostegno da spostare della linea aerea MT posto all'interno della cassa attiguo allo sfioratore.



Figura 9-2 – Sostegno da spostare della linea aerea MT collocato sul rilevato arginale Sud-Ovest.



Figura 9-3 – Sostegno linea aerea BT lungo via Stradella sul lato Sud della cassa di espansione.

10.INTERFERENZE CON AREE DI PROPRIETÀ PRIVATA

La realizzazione degli interventi previsti nel presente progetto comporta l'esproprio e l'occupazione temporanea di aree private e di aree pubbliche.

Il tratto di intervento risulta compreso all'interno del Comune di Massa.

L'intervento prevede l'esproprio e l'occupazione di una porzione di terreno rappresentata al N.C.T. della Provincia di Massa al foglio n. 155.

L'intervento prevede l'acquisizione delle particelle facenti parte delle arginature e l'esproprio di una porzione di territorio interna alla cassa di espansione al fine di ingrossare i corpi arginali, fornire alle scarpate la giusta pendenza e realizzare la pista di transito con le relative opere di drenaggio del reticolo interno.

Inoltre, sono previste indennità di occupazione temporanea per le particelle che verranno occupate nel corso della fase di realizzazione degli interventi previsti. In via preliminare per l'occupazione temporanea sono considerate tutte le aree interne alla cassa di espansione compresa una fascia di circa 4.0 m in adiacenza all'area all'intervento, nonché le aree per la realizzazione degli impianti di cantiere.

Le indennità totale di cessione è calcolata come somma di un'indennità di esproprio di base, computata considerando il valore agricolo di mercato, di un'indennità di esproprio aggiuntiva, determinata sulla base del valore agricolo medio, e di una indennità per eventuale perdita di valore complementare.

L'indennità di occupazione temporanea è pari a 1/12 dell'indennità totale di cessione. L'occupazione temporanea è assunta della durata di 12 mesi.

Le aree interne alla cassa di espansione, coinvolte nell'occasionale processo di invaso, mantengono la destinazione d'uso attuale e restano in pieno possesso degli attuali proprietari, anche se gravati da una serie di limitazioni al diritto di proprietà e all'esercizio di impresa, nonché da danni alle future produzioni.

L'indennità per servitù di allagamento deve essere non inferiore a 1/3 e non superiore a 2/3 dell'indennità spettante in caso di espropriazione per pubblica utilità. Nel presente progetto l'indennizzo è valutato pari a 1/3 dell'indennità totale di cessione.

Per ogni ditta catastale espropriata l'imposta di registro è calcolata come il 12% dell'indennità di base con un minimo di € 1'000.0.

Per ogni ditta catastale sono conteggiati, inoltre, € 50.00 per l'imposta ipotecaria e € 50.00 per l'imposta catastale.

Infine, il costo per ogni frazionamento catastale è stato valutato pari a € 400.00.

Nell'elaborato DG.13 si riportano le visure delle particelle interessate e il calcolo dell'indennizzo di esproprio, di occupazione temporanea e per servitù di allagamento.

Nell'elaborato EG.05 si riporta la planimetria dell'intervento sovrapposta alla planimetria catastale.

Durante le lavorazioni non sarà necessario effettuare sospensioni temporanee delle viabilità principali circostanti e non verrà arrecato danno alla circolazione veicolare.

L'accesso alle arginature verrà effettuato dalla pista di transito realizzata al piede del rilevato.

11. COMPATIBILITÀ URBANISTICA

Gli interventi di sistemazione idraulica previsti nell'ambito del presente lotto funzionale ricadono all'interno di aree classificate secondo il R.U. comunale approvato come “area alberata” disciplinata dall'art. 66.

Secondo il PS del Comune di Massa l'opera idraulica è classificata come “area strategica per interventi di prevenzione (ASIP)”.

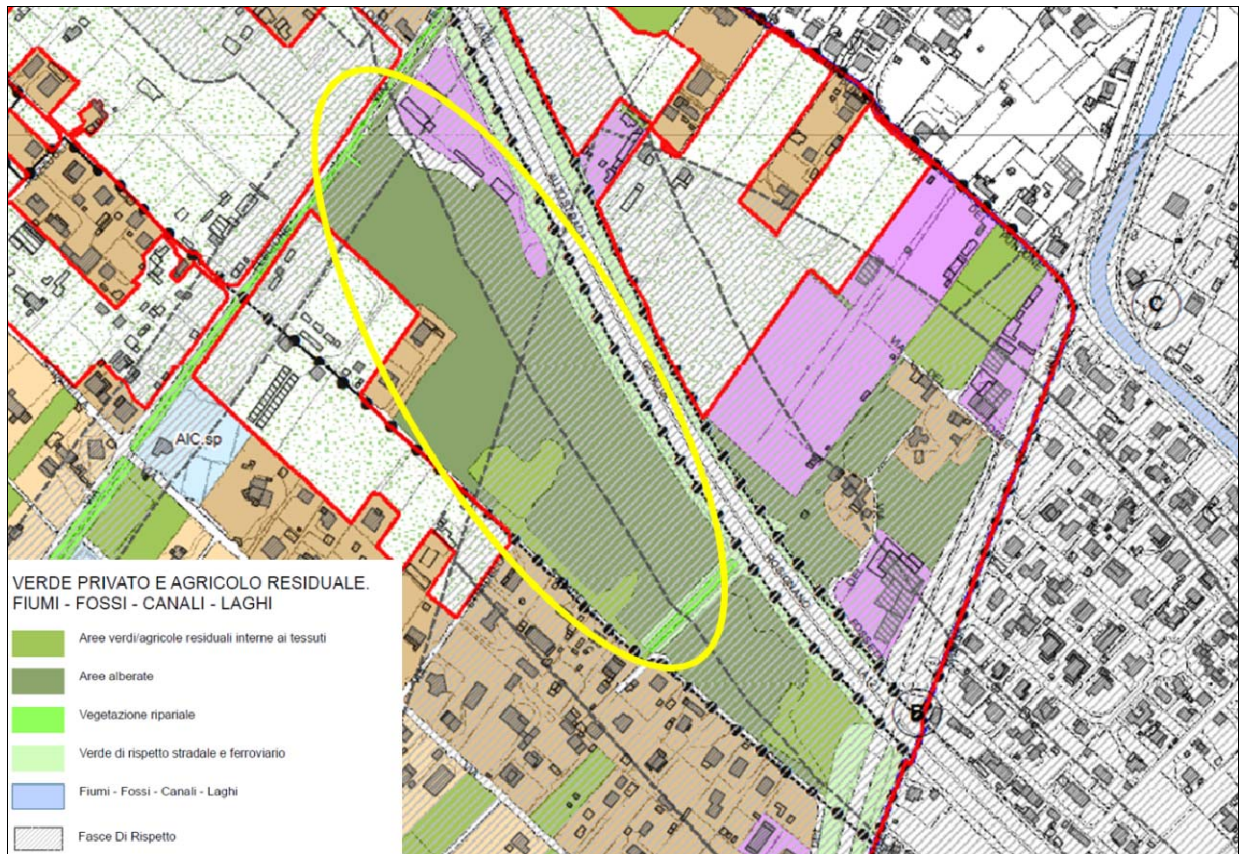


Figura 11-1 – Estratto elaborato QP 1.9 - Disciplina degli insediamenti del RU comunale di Massa.

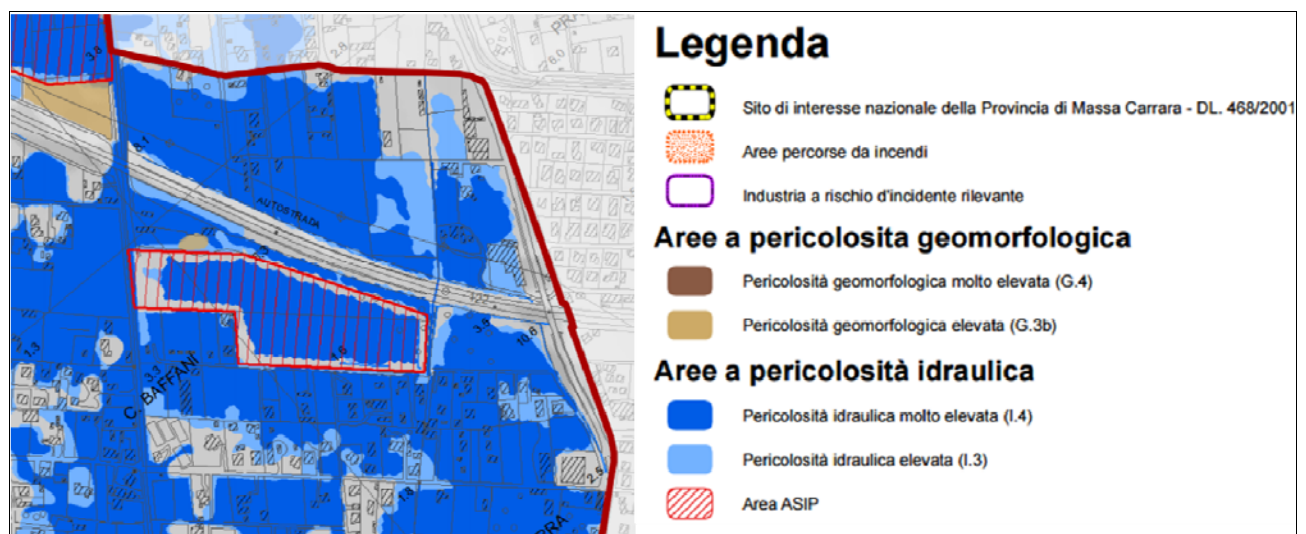


Figura 11-2 – Particolare elaborato di sintesi della pericolosità idrogeologica e dei rischi ambientali (Tavola A22.b PS)



Figura 11-3 – Planimetria degli interventi 1° lotto funzionale su ortofoto.

Ai sensi del comma 7 dell'art. 44 della L.R. 79/2012 l'approvazione del progetto in sede di conferenza di servizi di un'opera pubblica finalizzata alla riduzione del rischio idraulico e idrogeologico prevista nel documento annuale per la difesa del suolo costituisce variante agli stessi e apposizione del vincolo preordinato all'esproprio, secondo le procedure esplicitate nello stesso articolo.

12. INSERIMENTO PAESAGGISTICO

Il progetto non prevede modifiche dell'assetto attuale del territorio, non essendo previste modifiche al perimetro esterno dell'attuale cassa di espansione.

L'intervento modificherà la morfologia attuale del terreno soltanto per quanto riguarda l'area interna della cassa di espansione in quanto il sopralzo delle arginature sarà realizzato lato interno cassa.

Il progetto non prevede modifiche dell'assetto attuale del territorio, in quanto non contempla né la suddivisione né la riduzione o frammentazione delle aree agricole e boscate, in quanto gli interventi mantengono la suddivisione delle aree attuali.

L'intervento comporterà modifiche marginali dello *skyline* attuale, in quanto porterà ad una diminuzione degli esemplari boschivi presenti all'interno della cassa di espansione senza però eliminarli del tutto, in seguito al taglio selettivo di esemplari arborei pericolanti, malati o deperienti o di specie esotiche piuttosto che autoctone.

La vegetazione presente nella zona in oggetto verrà ridotta quanto necessario a garantire la funzionalità idraulica dell'opera, senza però essere del tutto eliminata così da mantenere la sua presenza e il suo relativo impatto visivo.

La testa dell' argine di progetto sarà sopraelevata alla quota di 5.25 m s.l.m. contro gli attuali 3.10 m s.l.m., con un incremento di altezza di circa 2.15 m.

Sull'orizzonte sono presenti i bordi dell'intorno urbano e del tratto autostradale. Dal Lato Nord il nuovo rilevato arginale della cassa rimarrà schermato dalla vegetazione verso il rilevato autostradale, mentre dal lato Sud, lungo via Zanetta, il nuovo rilevato arginale della cassa non è schermato rispetto le abitazioni confinanti alla viabilità.

Per valutare l'impatto visivo sono realizzati foto-inserimenti delle opere di progetto che verranno realizzate.

Nella Figura 12-1 e nella Figura 12-2 si riporta un confronto tra lo stato ante e post operam del nuovo argine che sorgerà frontalmente all'abitato esistente nella zona Sud-Est della cassa d'espansione lungo via Zanetta, mentre nella Figura 12-3 e nella Figura 12-4 è rappresentato il confronto ante e post operam dell'adeguamento dell'arginatura ubicata sul lato Ovest in prossimità dell'abitazione ivi presente.

Preme sottolineare che tali opere alterano l'assetto panoramico dell'area in misura minima inserendosi nell'attuale contesto paesaggistico.

La presenza dei manufatti idraulici è un elemento originario dell'attuale paesaggio, pertanto gli interventi di progetto non risultano estranei ed incongrui ai caratteri peculiari compositivi, percettivi o simbolici attuali.

L'utilizzo di materiali e tipologie costruttive analoghe a quelle di opere già realizzate sul reticolo idraulico esistente permetterà di ridurre l'alterazione dei caratteri cromatici rispetto allo stato attuale, in quanto gli argini saranno completamente inerbiti.

In conclusione, gli interventi non modificheranno sostanzialmente lo stato attuale dei luoghi, non modificheranno la percezione del contesto paesaggistico circostante, e, contribuendo alla messa in sicurezza idraulica dell'area, avranno un fondamentale impatto positivo sulla componente ambientale e sociale.



Figura 12-1 - Arginatura nella zona Sud – Est della cassa d'espansione.



Figura 12-2 - Simulazione della vista della nuova arginatura nella zona Sud – Est dell'intervento.



Figura 12-3 – Arginatura lato Ovest della cassa d'espansione.



Figura 12-4 – Simulazione della vista della nuova arginatura lato Ovest della cassa.

A. APPENDICE

Documentazione fotografica

Adeguamento e potenziamento della cassa di espansione esistente sul torrente Canalmagro a valle della A12 (MS)
Progetto definitivo – I lotto funzionale



Figura A-1 – Opera di presa vista da monte (Foto 1).



Figura A-2 – Torrente Canalmagro visto dall'opera di presa verso monte (Foto 2).



Figura A-3 – Arginatura lato Nord vista dalla sez. 2_2 (Foto 3).



Figura A-4 - Arginatura lato Nord vista dalla sez. 2_5 verso torrente Canalmagro (Foto 4).



Figura A-5 – Arginatura lato Nord vista dalla sez. 2_5 (Foto 5).



Figura A-6 – Arginatura lato Nord vista dalla sez. 2_7 (Foto 6).



Figura A-7 – Arginatura lato Nord vista dalla sez. 2_14 verso torrente Canalmagro (Foto 7).



Figura A-8 – Arginatura lato Nord vista dalla sez. 2_14 verso fosso del Sale (Foto 8).



Figura A-9 – Curva arginatura lato Nord-Est vista dal fosso del Sale (Foto 9).



Figura A-10 – Arginatura lato Est vista dalla sez. 2_23 (Foto 10).



Figura A-11 – Arginatura lato Est vista dall'opera di scarico verso autostrada (Foto 11).



Figura A-12 – Interno opera di scarico (Foto 12).



Figura A-13 – Condotta di scarico nel fosso del Sale (Foto 13).



Figura A-14 – Fosso del Sale a monte dello scarico della cassa (Foto 14).



Figura A-15 – Fosso del Sale a valle dello scarico della cassa (Foto 15).



Figura A-16 – Arginatura lato Sud vista dalla sez. 2_28 verso torrente Canalmagro (Foto 16).



Figura A-17 – Arginatura lato Sud vista dalla sez. 2_33 verso fosso del Sale (Foto 17).



Figura A-18 – Arginatura lato Sud vista dalla sez. 2_38 verso fosso del Sale (Foto 18).



Figura A-19 – Arginatura lato Sud vista dalla sez. 2_38 verso torrente Canalmagro (Foto 19).



Figura A-20 – Arginatura lato Ovest vista dalla sez. 2_40 verso autostrada (Foto 20).



Figura A-21 – Arginatura lato Ovest vista dalla sez. 2_45 verso via Stradella (Foto 21).



Figura A-22 – Particolare curva arginatura lato Ovest vista dalla sez. 2_45 (Foto 22).



Figura A-23 – Arginatura lato Ovest vista dalla sez. 2_46 verso torrente Canalmagro (Foto 23).



Figura A-24 – Arginatura lato Ovest vista dalla sez. 2_49 verso fosso del Sale (Foto 24).



Figura A-25 – Arginatura lato Ovest vista dal torrente Canalmagro (Foto 25).



Figura A-26 – Arginatura torrente Canalmagro verso opera di presa (Foto 26).



Figura A-27 – Torrente Canalmagro visto dall'opera di presa verso valle (Foto 27).



Figura A-28 – Torrente Canalmagro visto dall'opera di presa verso monte (Foto 28).



Figura A-29 – Canale di alimentazione della cassa (Foto 29).



Figura A-30 – Particolare dei due pistoni idraulici che regolano l'apertura della paratoia oleodinamica.

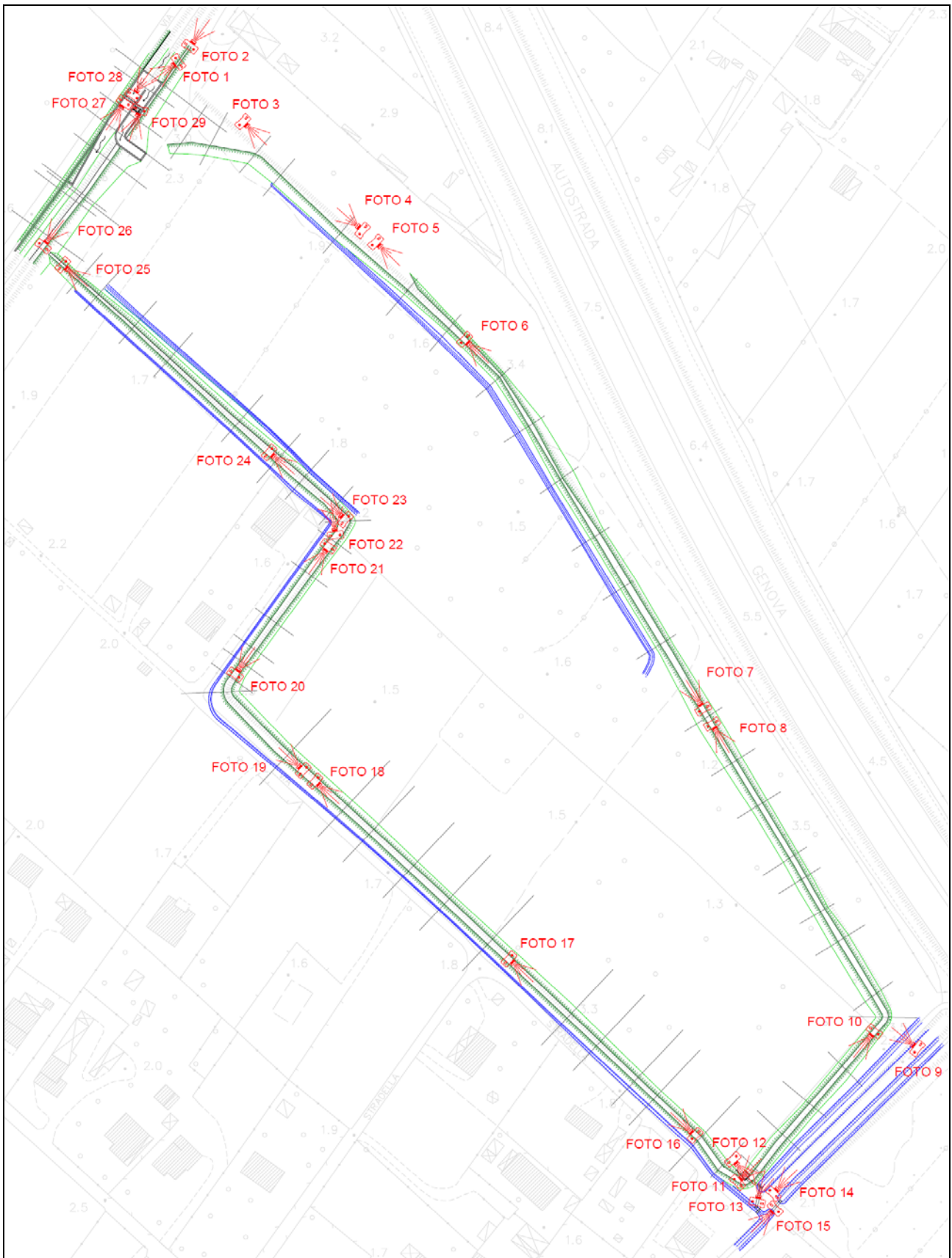


Figura A-31 – Planimetria punti di presa fotografica.