

AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA

Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma

**(PC-E-809) LAVORI DI RIALZO DELL'ARGINE MAESTRO IN DESTRA DEL
 FIUME PO NEL II C.I. DI PIACENZA PER L'ADEGUAMENTO DELLA
 SAGOMA DEFINITIVA PREVISTA DAL PIANO SIMPO NEI COMUNI
 DI CALENDASCO E ROTTOFRENO (PS45 2001-2002)**

**PROGETTO ESECUTIVO
 1° lotto funzionale**

R04 – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

IL RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI:

CAPOGRUPPO MANDATARIA
 PROGETTAZIONE GENERALE – INGEGNERIA IDRAULICA E STRUTTURALE



DIZETA INGEGNERIA
 STUDIO ASSOCIATO
 Via Boscini, 19 - 20133 MILANO Tel. 02-70600125
 server@dizetaingegneria.it Fax 02-70600014

ING. FULVIO BERNABEI
 ING. LAURA GRILLI
 ING. GIANLUIGI SEVINI

MANDANTE
 GEOLOGIA E GEOTECNICA



EN GEO S.r.l.
 ENGINEERING GEOLOGY
 www.engeo.it

GEOL. CARLO CALEFFI
 GEOL. FRANCESCO CERUTTI

MANDANTE
 ASPETTI AMBIENTALI E PAESAGGISTICI

STUDIO PANDAKOVIC

ARCH. ANGELO DAL SASSO

MANDANTE
 ARCHEOLOGIA



GIANO S.n.c.

DOTT. DARIA PASINI

MANDANTE
 TOPOGRAFIA E PIANO PARTICELLARE ESPROPRI

GEOM. MARCO SOZZÈ

PROGETTISTA:
 DOTT. ING. FULVIO BERNABEI

RUP:
 DOTT. ING. MIRELLA VERGNANI

DATA LUGLIO 2019

COMMESSA N° 2018/005 REDATTO GRILLI

CODICE COMMESSA ESARGINIPIACENZA CONTROLLATO GRILLI

NOME FILE APPROVATO BERNABEI

REV.	DATA	DESCRIZIONE MODIFICA	REDATTO	CONTR.	APPR.

INDICE

1	Premesse	2
2	Localizzazione degli interventi	4
3	Aspetti idrologici e idraulici per il dimensionamento della quota di progetto arginale	6
4	Aspetti idrologici e idraulici per il dimensionamento della nuova chiavica Galeotto e del reticolo idrico ad essa afferente	9
4.1	Definizione delle portate di dimensionamento	9
4.1.1	Contributo afferente alla chiavica Riva	11
4.1.2	Contributo di pertinenza dell'insieme delle chiaviche Riva e Tidoncello	12
4.1.3	Contributo afferente alla chiavica Torchione	13
4.1.4	Contributo di pertinenza dell'insieme delle chiaviche Torchione e Gobbi	14
4.1.5	Contributo di pertinenza dell'insieme delle chiaviche Torchione, Gobbi e Galeotto	15
4.1.6	Contributo afferente alla nuova chiavica Galeotto	16
4.2	Dimensionamento delle linee di collegamento	17
4.2.1	Collegamento da Riva a Tidoncello	17
4.2.2	Collegamento da Tidoncello a nuova Galeotto	17
4.2.3	Collegamento da Torchione a Gobbi	17
4.2.4	Collegamento da Gobbi a Galeotto esistente	18
4.2.5	Collegamento da Galeotto esistente a nuova Galeotto	18
4.3	Dimensionamento dell'impianto di sollevamento	18

1 Premesse

La presente relazione illustra il progetto esecutivo del 1° lotto funzionale dei *Lavori di rialzo dell'argine maestro in destra Fiume Po nel II° C.I. di Piacenza per l'adeguamento della sagoma definitiva prevista dal Piano Simpo in Comune di Calendasco e Rottofreno (PS45 2001-2002) - PC-E-809*.

Il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po approvò, con deliberazione n° 9/95, il PS/45 — "Piano Stralcio sulla realizzazione degli interventi necessari al ripristino dell'assetto idraulico, alla eliminazione delle situazioni di dissesto idrogeologico ed alla prevenzione dei rischi idrogeologici, nonché per il ripristino delle aree di esondazione nelle regioni colpite dagli eventi alluvionali del Novembre 1994" e l'annesso programma degli interventi, così come previsto all'articolo 4 comma 5 della Legge n° 22/1995.

Con successivi Atti deliberativi, il Comitato Istituzionale stesso ridefinì il programma degli interventi sulla base delle proposte dell'attuale Agenzia Interregionale per il fiume Po, ravvisando la necessità di integrare i programmi suddetti e modificarne le priorità al fine di tenere conto della reale disponibilità di risorse finanziarie e della necessità di risolvere nuove situazioni di criticità conseguenti agli eventi di piena del fiume Po dell'Ottobre 2000.

Il Comitato d'indirizzo di AIPO, con deliberazione n. 21 del 16/07/2003, preso atto che rispetto all'insieme degli interventi non coperti da finanziamento occorre individuare interventi da finanziare prioritariamente con le risorse allora disponibili, approvò la proposta di modifica al Programma PS/45; con delibera n° 19 del 31/07/2003 l'Autorità di Bacino del fiume Po approvò le integrazioni al Programma per la parte di competenza di AIPO.

L'intervento in oggetto risulta inserito nel Programma degli Interventi PS45 dell'Agenzia Interregionale per il fiume Po di Parma, con la classifica PC 107 e titolo "LAVORI DI RIALZO DELL'ARGINE MAESTRO IN DX. F. PO NEL II C.I. DI PIACENZA PER L'ADEGUAMENTO DELLA SAGOMA DEFINITIVA PREVISTA DAL PIANO SIMPO IN COMUNE DI CALENDASCO E ROTTOFRENO", con finanziamento di € 2.522.880,15.

L'intervento è stato inserito nella programmazione triennale 2017 — 2019 di AIPO con la classifica PC-E-809 e con codice interno PC-2012-008, per un importo complessivo pari a € 2.522.880,15.

Il progetto di fattibilità tecnica ed economica venne presentato a maggio del 2018: successivamente, a seguito di una serie di incontri richiesti (sia ad AIPO che al Consorzio di Bonifica di Piacenza) dal sindaco del comune di Calendasco, vennero rivalutate alcune scelte effettuate nella prima fase di progettazione, con particolare riguardo alla proposta di accorpamento delle chiaviche Torchione, Gobbi e Galeotto e di prevedere la predisposizione di un impianto di sollevamento all'interno di quest'ultimo manufatto.

Le numerose riunioni effettuate hanno portato a delineare una nuova soluzione, finalizzata a massimizzare la sicurezza degli abitati presenti a campagna dell'argine maestro, preservandoli

quanto più possibile dagli allagamenti provocati dalle acque raccolte dal reticolo superficiale quando le piene di Po impongono la chiusura delle paratoie delle chiaviche.

Si sono quindi individuati i vari interventi necessari per accorpate un maggior numero di chiaviche esistenti, definendo altresì le diverse competenze in carico ad AIPO e al Consorzio di Bonifica di Piacenza.

La proposta progettuale qui presentata prevede, in conclusione, di convogliare i contributi oggi afferenti alle chiaviche Riva, Tidoncello di monte, Galeotto, Gobbi e Torchione ad una chiavica di nuova costruzione (denominata Nuova Galeotto), posizionata fra la Tidoncello e la Galeotto esistente: il manufatto in progetto sarà predisposto per l'installazione di sei idrovore in grado di sollevare e smaltire in Po, anche con il fiume in piena, le portate raccolte dal reticolo idraulico di pertinenza di tutte le chiaviche esistenti nel tratto di arginatura in esame, ad eccezione delle sole Boscone e Casati.

Secondo gli accordi presi fra AIPO e il Consorzio di Bonifica di Piacenza, gli interventi di sistemazione del reticolo idrico, nonché la fornitura e l'installazione dell'impianto di sollevamento, saranno a carico del Consorzio, mentre le opere civili della Nuova Galeotto sono state inserite nel progetto definitivo e nel presente progetto esecutivo del 1° lotto funzionale, a fronte di un contributo da parte del Consorzio contrattualizzato con apposita convenzione.

2 Localizzazione degli interventi

Il Fiume Po delimita il confine amministrativo nord della provincia di Piacenza con i territori di Pavia, Lodi e Cremona, progressivamente da monte verso valle.

La caratterizzazione morfologica del tratto piacentino del corso d'acqua è tale da presentare i primi significativi meandri del fiume Po, che si sviluppano a partire dalla confluenza con il Torrente Tidone.

Il tratto di arginatura, che va dall'azzeramento verso monte nel rigurgito del torrente Tidone all'azzeramento verso monte nel rigurgito del fiume Trebbia, costituisce il 2° Comprensorio Idraulico della Provincia di Piacenza.

L'arginatura ha in questo tratto un'estensione complessiva di metri 24.365 circa tra la località "Cantonata" (Comune di Rottofreno) estremo di monte, zona di rigurgito del Torrente Tidone, e la località "Malpaga" (Comune di Calendasco) estremo di valle, zona di rigurgito del Fiume Trebbia, e presenta un andamento planimetrico, generale e di base, risultante dell'evoluzione storico-sociale e politica del territorio.

La cintura arginale difende dalle inondazioni il territorio di circa 2.500 ettari soggiacente, che è interessato dalla presenza di nuclei abitati rilevanti (frazioni di Santimento e Possenta di Rottofreno; capoluogo di Calendasco e frazioni Boscone Cusani, Mezzano Vigoleno, Puglia, Malpaga, Ponte Trebbia), con relative infrastrutture stradali, insediamenti produttivi, industriali ed artigianali, opere ed infrastrutture pertinenti al reticolo idraulico minore del Consorzio di Bonifica, ed un vasto insieme di terreni a conduzione agricola tra i più fertili del territorio della Provincia di Piacenza.

La piena e continua officiosità dell'arginatura maestra in argomento, e più in generale di tutte le opere idrauliche di difesa, rappresenta un importante elemento di sicurezza per il territorio e per le popolazioni residenti.

Gli studi effettuati negli anni '80 dal Magistrato per il Po e finalizzati alla verifica della capacità del sistema di difesa arginale del Fiume Po di contenere le massime portate di piena, si concretizzarono nel PIANO SIMPO 1982: nell'ambito di tale piano furono individuati i tratti di arginatura con difetto di quota altimetrica e di sagoma rispetto al livello della piena di riferimento, ricostruita con metodo matematico, nonché tutte le altre carenze riferite agli assetti territoriali e d'alveo (esempio: necessità di opere di diaframmatatura, necessità di sistemi di difesa spondale ecc.).

Successivamente, istituita l'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME PO e ripresi gli studi nel merito, è stato formulato il PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) sulla base della Legge 18.5.1989 n. 183 (Art. 17/6 ter), adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n° 18 del 26.4.2001, poi approvato con DPCM 24.5.2001, pubblicato sulla GU. n° 183 del 8.8.2001.

Dall'esame del PAI è emerso che numerosi tratti di arginatura, in tutto lo sviluppo del corso d'acqua, risultano sottodimensionati nei confronti della piena di riferimento con tempo di ritorno di

200 anni, con carenza di quota di sommità (quota piena + franco arginale di m 1,00), e non contengono in sagoma la linea di imbibizione. Il tratto di sistema arginale che difende il territorio ricompreso nei Comuni di Rottofreno e Calendasco presenta, tra la quota attuale di sommità dell'arginatura e la quota della piena PAI + 1 m di franco, carenze in alcuni tratti anche significative.

Il tratto di argine maestro di Po oggetto di rialzo e ringrosso è posizionato nei comuni di Calendasco e Rottofreno in provincia di Piacenza: ha inizio in corrispondenza della località Boscone Cusani e si sviluppa verso valle per circa 1.6 chilometri, come illustrato nella Figura 1 che segue, dove è indicata anche la posizione dell'area demaniale di escavazione di pubblico interesse, da cui verranno prelevati i materiali necessari per l'adeguamento della sagoma arginale.

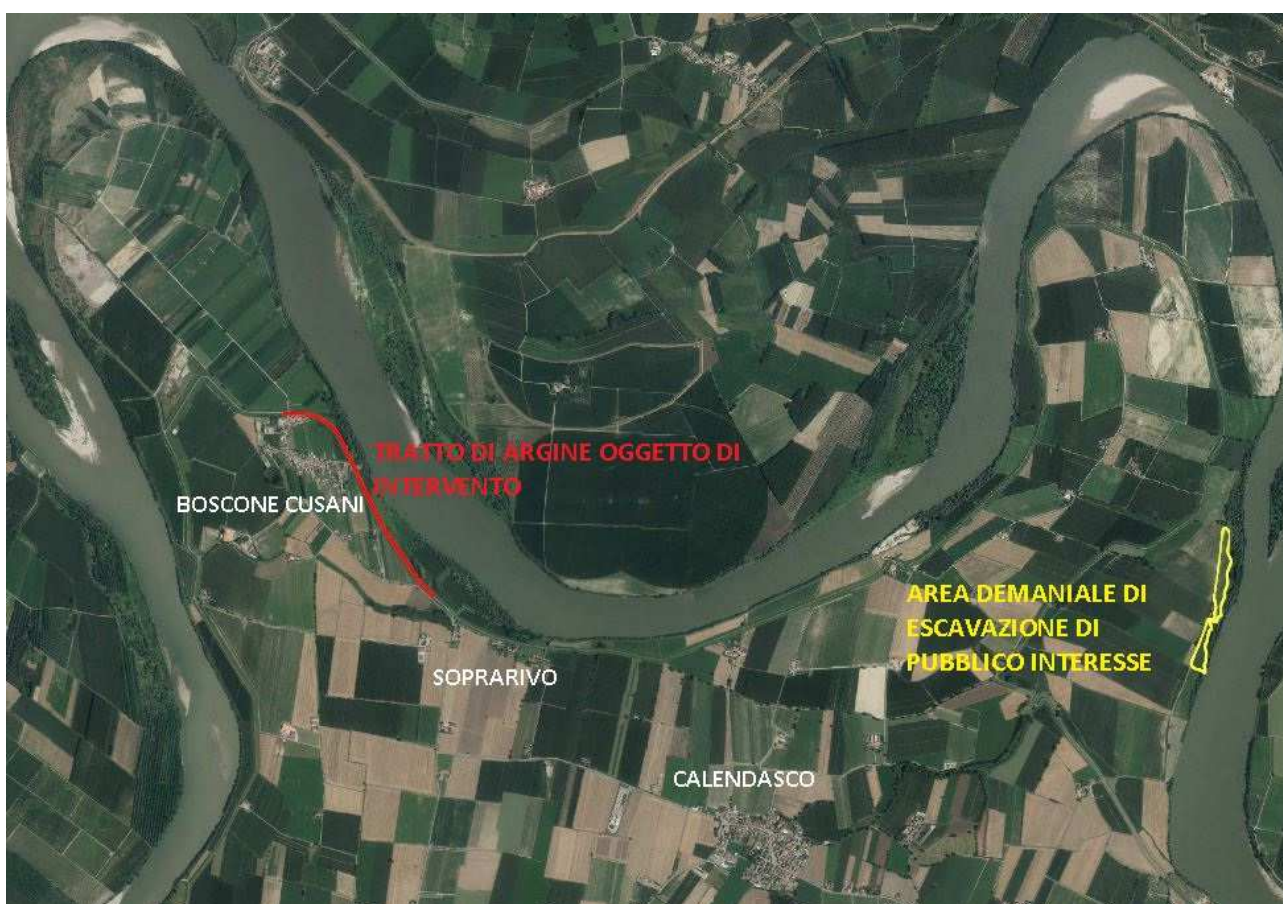


Figura 1 – Vista della complessiva dell'area di intervento

Il tratto di arginatura oggetto di studio è caratterizzato dalla presenza di 6 manufatti chiavicali (Boscone, Riva, Tidoncello di monte, Galeotto, Gobbi e Torchione) che consentono il deflusso in Po delle acque di scolo gestite dal Consorzio di Bonifica di Piacenza, evitando contestualmente il rigurgito della piena del Fiume nelle campagne circostanti.

3 Aspetti idrologici e idraulici per il dimensionamento della quota di progetto arginale

Dagli studi effettuati in passato (PIANO SIMPO 1982) e più recentemente dall'Autorità di Bacino del Fiume Po nel PAI – PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (adottato con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 del 26.04.2001, approvata con DPCM 24.05.2001, e pubblicato sulla G.U. n. 183 dell'8.08.2001), risulta che le arginature oggetto di intervento sono da adeguare ai livelli idrici della piena di riferimento calcolata con tempo di ritorno 200 anni.

Obiettivo del progetto è stato dunque quello di adeguare la sagoma arginale attuale, assicurando il franco di sicurezza di un metro rispetto ai livelli di cui sopra (quote PAI).

Per definire il profilo altimetrico dell'arginatura in progetto si è fatto riferimento ai livelli idrici della piena di riferimento riportati in corrispondenza delle sezioni trasversali di cui al rilievo AIPO 2005, la cui traccia è indicata nella tavola 02M-DX – Profili longitudinali argini maestri dx contenuto nel documento di AIPO *Rilievo topografico profilo arginale ed evento di piena novembre 2014 del Fiume Po*, in coerenza al quale è stato sviluppato il rilievo topografico per il progetto in esame.

Le sezioni trasversali che interessano il tratto oggetto di intervento sono quelle indicate nella tabella seguente: per ognuna di esse viene riportata la relativa quota PAI della piena di riferimento, la quota della sommità arginale dello stato di fatto e dello stato di progetto.

SEZIONE RILIEVO AIPO 2005	LIVELLO IDRICO PIENA DI RIFERIMENTO	Quota sommità arginale STATO DI FATTO	Quota sommità arginale STATO DI PROGETTO
S14	57.33 m slm	57.90 m slm	Esterna al tratto di intervento
S14A	57.12 m slm	57.38 m slm	58.12 m slm
S15	56.65 m slm	57.14 m slm	Esterna al tratto di intervento

La livelletta di progetto della sommità del nuovo argine è stata dunque individuata collegando le quote idriche della piena aumentate del metro di franco; si è poi tenuto conto del progetto PC-E-769, posto subito a monte del tratto in esame, che ha impostato le quote di ritenuta sulla base del livello idrico di piena della sezione S13 (questa sezione trasversale è posizionata a monte della sezione S14, ma la interseca in corrispondenza dell'argine maestro).

In definitiva, la sommità arginale di progetto si raccorderà a monte alla quota di progetto della sezione terminale del PC-E-769 (58.61 m slm), sarà posizionata a quota 58.12 m slm in corrispondenza della sezione S14A e si collegherà a quota 57.65 m slm alla sezione S15: avrà quindi una prima tratta con pendenza pari allo 0.57 per mille e ed una seconda tratta con pendenza pari allo 0.20 per mille.

Le quote idriche della piena di riferimento sono riportate per ogni sezione rilevata nella tav. 3 – Profilo longitudinale di progetto e nelle tavole 4 – Sezioni trasversali rilevato arginale in progetto, oltre che nella tabella che segue.

Sezione trasversale	Quota piena PAI Tr = 200 anni [m s.l.m.]	Quota sommità arginale STATO DI FATTO [m s.l.m.]	Quota sommità arginale STATO DI PROGETTO [m s.l.m.]
1	57.24	57.54	58.58
2	57.23	57.54	58.55
3	57.23	57.55	58.53
4	57.22	57.64	58.50
5	57.21	57.67	58.48
6	57.20	57.55	58.43
7	57.19	57.56	58.40
8	57.18	57.50	58.34
9	57.16	57.52	58.30
9bis	57.16	57.53	58.27
9ter	57.15	57.50	58.26
10	57.15	57.57	58.24
11	57.14	57.51	58.21
12	57.13	57.31	58.16
13	57.11	57.33	58.11
14	57.09	57.28	58.09
15	57.07	57.29	58.07
16	57.06	57.23	58.06
17	57.04	57.20	58.04
18	57.02	57.28	58.02
19	57.00	57.18	58.00
20	56.99	57.26	57.99
21	56.97	57.30	57.97
22	56.95	57.33	57.95
23	56.94	57.26	57.94
24	56.92	57.06	57.92
25	56.90	57.15	57.90
26	56.88	56.97	57.88
27	56.86	57.03	57.86
28	56.84	57.00	57.84
29	56.82	57.18	57.82
30	56.80	57.18	57.80
31	56.78	57.12	57.78
32	56.76	57.01	57.76
33	56.75	57.08	57.75
34	56.72	57.09	57.72

Come si è detto poco sopra, il progetto esecutivo del 1° lotto funzionale riguarderà un tratto di arginatura dello sviluppo di circa 1.600 m, compreso fra l'inizio di monte e 82 m a valle della sezione n. 20; in corrispondenza della nuova chiavica Galeotto (sez. 24) il rilevato arginale verrà adeguato alla quota di progetto, con brevi tratti di raccordo con le quote di sommità esistenti a monte e a valle, ciascuno di lunghezza pari a circa 20 m.

4 Aspetti idrologici e idraulici per il dimensionamento della nuova chiavica Galeotto e del reticolo idrico ad essa afferente

Come richiamato nelle premesse, gli interventi di sistemazione del reticolo idrico, nonché la fornitura e l'installazione dell'impianto di sollevamento, saranno a carico del Consorzio di Bonifica di Piacenza e saranno oggetto di un appalto diverso da quello cui si riferisce il presente progetto.

Nelle pagine che seguono sono riportati i calcoli svolti per il dimensionamento del reticolo e delle idrovore.

4.1 Definizione delle portate di dimensionamento

Per il calcolo della portata afferente alla nuova chiavica Galeotto, si è fatto riferimento allo *Studio per il riordino del nodo idraulico di Calendasco nell'area compresa fra il torrente Loggia e il torrente Trebbia, analisi di fattibilità dell'impianto di sollevamento Raganella e possibili alternative*, redatto per il Consorzio di Bonifica di Piacenza dal Prof. Armando Brath dell'Università di Bologna.

Il documento, oltre a identificare la rete scolante e definire i limiti dei vari bacini idrografici, contiene un dettagliato studio del regime delle piogge intense sull'area di interesse e una stima delle portate defluenti di assegnato tempo di ritorno.

In particolare, la tabella 5 riportata a pag. 40 dello Studio indica i valori ottenuti per i parametri delle curve di possibilità climatica rappresentative della pioggia puntuale nell'area in studio per durate comprese fra 1 e 24 ore, come illustrato nella figura che segue.

Tabella 5 – Parametri delle curve di possibilità climatica rappresentativa della pioggia puntuale nell'area di studio per $1 \leq d \leq 24$ h

T [anni]	a [mm/ora ⁿ]	n [-]
5	34.45	0.270
10	40.75	0.260
20	46.80	0.253
50	54.63	0.245
100	60.50	0.241
200	66.35	0.237

La figura 32, sempre a pagina 40 e illustrata nella figura che segue, mostra invece le curve di possibilità di possibilità pluviometrica rappresentative delle caratteristiche della precipitazione puntuale nell'area in studio, per tempi di ritorno di 5, 10, 20, 50, 100 e 200 anni, ottenute con i parametri $a(T)$ e $n(T)$ indicati nella tabella.

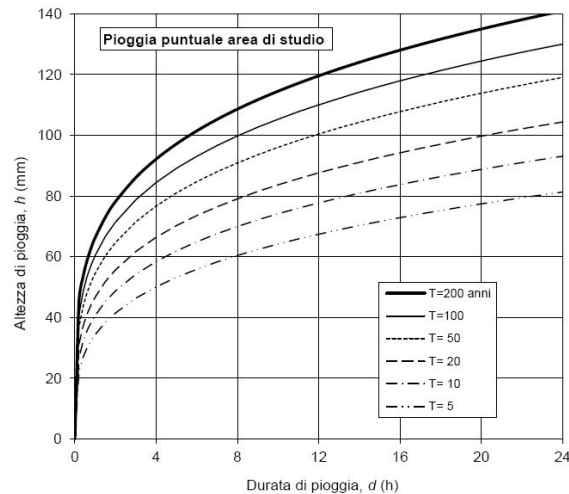


Figura 32 – Curve di possibilità pluviometrica rappresentativa delle caratteristiche della precipitazione puntuale nell'area in studio, per tempi di ritorno di 5, 10, 20, 50, 100 e 200 anni

Per la stima delle portate al colmo è stata utilizzata la classica forma di Turazza per la valutazione del coefficiente udometrico u , che fornisce:

$$u = 0.1157 \frac{\phi \cdot h(T_c)}{T_c} \quad (1)$$

in cui

u = coefficiente udometrico espresso in l/(s.ha)

ϕ = coefficiente di afflusso del bacino

T_c = tempo di corrivazione del bacino espresso in giorni

$h(T_c)$ = altezza di pioggia di durata T_c avente tempo di ritorno T , espressa in mm

Il coefficiente di deflusso ϕ è stato assunto pari a 0.3 per le aree non urbanizzate e pari a 0.9 per le aree urbanizzate.

Per il calcolo del tempo di corrivazione T_c è stata adotta la formula di Ventura:

$$T_c = 0.053 \frac{\sqrt{A}}{\sqrt{i}} \quad (2)$$

in cui

T_c = tempo di corrivazione del bacino espresso in giorni

A = area del bacino espressa in kmq

i = pendenza media della rete di drenaggio espressa in %

In base alle valutazioni riportate nello Studio, si è assunta come pendenza media della rete di drenaggio pari allo 0.25%.

Valutati i parametri sopra riportati, la portata è stata calcolata con l'espressione:

$$Q = u \cdot A \quad (3)$$

Per il dimensionamento delle nuove linee di adduzione del reticolo idrico superficiale si sono valutati i contributi di ogni singolo bacino e, man mano, della somma dei vari bacini, fino alla definizione della portata complessiva di pertinenza

4.1.1 Contributo afferente alla chiavica Riva

Il bacino di pertinenza della chiavica Riva è stato stimato in circa 20 ha complessivi, di cui 1.3 ha di area urbanizzata.

Il coefficiente di afflusso medio ponderale risulta:

$$\phi = \frac{\phi_u A_u + \phi_{nu} A_{nu}}{A} = 0.34$$

Il tempo di corrivazione, calcolato con l'espressione (2) risulta:

$$T_c = 0.053 \frac{\sqrt{0.2}}{\sqrt{0.25}} = 0.05 \text{ giorni} = 1.2 \text{ h}$$

L'altezza di pioggia di durata T_c $h(T_c)$ per i diversi tempi di ritorno è riportata nella tabella 1 che segue

Tempo di ritorno T	$h(T_c)$
T=5 anni	36.19
T=10 anni	42.73
T=20 anni	49.01
T=50 anni	57.13
T=100 anni	63.22
T=200 anni	69.28

Tabella 1 – Bacino Riva: altezze di pioggia per i diversi tempi di ritorno

I coefficienti idrometrici per i diversi tempi di ritorno, calcolati con l'espressione (1), e le corrispondenti portate, calcolate con l'espressione (3), sono riportati nella tabella 2 seguente.

Tempo di ritorno T	u	Q (l/s)	Q (mc/s)
T=5 anni	28.47	569.43	0.57
T=10 anni	33.62	672.34	0.67
T=20 anni	38.56	771.17	0.77
T=50 anni	44.94	898.88	0.90
T=100 anni	49.74	994.74	0.99
T=200 anni	54.51	1090.13	1.09

Tabella 2 – Bacino Riva: coefficienti idrometrici e portate per i diversi tempi di ritorno

I valori di portata con tempo di ritorno pari a 10 anni sono stati utilizzati per il dimensionamento della linea di collegamento fra la chiavica Riva e la chiavica Tidoncello.

4.1.2 Contributo di pertinenza dell'insieme delle chiaviche Riva e Tidoncello

Il bacino di pertinenza della chiavica Tidoncello allo stato attuale è stato valutato nello Studio del Prof. Brath in 959 ha, 15 ha dei quali di aree urbanizzate. Per valutare la portata afferente a Tidoncello tenendo conto del contributo della chiavica Riva, si sono eseguiti i calcoli con riferimento al valore complessivo del futuro bacino, che risulterà pari a 979 ha, 16.3 ha dei quali di aree urbanizzate.

Il coefficiente di afflusso medio ponderale risulta:

$$\phi = \frac{\phi_u A_u + \phi_{nu} A_{nu}}{A} = 0.31$$

Il tempo di corrivazione, calcolato con l'espressione (2) risulta:

$$T_c = 0.053 \frac{\sqrt{9.79}}{\sqrt{0.25}} = 0.33 \text{ giorni} = 7.9 \text{ h}$$

L'altezza di pioggia di durata T_c $h(T_c)$ per i diversi tempi di ritorno è riportata nella tabella 3 che segue

Tempo di ritorno T	$h(T_c)$
T=5 anni	60.23
T=10 anni	69.79
T=20 anni	79.00
T=50 anni	90.70
T=100 anni	99.62
T=200 anni	108.35

Tabella 3 – Bacino Tidoncello (inclusa Riva): altezze di pioggia per i diversi tempi di ritorno

I coefficienti idrometrici per i diversi tempi di ritorno, calcolati con l'espressione (1), e le corrispondenti portate, calcolate con l'espressione (3), sono riportati nella tabella 4 seguente.

Tempo di ritorno T	u	Q (l/s)	Q (mc/s)
T=5 anni	6.55	6409.27	6.41
T=10 anni	7.59	7426.09	7.43
T=20 anni	8.59	8405.96	8.41
T=50 anni	9.86	9651.23	9.65
T=100 anni	10.83	10600.15	10.60
T=200 anni	11.78	11529.29	11.53

Tabella 4 – Bacino Tidoncello (inclusa Riva): coefficienti idrometrici e portate per i diversi tempi di ritorno

I valori di portata con tempo di ritorno pari a 10 anni sono stati utilizzati per il dimensionamento della linea di collegamento fra la chiavica Tidoncello e la nuova chiavica Galeotto.

4.1.3 Contributo afferente alla chiavica Torchione

Il bacino di pertinenza della chiavica Torchione è stato stimato, sulla base delle indicazioni riportate nello Studio del Prof. Brath, in circa 32 ha di area non urbanizzata.

Il coefficiente di afflusso risulta quindi pari a 0.30.

Il tempo di corrivazione, calcolato con l'espressione (2) risulta:

$$T_c = 0.053 \frac{\sqrt{0.32}}{\sqrt{0.25}} = 0.06 \text{ giorni} = 1.4 \text{ h}$$

L'altezza di pioggia di durata T_c $h(T_c)$ per i diversi tempi di ritorno è riportata nella tabella 5 che segue

Tempo di ritorno T	$h(T_c)$
T=5 anni	38.01
T=10 anni	44.80
T=20 anni	51.32
T=50 anni	59.74
T=100 anni	66.06
T=200 anni	72.34

Tabella 5 – Bacino Torchione: altezze di pioggia per i diversi tempi di ritorno

I coefficienti udometrici per i diversi tempi di ritorno, calcolati con l'espressione (1), e le corrispondenti portate, calcolate con l'espressione (3), sono riportati nella tabella 6 seguente.

Tempo di ritorno T	u	Q (l/s)	Q (mc/s)
T=5 anni	21.99	703.72	0.70
T=10 anni	25.92	829.38	0.83
T=20 anni	29.69	950.09	0.95
T=50 anni	34.56	1105.82	1.11
T=100 anni	38.21	1222.85	1.22
T=200 anni	41.85	1339.14	1.34

Tabella 6 – Bacino Torchione: coefficienti idrometrici e portate per i diversi tempi di ritorno

I valori di portata con tempo di ritorno pari a 10 anni sono stati utilizzati per il dimensionamento della linea di collegamento fra la chiavica Torchione e il fosso che attualmente alimenta la chiavica Gobbi.

4.1.4 Contributo di pertinenza dell'insieme delle chiaviche Torchione e Gobbi

Il bacino di pertinenza del complesso delle chiaviche Torchione e Gobbi è stato stimato, sulla base delle indicazioni riportate nello Studio del Prof. Brath, in circa 65 ha di area non urbanizzata.

Il coefficiente di afflusso risulta quindi pari a 0.30.

Il tempo di corrivazione, calcolato con l'espressione (2) risulta:

$$T_c = 0.053 \frac{\sqrt{0.65}}{\sqrt{0.25}} = 0.09 \text{ giorni} = 2.2 \text{ h}$$

L'altezza di pioggia di durata T_c $h(T_c)$ per i diversi tempi di ritorno è riportata nella tabella 7 che segue

Tempo di ritorno T	$h(T_c)$
T=5 anni	42.41
T=10 anni	49.78
T=20 anni	56.87
T=50 anni	65.97
T=100 anni	72.84
T=200 anni	79.64

Tabella 7 – Bacino Torchione + Gobbi: altezze di pioggia per i diversi tempi di ritorno

I coefficienti idrometrici per i diversi tempi di ritorno, calcolati con l'espressione (1), e le corrispondenti portate, calcolate con l'espressione (3), sono riportati nella tabella 8 seguente.

Tempo di ritorno T	u	Q (l/s)	Q (mc/s)
T=5 anni	16.36	1063.21	1.06
T=10 anni	19.20	1247.99	1.25
T=20 anni	21.93	1425.57	1.43
T=50 anni	25.44	1653.86	1.65
T=100 anni	28.09	1825.93	1.83
T=200 anni	30.71	1996.33	2.00

Tabella 8 – Bacino Torchione + Gobbi: coefficienti idrometrici e portate per i diversi tempi di ritorno

I valori di portata con tempo di ritorno pari a 10 anni sono stati utilizzati per il dimensionamento della linea di collegamento fra il fosso che attualmente alimenta la chiavica Gobbi e il fosso che attualmente alimenta la chiavica Galeotto esistente.

4.1.5 Contributo di pertinenza dell'insieme delle chiaviche Torchione, Gobbi e Galeotto

Il bacino di pertinenza del complesso delle chiaviche Torchione, Gobbi e Galeotto è stato stimato, sulla base delle indicazioni riportate nello Studio del Prof. Brath, in circa 122 ha complessivi, di cui 5.4 ha di area urbanizzata.

Il coefficiente di afflusso medio ponderale risulta:

$$\phi = \frac{\phi_u A_u + \phi_{nu} A_{nu}}{A} = 0.33$$

Il tempo di corrivazione, calcolato con l'espressione (2) risulta:

$$T_c = 0.053 \frac{\sqrt{1.22}}{\sqrt{0.25}} = 0.12 \text{ giorni} = 2.9 \text{ h}$$

L'altezza di pioggia di durata T_c $h(T_c)$ per i diversi tempi di ritorno è riportata nella tabella 9 che segue

Tempo di ritorno T	$h(T_c)$
T=5 anni	45.84
T=10 anni	53.65
T=20 anni	61.16
T=50 anni	70.79
T=100 anni	78.07
T=200 anni	85.25

Tabella 9 – Bacino Torchione + Gobbi + Galeotto: altezze di pioggia per i diversi tempi di ritorno

I coefficienti idrometrici per i diversi tempi di ritorno, calcolati con l'espressione (1), e le corrispondenti portate, calcolate con l'espressione (3), sono riportati nella tabella 10 seguente.

Tempo di ritorno T	u	Q (l/s)	Q (mc/s)
T=5 anni	14.58	1779.31	1.78
T=10 anni	17.07	2082.55	2.08
T=20 anni	19.46	2374.09	2.37
T=50 anni	22.52	2747.95	2.75
T=100 anni	24.84	3030.36	3.03
T=200 anni	27.13	3309.35	3.31

Tabella 10 – Bacino Torchione + Gobbi + Galeotto: coefficienti idrometrici e portate per i diversi tempi di ritorno

I valori di portata con tempo di ritorno pari a 10 anni sono stati utilizzati per il dimensionamento della linea di collegamento fra il fosso che attualmente alimenta la chiavica Galeotto e la nuova chiavica Galeotto.

4.1.6 Contributo afferente alla nuova chiavica Galeotto

Il bacino di pertinenza del complesso delle cinque chiaviche di cui si è prevista la dismissione (Riva, Tidoncello di monte, Galeotto, Gobbi e Torchione, è stato stimato, sulla base delle indicazioni riportate nello Studio del Prof. Brath in circa 1.122.7 ha complessivi, di cui 21.7 ha di area urbanizzata.

Il coefficiente di afflusso medio ponderale risulta:

$$\phi = \frac{\phi_u A_u + \phi_{nu} A_{nu}}{A} = 0.31$$

Il tempo di corrivazione, calcolato con l'espressione (2) risulta:

$$T_c = 0.053 \frac{\sqrt{11.23}}{\sqrt{0.25}} = 0.35 \text{ giorni} = 8.5 \text{ h}$$

L'altezza di pioggia di durata T_c $h(T_c)$ per i diversi tempi di ritorno è riportata nella tabella 11 che segue

Tempo di ritorno T	$h(T_c)$
T=5 anni	61.43
T=10 anni	71.13
T=20 anni	80.47
T=50 anni	92.34
T=100 anni	101.39
T=200 anni	110.24

Tabella 11 – Bacino nuova Galeotto: altezze di pioggia per i diversi tempi di ritorno

I coefficienti udometrici per i diversi tempi di ritorno, calcolati con l'espressione (1), e le corrispondenti portate, calcolate con l'espressione (3), sono riportati nella tabella 12 seguente.

Tempo di ritorno T	u	Q (l/s)	Q (mc/s)
T=5 anni	6.21	6968.48	6.97
T=10 anni	7.19	8368.12	8.37
T=20 anni	8.13	9128.04	9.13
T=50 anni	9.33	10474.16	10.47
T=100 anni	10.24	11500.63	11.50

Tempo di ritorno T	u	Q (l/s)	Q (mc/s)
T=200 anni	11.14	12505.05	12.51

Tabella 12 – Bacino nuova Galeotto: coefficienti idrometrici e portate per i diversi tempi di ritorno

I valori di portata con tempo di ritorno pari a 10 anni sono stati utilizzati per il dimensionamento della nuova chiavica Galeotto e dell'impianto idrovoro.

4.2 Dimensionamento delle linee di collegamento

I tracciati delle nuove linee sono stati individuati sulla base di un apposito rilievo topografico effettuato a cura del Consorzio di Bonifica di Piacenza.

Note le portate, stimate come illustrato nel precedente paragrafo, si è proceduto al dimensionamento delle varie tratte di collegamento, ipotizzando condizioni di moto uniforme della corrente; essendo previsti scolarari o tubazioni in c.a., si è adottato un coefficiente "c" di scabrezza secondo Strickler pari a $70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}^{-1}$.

I calcoli svolti hanno portato ai risultati descritti nelle righe che seguono.

4.2.1 Collegamento da Riva a Tidoncello

Si è prevista la posa di una tubazione circolare in c.a. turbocentrifugata DN 100 cm, dello sviluppo di circa 331 metri, con pendenza costante pari allo 0.2%. In corrispondenza della portata di dimensionamento (circa 0.7 mc/s), si avrà una velocità di 1.34 m/s e un grado di riempimento del 61%.

4.2.2 Collegamento da Tidoncello a nuova Galeotto

Si è prevista la posa di uno scolarare prefabbricato aperto di dimensioni interne 200x150 cm, dello sviluppo di circa 53 metri e di uno scolarare prefabbricato chiuso di dimensioni interne 200x150 cm, dello sviluppo di circa 74 metri; entrambe le tratte avranno pendenza costante pari allo 0.25%. In corrispondenza della portata di dimensionamento (circa 7.4 mc/s), si avrà una velocità di 2.49 m/s e un'altezza d'acqua pari a 1.49 m. Questa tratta è stata volutamente dimensionata per funzionare con il manufatto sostanzialmente pieno, in modo che le portate superiori a quelle di dimensionamento dell'impianto idrovoro vadano ad allagare un'area lontana dagli abitati e, cioè, quella prossima all'esistente imbocco della chiavica Tidoncello, dove non sono presenti edifici.

4.2.3 Collegamento da Torchione a Gobbi

Si è prevista la posa di uno scolarare prefabbricato aperto di dimensioni interne 100x150 cm, dello sviluppo di circa 103 metri, con pendenza costante pari allo 0.2%. In corrispondenza della portata di dimensionamento (circa 0.84 mc/s), si avrà una velocità di 1.34 m/s e un'altezza d'acqua pari a 0.63 m.

4.2.4 Collegamento da Gobbi a Galeotto esistente

Si è prevista la posa di uno scatolare prefabbricato aperto di dimensioni interne 100x150 cm, dello sviluppo di circa 194 metri e di una tubazione circolare in c.a. turbocentrifugata DN 120 cm, dello sviluppo di circa 61 metri; entrambe le tratte avranno pendenza costante pari allo 0.2%. In corrispondenza della portata di dimensionamento (circa 1.25 mc/s), nello scatolare si avrà una velocità di 1.45 m/s e un'altezza d'acqua pari a 0.86 m; nella tubazione in circolare, invece, si avrà una velocità di 1.56 m/s e un grado di riempimento del 68%.

4.2.5 Collegamento da Galeotto esistente a nuova Galeotto

Si è prevista la posa di una tubazione circolare in c.a. turbocentrifugata DN 150 cm, dello sviluppo di circa 126 metri, con pendenza costante pari allo 0.2%. In corrispondenza della portata di dimensionamento (circa 2.1 mc/s), si avrà una velocità di 1.78 m/s e un grado di riempimento del 63%.

4.3 Dimensionamento dell'impianto di sollevamento

L'impianto idrovoro entrerà completamente in funzione quando il livello nella chiavica supererà 50.00 m slm e la paratoia di esclusione verrà chiusa. Considerato che l'impianto è stato dimensionato per consentire lo scarico delle portate raccolte dal reticolo anche in presenza della piena PAI con Tr 200 anni, cui corrisponde una quota idrica di 56.92 m slm, la prevalenza geodetica del sistema di sollevamento sarà pari a 6.92 m. Le perdite concentrate lungo il circuito saranno relative alla tubazione di mandata, costituita da un tubo camicia in acciaio DN 1000 mm di lunghezza pari a circa 10 m e allo stacco laterale presidiato da valvola a clapet (anch'esso DN 1000) di lunghezza pari a circa 2 m e sono state stimate in circa 0.40 m.

La prevalenza da assegnare alle idrovore è pertanto risultata pari a 7.30 m.

Considerata la portata complessiva da sollevare (pari a circa 8.4 mc/s), si è prevista l'installazione di 6 idrovore, aventi ciascuna una portata di 1.40 mc/s e una prevalenza di 7.3 m.

La portata minima di ogni pompa sarà pari a 1.16 mc/s e si avrà in corrispondenza dell'arresto, che avverrà per un livello minimo nella camera di alloggiamento delle idrovore pari a 1.50 m, che corrisponde alla sommersa minima ammissibile per l'elica dell'elettropompa.

I livelli intermedi fra l'arresto e il massimo vaso determineranno l'avvio in sequenza delle pompe dell'intera batteria, avvio gestito da un apposito sistema di rotazione ciclica a quadro, sulla base della misura dei livelli effettuata da un sensore di tipo idrostatico.

La logica di avvio delle varie idrovore sarà la seguente:

avvio pompa 1	$46.80 \text{ m slm} + 1.50 \text{ m} + 0.50 \text{ m} = 48.80 \text{ m slm}$
avvio pompa 2	$48.80 \text{ m slm} + 0.24 \text{ m} = 49.04 \text{ m slm}$
avvio pompa 3	$49.04 \text{ m slm} + 0.24 \text{ m} = 49.28 \text{ m slm}$
avvio pompa 4	$49.28 \text{ m slm} + 0.24 \text{ m} = 49.52 \text{ m slm}$

avvio pompa 5 $49.52 \text{ m slm} + 0.24 \text{ m} = 49.76 \text{ m slm}$

avvio pompa 6 $49.76 \text{ m slm} + 0.24 \text{ m} = 50.00 \text{ m slm}$

Milano, luglio 2019

Il progettista

Dott. Ing. Fulvio Bernabei