

**RELAZIONE SULL'ANALISI E VERIFICA STRUTTURALE DEI
MANUFATTI ESISTENTI DEL TORRENTE CARRIONE A CARRARA
- TRATTO 13 -**

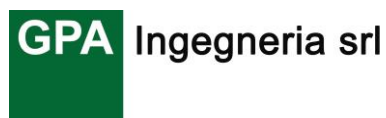
Progetto: Studio di Fattibilità
Commessa: C15003
Cliente: REGIONE TOSCANA - Direzione Difesa del Suolo e Protezione Civile
Oggetto: Analisi Strutturale dei Manufatti di Contenimento Laterali e Trasversali del torrente "Carrione". Valutazione dello Stato Attuale e Proposte di Intervento.
N. Elaborato: 02.RG.04.13

PROGETTISTA RESPONSABILE

Dott. Ing. Giovanni Cardinale

GRUPPO DI LAVORO

Strutture: Ing. Maria Letizia Pecora



**AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE
PER LA QUALITÀ CERTIFICATO DA DNV
= UNI EN ISO 9001:2008 =**

2	Emissione	M.L.P.	G.C.	G.C.	22.04.2016
1	Emissione	M.L.P.	G.C.	G.C.	10.03.2016
0	Emissione	M.L.P.	G.C.	G.C.	29.01.2016
REV	DESCRIZIONE	Eseguito	Controllato	Approvato	DATA



Sommario

1	Premessa	3
2	Scopo	3
3	Quadro Conoscitivo Tratto 13	3
3.1	Descrizione Sintetica Opere Spondali	3
3.2	Nota sugli Interventi eseguiti e/o in esecuzione	4
3.3	Osservazioni Preliminari	6
4	Analisi e Verifica Strutturale preliminare delle opere arginali	8
4.1	Progetto relativo alla Pratica Sismica N. 292/2010 e Variante di luglio 2014	9
4.2	Progetto relativo alla Pratica Sismica 227/2010 e Variante di gennaio 2014	12
4.3	Progetto relativo alla Pratica Sismica 44/2010 e varianti del 20/12/2012 e 14/07/2014	14
5	Conclusioni	18

1 Premessa

Le analisi che seguono si inquadrano nel carattere di “Studio di Fattibilità” di cui all’incarico ricevuto.

2 Scopo

Dare una valutazione in merito al margine di sicurezza dei manufatti arginali in destra e sinistra idrografica del torrente Carrione nel Comune di Carrara (MS) – Tratto 13.

3 Quadro Conoscitivo Tratto 13

TRATTO = 13

LOCALIZZAZIONE = dal ponte di via Apuana al ponte di via del Cavatore

LUNGHEZZA TRATTO = 1020 m

3.1 Descrizione Sintetica Opere Spondali

Di seguito viene riportata una descrizione sintetica delle opere spondali presenti in destra e sinistra idraulica del Tratto 13. L'elenco delle tipologie spondali viene fatto a partire da valle fino ad arrivare a monte del tratto in questione. Il tratto 13 del torrente attraversa il centro storico di Carrara dove le difese spondali spesso coincidono con gli edifici esistenti o con vecchi muri in pietrame; in molti casi l'alternanza delle tipologie spondali è molto eterogenea e non chiaramente distinguibile.

Destra Idraulica

- “Fabbricato Argine” e Cordolo Berlinese alla base del muro (Riferimento Pratica Sismica N. 44/2010 I° variante 20/12/2012);
- Berlinese rivestita e Cordolo Berlinese alla base del muro (Riferimento Pratica Sismica N. 44/2010 I° variante 20/12/2012);
- Muro in pietra esistente con sopralzo in c.a. e Cordolo Berlinese alla base del muro (Riferimento Pratica Sismica N. 44/2010 I° variante 20/12/2012);

- “Fabbricati Argine” e Cordolo Berlinese alla base del muro (Riferimento Pratica Sismica N. 44/2010 I° variante 20/12/2012);
- “Fabbricati Argine” alternati a Muri in pietrame esistenti con sopralzi realizzati in epoche diverse e Berlinese in fase di costruzione (Riferimento Pratica Sismica N. 292/2010 - variante luglio 2014);
- “Fabbricati Argine” alternati a Muri in pietrame esistenti.

Sinistra Idraulica

- “Fabbricati Argine” alternati a Muri in pietrame esistenti e Cordolo Berlinese alla base del muro (Riferimento Pratica Sismica N. 44/2010 I° variante 20/12/2012);
- “Fabbricati Argine” alternati a Muri in pietrame esistenti con sopralzi realizzati in epoche diverse e Berlinese in fase di costruzione (Riferimento Pratica Sismica N. 292/2010 - variante luglio 2014);
- “Fabbricati Argine” alternati a Muri in pietrame esistenti.

3.2 Nota sugli Interventi eseguiti e/o in esecuzione

Di seguito viene riportata una descrizione sintetica degli interventi eseguiti e/o in esecuzione in riferimento alle opere spondali presenti in destra e sinistra idraulica del Tratto 13.

PRATICHE SISIMICHE

N. 292/2010 e variante di luglio 2014

Lavori di adeguamento delle sezioni idrauliche del ponte della Bugia e tratti di circa 30 m lungo l'alveo a monte a valle del manufatto. La progettazione consiste in:

- Intervento di abbassamento del piano di posa delle spalle esistenti del Ponte della Bugia;
- Consolidamento delle sponde del tratto sopra individuato;
- Rivestimento della faccia esterna delle berlinesi con spritz beton e rete elettrosaldata fissata all'armatura dei micropali.

Gli interventi sulle sponde dell'alveo a valle e a monte del Ponte della Bugia prevedono la realizzazione di berlinesi costituite da micropali e tiranti.

Lavori di risagomazione del torrente Carrione nel centro storico di Carrara (Lotto monti) tra le sezioni 117.4 e 125 mediante la realizzazione di berlinesi e muri d'argine come contemplato nella P.S. N. 44/2010. La variante di luglio 2014 alla P.S. N. 292/2010 consiste in:

- Abbassamento della quota di scorrimento dell'alveo del torrente di circa 1.5 m al fine di garantire un'adeguata sezione idraulica dello stesso in corrispondenza del ponte della Bugia;
- Eliminazione del previsto muro a mensola tra le sezioni 123.1 e 124 di via Vezzala;
- Realizzazione di consolidamento delle sponde mediante berlinese di micropali;
- Rivestimento faccia esterna berlinesi con spritz beton e rete elettrosaldata.

N. 227/2010 e variante di gennaio 2014

Progetto di adeguamento idraulico T.Carrione ramo di Torano Muri Opere idrauliche in c.a. e ponte stradale in via Carriona a Carrara.

I lavori di adeguamento idraulico nel tratto terminale Carrione di Torano sono finalizzati all'allargamento delle sezioni dell'alveo per adeguarle alle sezioni idrauliche necessarie per il deflusso della piena due centennale mantenendo pressoché invariate le quote di fondo alveo. Tali allargamenti sono ottenuti mediante la realizzazione di muri di sostegno in c.a. del tipo a mensola, di canna scatolare in c.a. con impalcato carrabile in struttura prefabbricata in c.a.p. e, limitatamente agli interventi da eseguire in prossimità degli edifici esistenti, con berlinesi a cavalletto e muro in c.a. a mensola con lo scopo di reintegrare i rivestimenti in cls dei pali dopo lo scavo e incrementare la resistenza dell'opera di sostegno dei terreni.

La variante riguarda:

- la nuova canna in c.a. con copertura carrabile nel tratto terminale Torano (l'impalcato carrabile non è più con struttura prefabbricata in c.a.p. ma con soletta piena nervata in c.a. e la canna scatolare in c.a. presenta caratteristiche strutturali diverse);
- in riva sinistra tra la sezione 6 bis e la sezione 6.2 (rif. Tavole di progetto) il muro a mensola in c.a. viene sostituito con un muro di sostegno di micropali infissi nel terreno.

N. 44/2010 e variante del 20/12/2012 e del 14/07/2014

Risagomazione alveo torrente Carrione - lotto valle

- Esecutivo Berlinesi e fasi lavorative sez 108.2
- Sezioni a monte di via Apuana dettagli costruttivi

Rif. Tratto 12.

Pratica Sismica	Descrizione	Committente	FL	Collaudo	N.Omologazione
P.S. 227/2010	Progetto di adeguamento idraulico T.Carrione ramo di Torano Muri Opere idrauliche in c.a. e ponte stradale	Comune di Carrara	24/01/12	19/03/12	
+ variante					
P.S. 292/2010	Progetto di risagomazione alveo T.Carrione nel centro storico di Carrara - Lotto Monte	Comune di Carrara			
+ variante					

3.3 Osservazioni Preliminari

Il tratto 13 interessa il centro di Carrara.

Nel tratto sono presenti arginature continue in muratura su entrambe le sponde, con presenza di discontinuità di tipologie costruttive e materiali, realizzati in epoche diverse. La presenza di "Fabbricati Argine" alternati a Muri in pietrame esistenti è spesso legata a criticità riscontrabili in termini di stabilità, resistenza, infiltrazione e tenuta alle portate del torrente. L'intero tratto è caratterizzato da cantieri in corso d'opera.

Criticità riscontrate da valle verso monte:

- Presenza di erosione in vari tratti dei vecchi muri d'argine, dove si sta intervenendo con rinforzi localizzati di fondazione con posa di micropali e tiranti. Si evidenzia lo scalzamento del cordolo di fondazione e messa in luce dei micropali. Il fenomeno è diffuso su buona parte del tratto.
- Criticità dovute alla presenza del cantiere in corso; in tal caso si riscontra che per l'accesso all'alveo erano state create aperture nei muri d'argine e che prima dell'evento alluvionale del novembre 2014 non erano state previste o attuate misure di sicurezza tali da non aumentare il rischio nelle aree interessate dai lavori. Solo successivamente all'evento meteorologico che ha provocato l'esondazione, sono stati posizionati geoblocchi a protezione delle aperture.
- Presenza in alveo di teste di micropali sia in destra che in sinistra, di recente realizzazione, assenza di cordolo di completamento, ad esclusione di un breve tratto in destra idrografica di circa 50 m.
- Erosioni localizzate del calcestruzzo a protezione della scogliera in pietrame sottostante.
- Presenza di varco aperto in destra idraulica monte del fabbricato Forti e a valle del Ponte della Bugia.

INTERVENTI DI SOMMA URGENZA (C. = chiuso; A. = aperto)

N. 10 - S.U.C.

Zona: via colonnata 17

Tipo Intervento: Tamponamento muro sponda sx

Ente: Provincia MS

N. 21 - S.U.C.

Zona: Ramo Torano

Tipo Intervento: Realizzazione briglia - sistemazione alveo - fondazione muro sx scalzato

Ente: Comune Carrara

N. 19 - S.U.C.

Zona: Innesto T. Torano sez. 117

Tipo Intervento: Rimozione deposito detritico - protezione spondale

Ente: Comune Carrara



N. 22 - S.U.A.

Zona: via Carriona lato monte

Tipo Intervento: Ripristino attraversamento via Carriona ostruita - difesa dx idraulica

Ente: Comune Carrara

4 Analisi e Verifica Strutturale preliminare delle opere arginali

Nel tratto 13 non sono previste indagini conoscitive sulle strutture delle difese spondali poichè il tratto è interessato per buona parte da lavori attualmente in corso che prevedono interventi di risagomazione e adeguamento delle sezioni idrauliche del torrente; in aggiunta essendo il tratto interessato da fabbricati privati di epoche passate con funzione di argine, si ritiene di non dover intervenire con indagini e sondaggi su tali opere per salvaguardare la stabilità.

Torrente Carrione - TRATTO 13 - dal Ponte di via Apuana al Ponte di via del Cavatore (Centro Storico Monte)

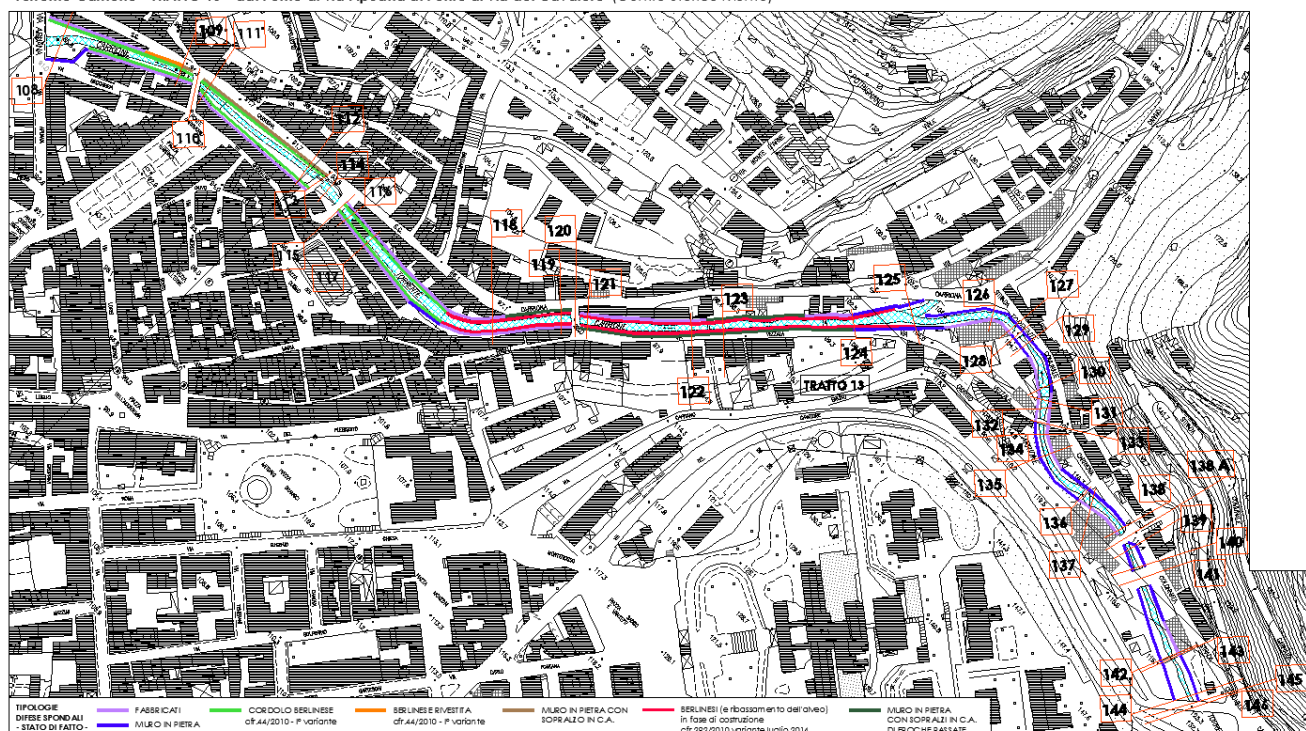


Fig. 1 – Inquadramento tratto 13

Per le specifiche delle opere in costruzione si rimanda ai documenti progettuali depositati.

4.1 Progetto relativo alla Pratica Sismica N. 292/2010 e Variante di luglio 2014

1) Lavori di adeguamento delle sezioni idrauliche del ponte della Bugia e tratti di circa 30 m lungo l'alveo a monte a valle del manufatto. La progettazione consiste in:

- Intervento di abbassamento del piano di posa delle spalle esistenti del Ponte della Bugia;
- Consolidamento delle sponde del tratto sopra individuato;
- Rivestimento della faccia esterna delle berlinesi con spritz beton e rete elettrosaldata fissata all'armatura dei micropali.

Gli interventi sulle sponde dell'alveo a valle e a monte del Ponte della Bugia prevedono la realizzazione di berlinesi costituite da micropali e tiranti.

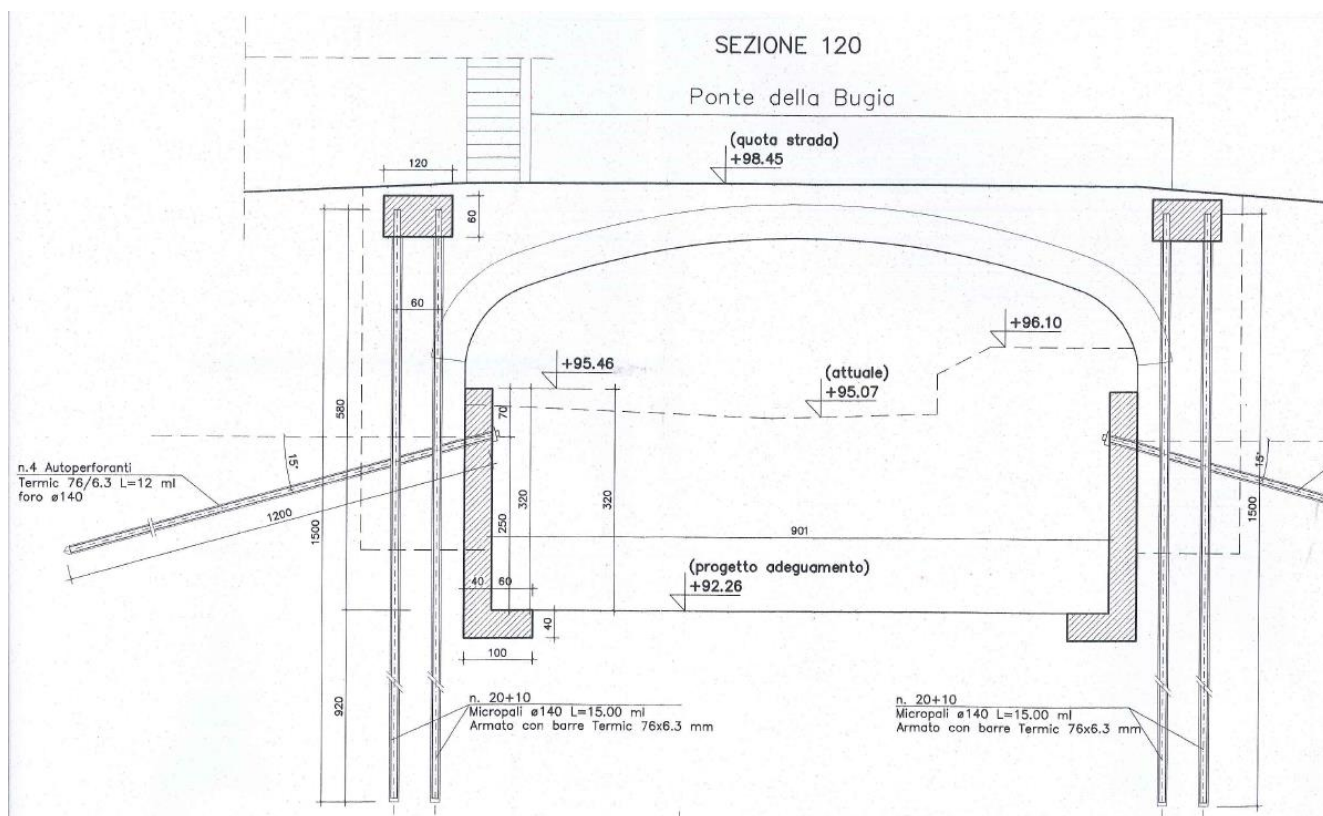


Fig. 2 – Ponte della Bugia tipologie di intervento – Estratto Pratica Sismica N. 292/2010 – variante 2014

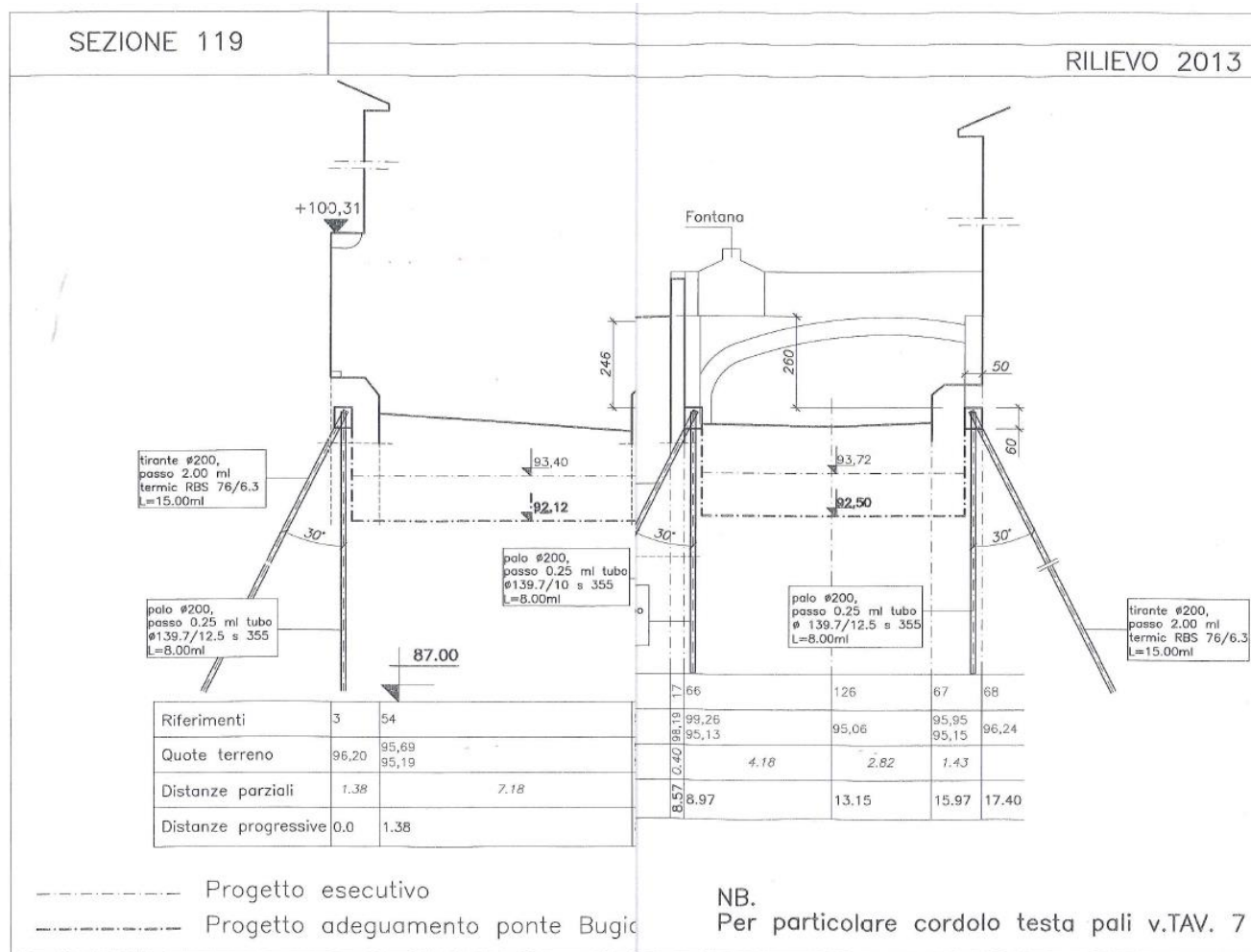


Fig. 3 – Ponte della Bugia Sezioni tipologiche di progetto – Estratto Pratica Sismica N. 292/2010 – variante 2014

- 2) Lavori di risagomazione del torrente Carrione nel centro storico di Carrara (Lotto monti) tra le sezioni 117.4 e 125 mediante la realizzazione di berlinesi e muri d'argine come contemplato nella P.S. N. 44/2010. La variante di luglio 2014 alla P.S. N. 292/2010 consiste in:
- Abbassamento della quota di scorrimento dell'alveo del torrente di circa 1.5 m al fine di garantire un'adeguata sezione idraulica dello stesso in corrispondenza del ponte della Bugia;
 - Eliminazione del previsto muro a mensola tra le sezione 123.1 e 124 di via Vezzala;
 - Realizzazione di consolidamento delle sponde mediante berlinese di micropali;
 - Rivestimento faccia esterna berlinesi con spritz beton e rete elettrosaldata.

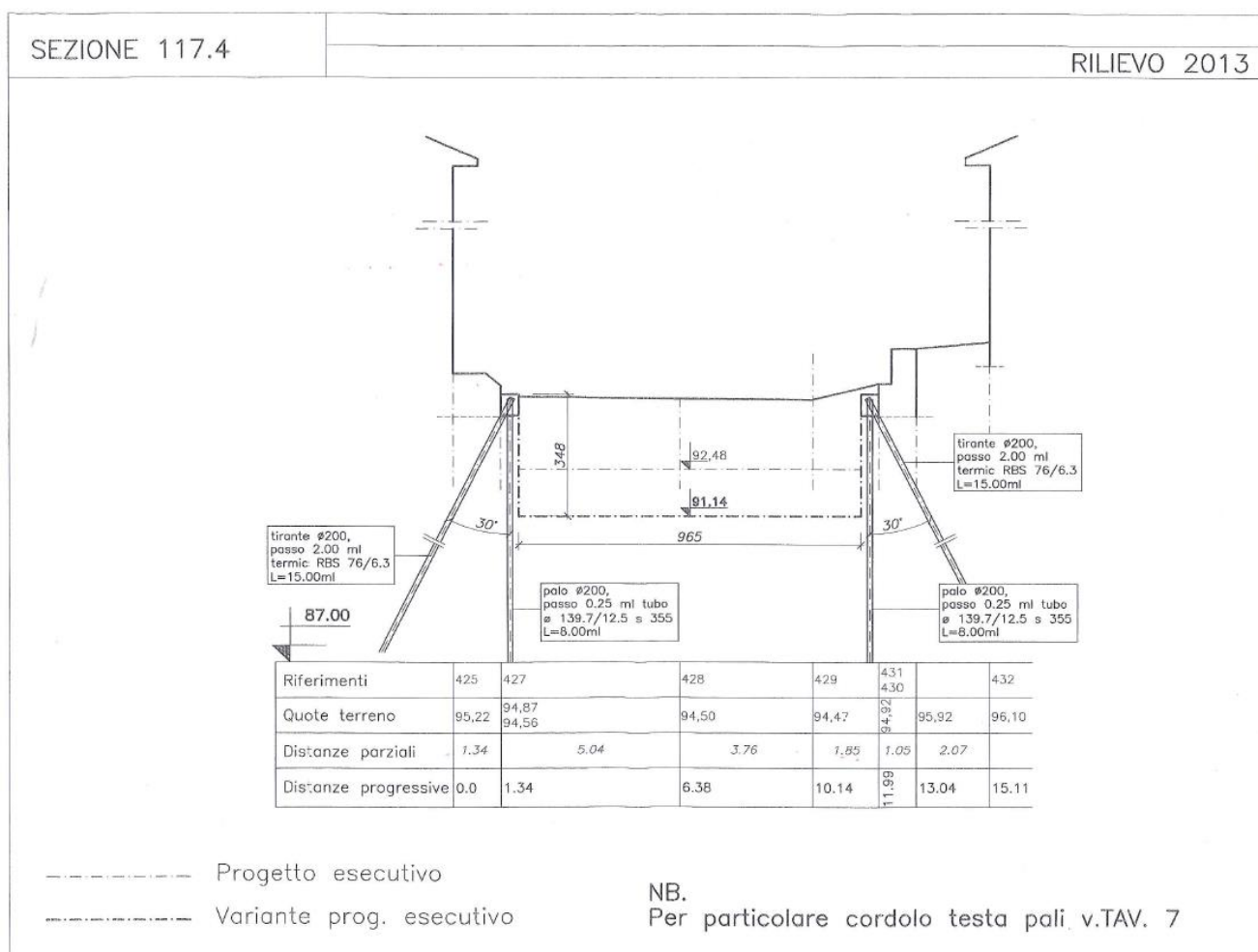


Fig. 4 – Sezione tipologiche di progetto (Berlinesi) – Estratto Pratica Sismica N. 292/2010 – variante 2014

4.2 Progetto relativo alla Pratica Sismica 227/2010 e Variante di gennaio 2014

Progetto di adeguamento idraulico T.Carrione ramo di Torano Muri Opere idrauliche in c.a. e ponte stradale in via Carriona a Carrara.

I lavori di adeguamento idraulico nel tratto terminale Carrione di Torano sono finalizzati all'allargamento delle sezioni dell'alveo per adeguarle alle sezioni idrauliche necessarie per il deflusso della piena due centennale mantenendo pressoché invariate le quote di fondo alveo. Tali allargamenti sono ottenuti mediante la realizzazione di muri di sostegno in c.a. del tipo a mensola, di canna scatolare in c.a. con impalcato carrabile in struttura prefabbricata in c.a.p. e, limitatamente agli interventi da eseguire in prossimità degli edifici esistenti, con berlinesi a cavalletto e muro in c.a. a mensola con lo scopo di reintegrare i rivestimenti in cls dei pali dopo lo scavo e incrementare la resistenza dell'opera di sostegno dei terreni.

La variante riguarda:

- la nuova canna in c.a. con copertura carrabile nel tratto terminale Torano (l'impalcato carrabile non è più con struttura prefabbricata in c.a.p. ma con soletta piena nervata in c.a. e la canna scatolare in c.a. presenta caratteristiche strutturali diverse);
- in riva sinistra tra la sezione 6 bis e la sezione 6.2 (rif. Tavole di progetto) il muro a mensola in c.a. viene sostituito con un muro di sostegno di micropali infissi nel terreno.

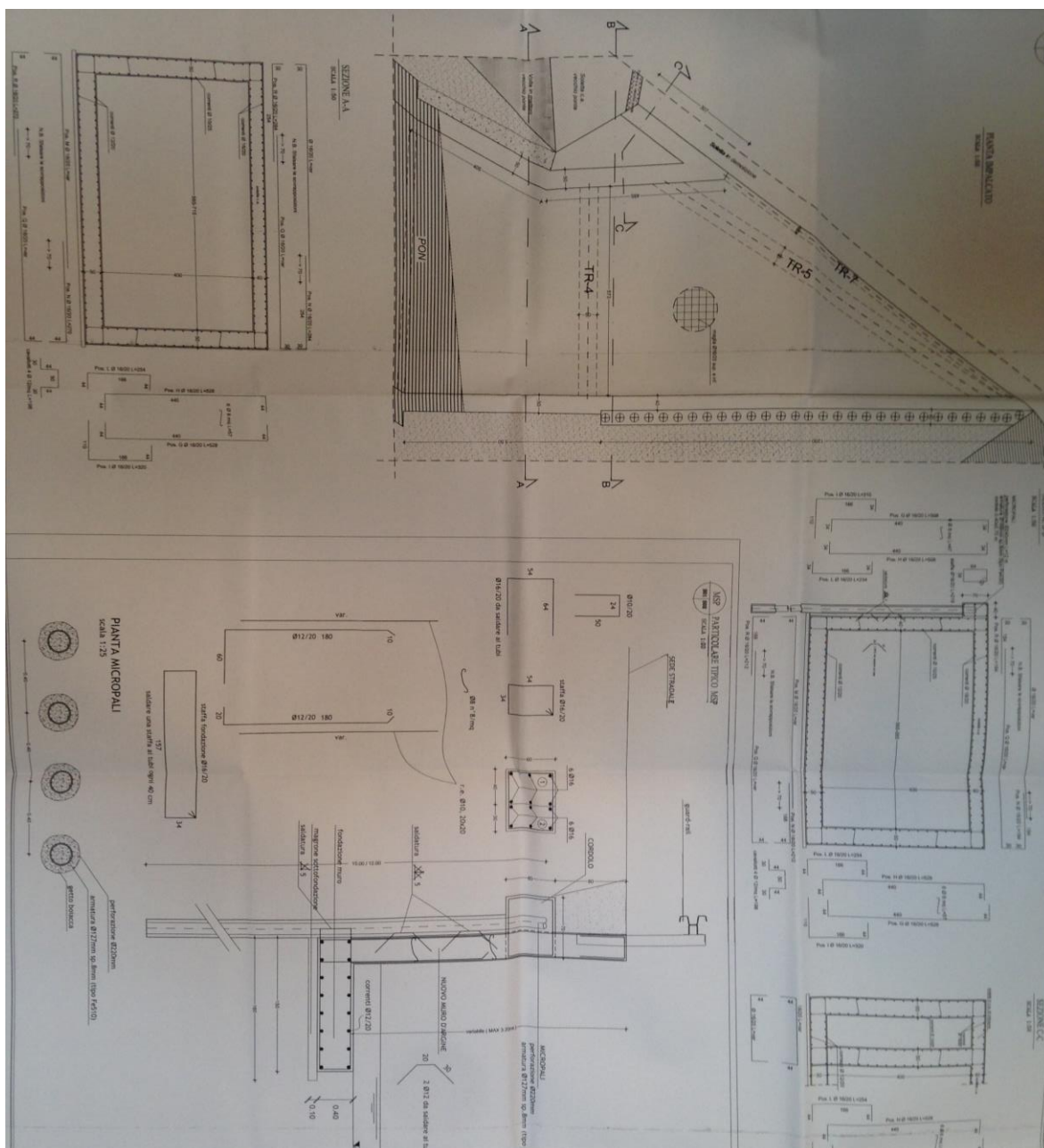


Fig. 5 – Estratto Pratica Sismica N. 227/2010 – variante 2014

4.3 Progetto relativo alla Pratica Sismica 44/2010 e varianti del 20/12/2012 e 14/07/2014

Risagomazione alveo torrente Carrione – lotto valle – Rif. pratica sismica N. 44/2010 e variante del 20/12/2012 e del 14/07/2014:

- Esecutivo Berlinesi e fasi lavorative sez 108.2
- Sezioni a monte di via Apuana dettagli costruttivi

L'intervento principale consta nell'abbassamento del piano di fondo dell'alveo attraverso berlinesi (a cavalletto) da cui risulta contrastata e vincolata agli spostamenti orizzontali dei cordoli di sommità con pali a compressione e a trazione sia verticali che inclinati. Ove possibile sono previsti in alternativa ai pali inclinati i tiranti in roccia e pali verticali.

Oltre la berlinese a cavalletto è prevista la realizzazione di un muro e relativa fondazione a scarpa in c.a. con il duplice scopo di reintegrare i rivestimenti in cls dei pali dopo lo scavo ed incrementare la resistenza dell'opera di sostegno dei terreni. Il progetto prevede anche il recupero e la sistemazione degli argini mediante le seguenti tipologie di intervento:

- MF: Muri e fioretti;
- MR: muri su rostri;
- MP: muri su pali;
- MS: Muri di sostegno.

La tipologia MF produce un innalzamento dell'argine esistente con rialzi in c.a. inghisati sulla testa dell'argine stesso: nei casi di altezza maggiore, è prevista anche la realizzazione di un setto in c.a. affiancato all'argine esistente ed adeguatamente fondato, al quale vengono collegati i suddetti rialzi.

L'intervento MR produce un innalzamento dell'argine esistente realizzando setti in c.a. con fondazione su pali ("rostri").

La tipologia MP prevede la realizzazione di setti in c.a. che si elevano dalla base del nuovo alveo: in taluni casi detto alveo prevede anche la parziale o tale demolizione dell'argine esistente.

L'intervento MS prevede la realizzazione di un muro di sostegno in c.a. del tipo a mensola in aree dove è previsto l'allargamento dell'alveo del torrente.

Con la prima variante del 20/12/2012 è stata revisionata la soluzione tecnica originale della berlinese abbandonando l'impiego diffuso di tiranti attivi (che avrebbero potuto indurre sforzi indesiderati nelle murature dei fabbricati prospicienti l'alveo) sostituendoli con tiranti passivi.

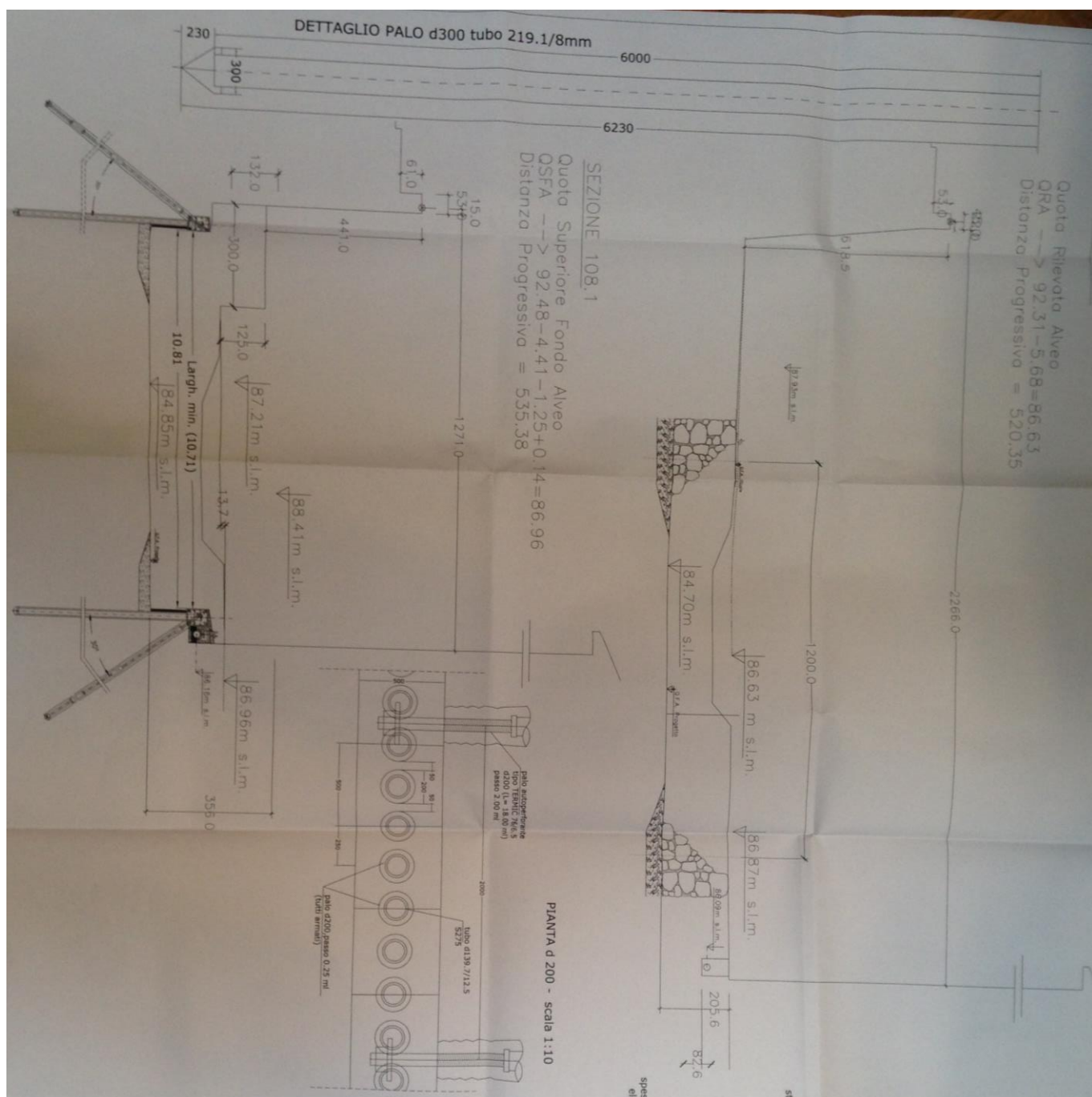


Fig. 6 – Sezioni a monte di via Apuana – Estratto Pratica Sismica N. 44/2010 + varianti

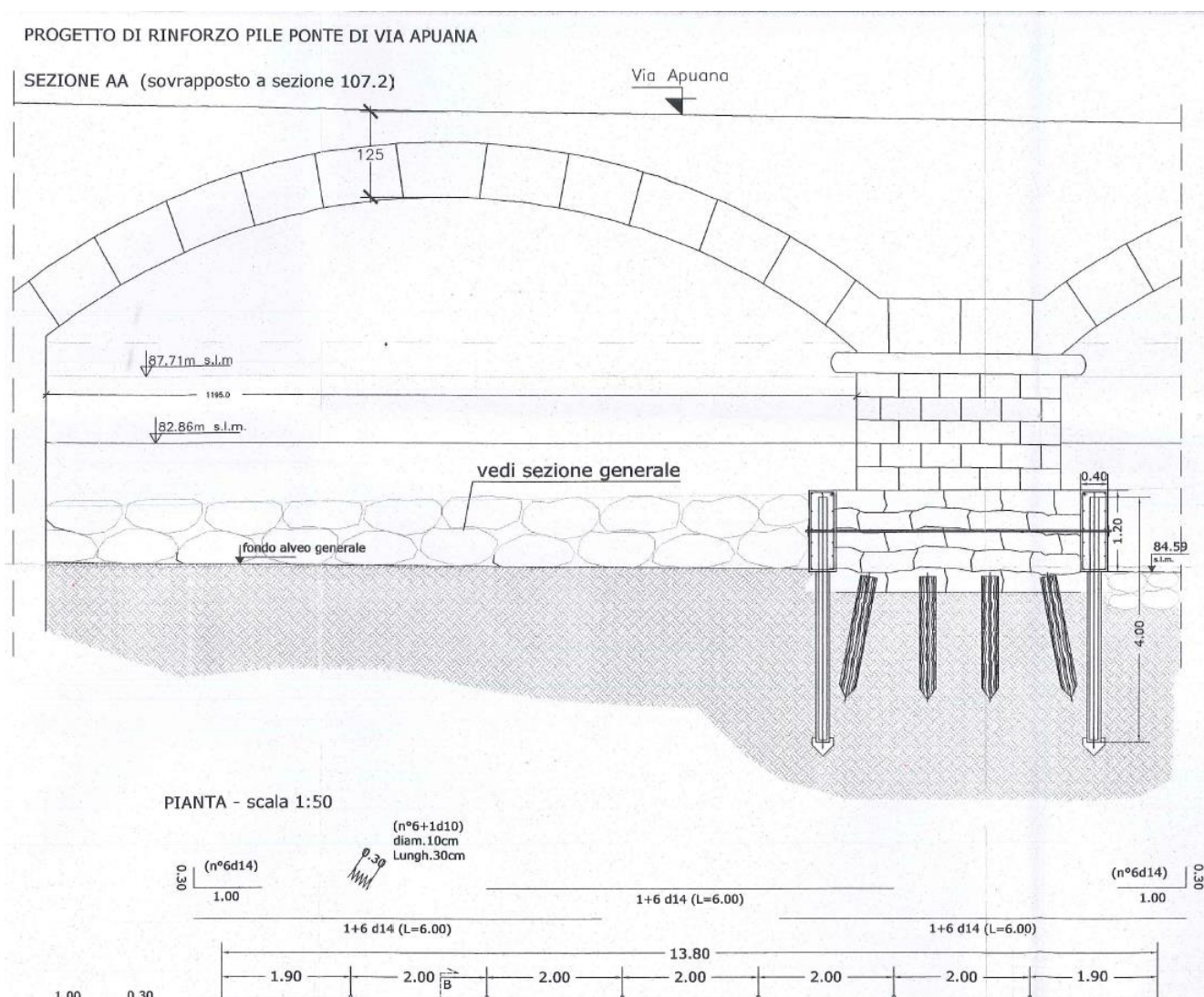


Fig. 7 – Consolidamento Pila e Spalle Ponte via Apuana – Estratto Pratica Sismica N. 44/2010 + varianti

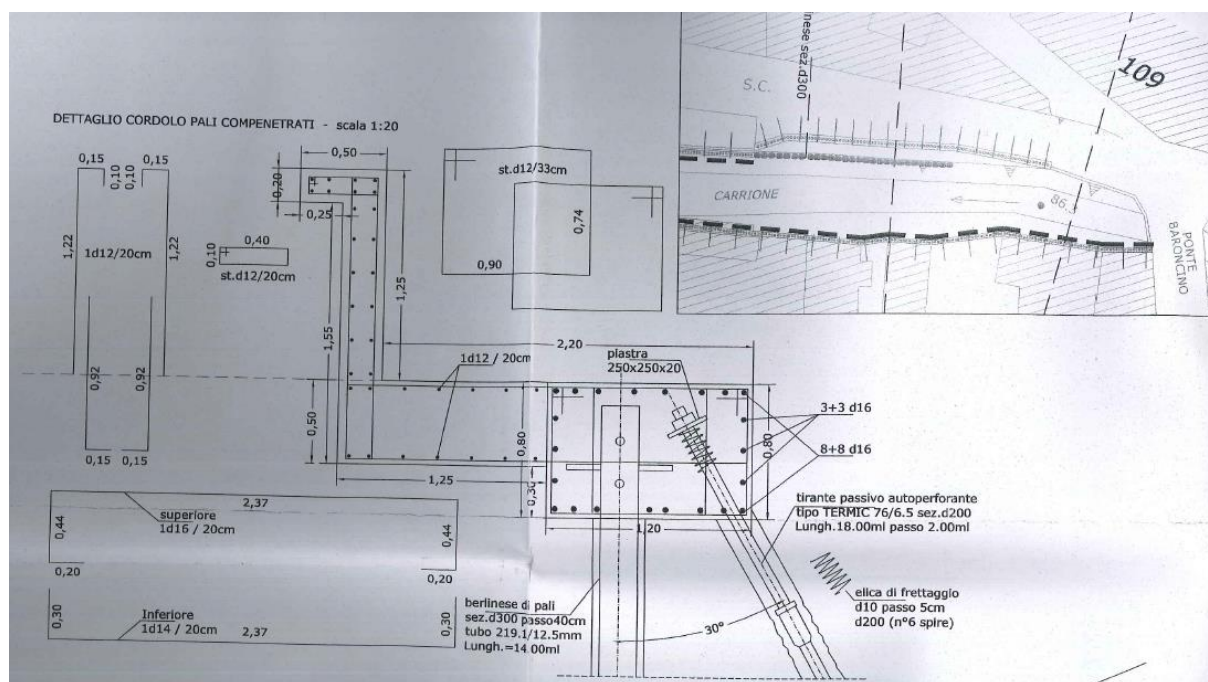
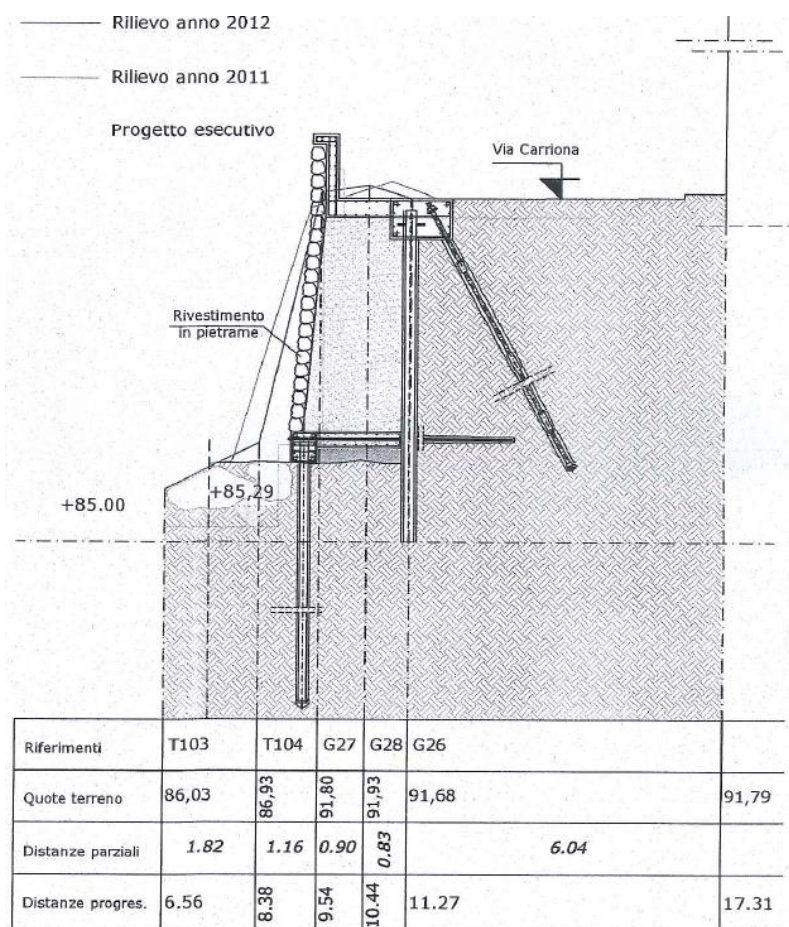


Fig. 8 – Esecutivo berlinesi sez. 108.2 – Estratto Pratica Sismica N. 44/2010 + varianti

5 Conclusioni

Criticità riscontrate da valle verso monte:

- Presenza di erosione in vari tratti dei vecchi muri d'argine, dove si sta intervenendo con rinforzi localizzati di fondazione con posa di micropali e tiranti. Si evidenzia lo scalzamento del cordolo di fondazione e messa in luce dei micropali. Il fenomeno è diffuso su buona parte del tratto.
- Criticità dovute alla presenza del cantiere in corso; in tal caso si riscontra che per l'accesso all'alveo erano state create aperture nei muri d'argine e che prima dell'evento alluvionale del novembre 2014 non erano state previste o attuate misure di sicurezza tali da non aumentare il rischio nelle aree interessate dai lavori. Solo successivamente all'evento meteorologico che ha provocato l'esondazione, sono stati posizionati geoblocchi a protezione delle aperture.
- Presenza in alveo di teste di micropali sia in destra che in sinistra, di recente realizzazione, assenza di cordolo di completamento, ad esclusione di un breve tratto in destra idrografica di circa 50 m.
- Erosioni localizzate del calcestruzzo a protezione della scogliera in pietrame sottostante.
- A monte del fabbricato Forti e a valle del Ponte della Bugia in destra idraulica è presente un varco parzialmente aperto e parzialmente protetto con geoblocchi che va richiuso con un'opera spondale adeguata.





Interventi previsti:

- *Chiusura del varco aperto in destra idraulica a monte del fabbricato Forti e a valle del Ponte della Bugia mediante realizzazione di nuovo argine (muro o paratia di micropali) tale da avere la quota e le caratteristiche adeguate da un punto di vista idraulico e strutturale.*

Interventi previsti dallo studio idraulico:

- *Allargamento dell'alveo nel tronco compreso fra le sezioni 123 e 124 portando la larghezza della sezione misurata alla sommità dei muri spondali a 11 m. L'allargamento potrà avvenire in sponda destra, a spese di una fascia di territorio attualmente occupata da aree di deposito e in parte da manufatti, alcuni apparentemente dismessi. Tale intervento prevede la realizzazione di una paratia di micropali.*

Costo stimato:

Paratia di micropali

Costo stimato = 350.000 €.