

RAPPORTO

USO RISERVATO

APPROVATO

C1001927

Cliente Enel Produzione S.p.A.

Oggetto Centrale Termoelettrica *Edoardo Amaldi* di La Casella (PC). Installazione di una nuova unità a gas a ciclo combinato. Studio di compatibilità idraulica.

Ordine Attivazione 3500126451 del 28.10.2020

Note Rev.00 - A1300002752 - Lettera di trasmissione C1004543

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.

N. pagine 66 **N. pagine fuori testo** 1 tavola

Data 12/03/2021

Elaborato **STC - Zuccalà David**
C1001927 3770 AUT

Verificato **INE - Masera Alberto**
C1001927 114993 VER

Approvato **INE - Il Responsabile - Nardi Andrea**
C1001927 3011309 APP

CESI S.p.A.

Via Rubattino 54
I-20134 Milano - Italy
Tel: +39 02 21251
Fax: +39 02 21255440
e-mail: info@cesi.it
www.cesi.it

Capitale sociale € 8.550.000 interamente versato
C.F. e numero iscrizione Reg. Imprese di Milano 00793580150
P.I. IT00793580150
N. R.E.A. 429222

© Copyright 2021 by CESI. All rights reserved

Pag. 1/66

Indice

1	INTRODUZIONE.....	3
2	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	4
3	INQUADRAMENTO DELL'AREA	6
4	CARATTERISTICHE DEL SISTEMA ARGINALE DEL FIUME PO	11
4.1	Generalità e concetto di rischio residuale.....	11
4.2	I macrotratti del fiume Po in relazione al sistema arginale.....	11
4.3	I comparti idraulici.....	11
5	CENSIMENTO DELLE ROTTE ARGINALI DEL PO	13
5.1	Quadro conoscitivo 2004 sulle rotte arginali a cura di CNR IRPI Torino	13
5.2	Atlante 2014 Autorità di Bacino: aggiornamento censimento rotte storiche	27
5.2.1	Conclusioni	30
6	ATLANTI DELLE ARGINATURE MAESTRE DEL PO	31
6.1	Atlante delle sezioni trasversali del corpo arginale maestro del fiume Po	31
6.2	Atlante del livello di sicurezza delle arginature rispetto al sormonto	36
6.3	Atlante del grado di sicurezza delle arginature rispetto al sifonamento, allo sfiancamento e al rischio sismico	40
7	AGGIORNAMENTO DELL'ANALISI DI CRITICITÀ PER SORMONTO (PRGA 2017).....	44
8	SEZIONI AIPO E PROFILI DI PIENA DEL FIUME PO	48
9	EFFETTI DI UN'IPOTETICA ROTTA ARGINALE INTORNO ALL'AREA DI STUDIO	56
10	CONCLUSIONI.....	62

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
Rev.00	12/03/2021	C1001927	Prima emissione

1 INTRODUZIONE

Il presente rapporto esamina la compatibilità idraulica in merito a un nuovo impianto a gas a ciclo combinato in progetto presso la Centrale termoelettrica Enel *Edoardo Amaldi* di Castel San Giovanni (PC), in località La Casella (**Figura 1**).



Figura 1: La Centrale La Casella (vista Google Earth)

Le valutazioni sono state svolte con riferimento alle vigenti norme, in particolare il *Piano Strutturale Comunale* di Castel San Giovanni che recepisce le indicazioni del *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico* dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po e del *Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale* di Piacenza [1,2 e 3].

L'area circostante l'impianto è stata inquadrata dal punto di vista del rischio idraulico.

Segue una ricognizione documentale sulle arginature maestre del fiume Po e sulle rotte storiche.

Infine, sono stati analizzati dal punto di vista morfologico in relazione alle mappe di rischio idraulico il terreno sul quale insiste l'impianto in progetto e il territorio circostante.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

La normativa principe alla quale fare riferimento per le verifiche di rischio e compatibilità idraulica è il PSC – *Piano strutturale Comunale di Castel San Giovanni* [1], Comune sul quale insiste la Centrale Enel di La Casella.

Il PSC è adeguato al PTCP – *Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale* [2] il quale, a sua volta, ha recepito le indicazioni del PAI – *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico* [3] redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po.

L'Intesa per la definizione delle disposizioni del PTCP della Provincia di Piacenza relative all'attuazione del PAI è stata stipulata nel 2012 tra l'Autorità di Bacino del fiume Po, l'Amministrazione Provinciale di Piacenza e la Regione Emilia-Romagna. Il PTCP ha così assunto il valore e gli effetti di piano settoriale di tutela e uso del territorio di propria competenza e trova applicazione in luogo del PAI vigente.

L'Autorità di Bacino ha inoltre redatto il PGRA – *Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni* [4] (emanato nel 2015 e in corso di revisione nel 2021) destinato a rappresentare il quadro conoscitivo di riferimento del PAI, con lo scopo di mitigare le potenziali conseguenze negative derivanti dalle alluvioni.

Tale quadro normativo calato nell'ambito territoriale del Comune di Castel San Giovanni trova specifica applicazione mediante la DTO – *Disposizione Tecnico-Organizzativa n. 19/2016* [5].

In merito all'unità in progetto per la produzione di energia mediante ciclo combinato, la NTS – *Normativa Tecnica Strutturale* all'interno del PSC recita (art. 40, comma 17):

... omissis... «*le centrali di produzione energetica sono ammesse subordinatamente a verifica di accettabilità del rischio idraulico ai sensi dei commi 10 e 11 dell'Art. 10 delle NTA del PTCP*»... omissis....

Si riportano di seguito tali commi:

10. (D) *Il Comune procede ad una valutazione delle condizioni di rischio idraulico locale, secondo i criteri e i contenuti indicati al successivo comma 11, nei seguenti casi:*

- a) *qualora sia necessario procedere ad una verifica di sicurezza degli insediamenti esistenti;*
- b) *in sede di redazione dei piani e programmi di protezione civile;*
- c) *nell'ambito della formazione e adozione del PSC o della variante di adeguamento al presente Piano, d'intesa con la Provincia, nelle fattispecie previste dai successivi articoli in cui tale valutazione costituisce una condizione per la pianificazione e attuazione di interventi altrimenti non ammessi.*

11. (D) *La valutazione di cui al precedente comma 10 deve essere effettuata secondo i criteri definiti dalle direttive di settore, in particolare dalla deliberazione della Giunta regionale n. 126/2002 e dalla deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Po n. 16/2003, come coordinati e specificati dalle Linee-guida approvate dalla Giunta provinciale. La valutazione deve considerare tutte le informazioni reperibili presso gli Enti a vario titolo competenti, con riguardo ai dati relativi alle opere di difesa esistenti, al loro stato di adeguatezza e agli interventi idraulici programmati per la difesa del territorio, e deve concludersi con l'indicazione delle misure, a carattere strutturale e non strutturale, necessarie alla mitigazione degli impatti; per le misure strutturali dovrà essere indicato il soggetto attuatore, per quelle non strutturali dovranno essere previsti opportuni adeguamenti dei piani e programmi di protezione civile. Devono essere individuati i necessari accorgimenti tecnico-costruttivi da assumere quali condizioni per garantire la compatibilità degli interventi di trasformazione urbanistica.*

La presente relazione è elaborata al fine di fornire supporto al Comune nell'ambito della valutazione delle condizioni di rischio idraulico locale così come previsto nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Piacenza e su riportato.

Si ricorda infine che, con valutazione preventiva n°22165 del 29 ottobre 2019, l'Amministrazione Comunale di Castel San Giovanni si è espressa in modo favorevole sul progetto BESS, proposto da Enel nel medesimo sito e comprendente la realizzazione di nuove installazioni ad una quota inferiore a 60,33 m s.l.m., pur ribadendo che 60,33 è la quota di riferimento da considerare per il rischio idraulico nell'area.

3 INQUADRAMENTO DELL'AREA

Sia la Centrale elettrica esistente che la nuova unità a gas si collocano in sponda destra del fiume Po (vedi All. 1 – tavola di progetto).

Rispetto alle delimitazioni del PAI [3] gli impianti ricadono in Fascia C, zona C1 (protetta da arginature) interessata da inondazioni conseguenti a piene catastrofiche (tempo di ritorno di almeno 500 anni).

Come sottolineato nel PSC, alla stessa stregua di gran parte delle aree direttamente confinanti con il sistema arginale, l'area in questione è esposta a rischio di esondazione in caso di cedimento degli argini. Infatti, la fascia C è stata delimitata in modo da rappresentare, tenendo conto dell'altezza delle arginature e della topografia dei territori esterni ad esse adiacenti, l'involuppo delle aree potenzialmente allagabili in caso di rotte arginali.

In riferimento alla mappa della pericolosità del PGRA l'area della Centrale si colloca in Area P1-L (scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi). Rispetto alla carta del rischio alluvioni (Figura 2) l'area di interesse si colloca in area R2 – Rischio medio per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche. In tali zone devono essere rispettate le misure di riduzione del rischio di cui al punto 5.2 della delibera G.R. N° 1300/2016 [6] (se non ricadenti in fasce fluviali con prescrizioni più restrittive) ed in particolare quella di cui al punto a.1: *la quota minima del primo piano utile degli edifici deve essere all'altezza sufficiente a ridurre la vulnerabilità del bene esposto ed adeguata al livello di pericolosità ed esposizione.*

Secondo il PSC l'area di La Casella ricade sotto il "Rischio Residuale Idraulico Medio". Tale parametro, mutuato dal PAI e definito a valle delle recenti opere di messa in sicurezza dell'alveo (di qui la definizione di "residuale") stabilisce che la quota di riferimento per la verifica del rischio idraulico (determinata in sede di DTO n.19/2016 [5]) da considerare nella fascia C di interesse è pari a 60,33 m (media fra i livelli idrici della piena SIMPO alle sezioni 9B e 9C localizzabili in **Figura 3**).

Ancora sintetizzando stralci del PSC: nelle condizioni attuali il sistema arginale è riferito a un profilo di piena teorico (denominato "piena massima di riferimento"), cosiddetta "piena SIMPO '82" (elaborata nel 1982 dal Magistrato per il Po per mezzo della società SIMPO), costituita da un profilo ricavato dall'applicazione di un modello numerico di simulazione idraulica (in moto non stazionario), in cui per i diversi tronchi è applicata un'onda di piena con portata al colmo mediamente superiore del 10% rispetto alla massima storica del 1951.

Le opere di contenimento delle piene consistono nell'arginatura maestra (**Figura 3**) che si sviluppa in destra idrografica del Rio Boriacco, a partire dal tracciato dell'autostrada A21, per proseguire verso nord a protezione gli abitati di Pievetta e Bosco Tosca; procedendo verso valle, nel comune di Sarmato, l'arginatura maestra protegge il settore di bassa pianura intercluso tra l'Autostrada A21, il Rio Boriacco ad ovest ed il Torrente Tidone ad est.

Le analisi condotte circa le condizioni di efficienza e funzionalità del sistema difensivo presente lungo l'asta del Fiume Po, avevano evidenziato la necessità di raggiungere gli obiettivi di sicurezza di contenimento di un evento di piena con tempo di ritorno di 200 anni, che hanno portato alla realizzazione degli interventi di carattere strutturale recentemente eseguiti a cura di AIPO dopo le piene del 1994 e del 2000.

Tali interventi hanno preso in considerazione le opere di contenimento della piena, consistenti nel rialzo in quota delle arginature maestre (sostanzialmente completato nel comparto di interesse, tra Rio

Boriacco e Torrente Tidone), l'adeguamento in sagoma, la protezione dalla filtrazione nel corpo arginale e nelle fondazioni.

Occorre comunque sottolineare come nel corso dei recenti eventi alluvionali di carattere eccezionale, riferibili alle piene del novembre 1994 e novembre 2000, non sono state registrate esondazioni della fascia extra arginale, a conferma dell'efficienza dei rilevati di protezione idraulica esistenti.

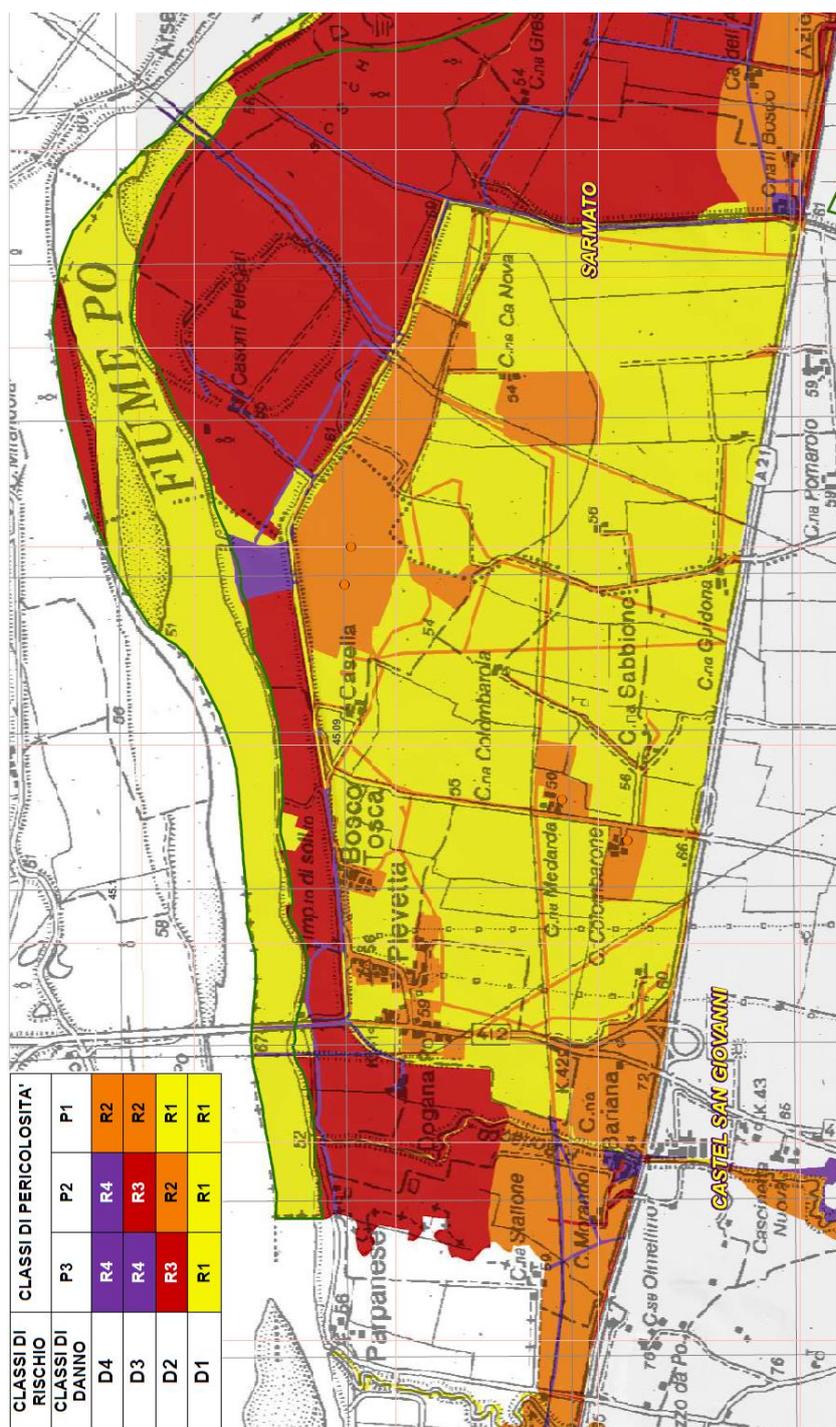


Figura 2: Estratto PGRA – Mappatura del rischio idraulico

Per il tratto di pianura ricadente in Fascia C nel territorio di Castel San Giovanni sono stati raggiunti i richiesti margini di sicurezza in funzione della piena SIMPO. In particolare, il tratto di argine in corrispondenza della Centrale Enel, a seguito dei lavori di sopralzo ed adeguamento eseguiti da AIPO, presenta quote della sommità arginale comprese tra 61,7 e 62 m s.l.m., oltre quindi la quota della piena di riferimento.

Dalle informazioni più recenti disponibili, relative a rilievo del 2004, inoltre, non si evidenziano per il tratto arginale in territorio di Castel San Giovanni presenza di fontanazzi che possano pregiudicare la stabilità delle arginature.

Da segnalare un progetto elaborato da AIPO (dicembre 2020) conseguente a recenti controlli sulle strutture arginali [8], per la sistemazione di instabilità del paramento lato fiume in prossimità della Centrale elettrica, al confine dei territori di Castel San Giovanni e di Sarmato.

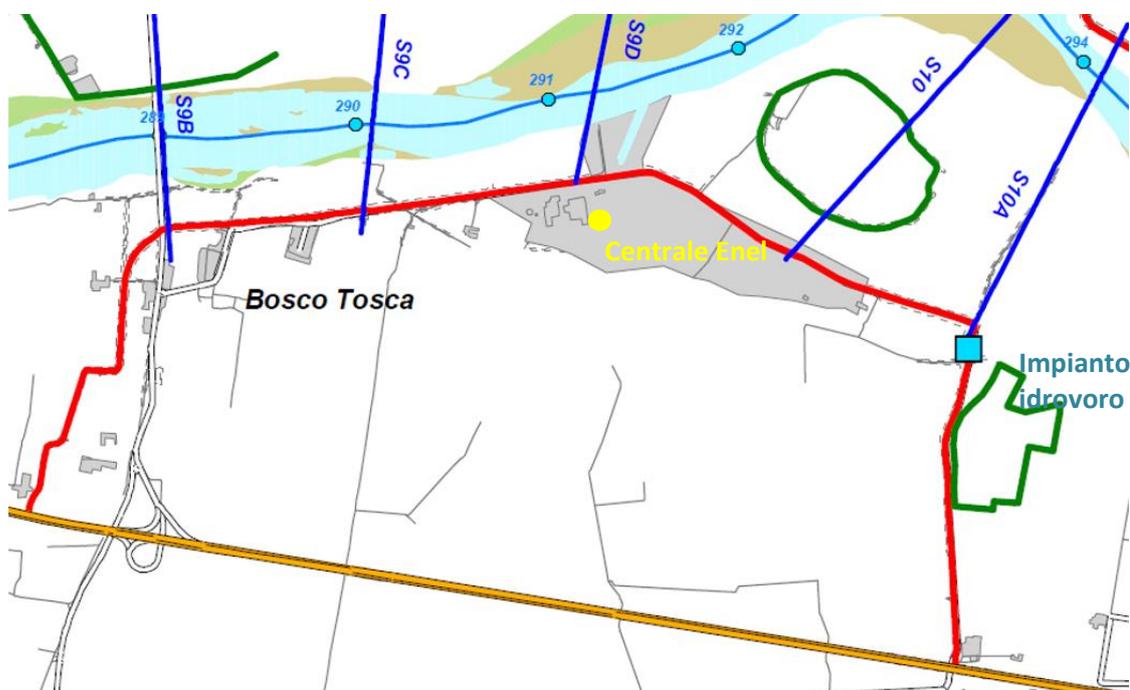


Figura 3: Sviluppo argine maestro intorno alla Centrale di La Casella

In sintesi, la Centrale Enel e l'area circostante sono adeguatamente protette dall'argine maestro in destra idrografica del fiume Po per la piena SIMPO e, seppur con franchi più ridotti, per la piena bicentenaria. Si nota inoltre che le installazioni in progetto per la nuova unità a gas, andando a collocarsi in un'area da lungo tempo impegnata dall'impianto Enel preesistente, non andrebbero a perturbare le condizioni di rischio idraulico complessive.

Il reticolo idraulico minore nell'area esterna agli argini intorno alla Centrale è rappresentato dal Rio Sguazzo, Rio Panaro e alcuni fossi che afferiscono al Canale Consorziale di Bonifica (**Figura 4**). Quest'ultimo sottopassa l'arginatura in corrispondenza della loc. Casino dei Boschi, ove si trovano i punti più depressi del terreno, per confluire nel Rio Corniola.

La Centrale elettrica è costruita sopra una piattaforma artificiale a quota 57,05 m s.l.m.: per l'esattezza la quota dell'impianto esistente (pavimento di sala macchine) risulta pari a 57,15 m s.l.m. mentre la quota dei piazzali è pari a 57,05 m s.l.m. La sistemazione della nuova unità a gas sarà fatta in parte nell'area a quota 57,05 m s.l.m. a Ovest dei gruppi esistenti e in parte nell'area ex serbatoi OCD (già demoliti). In quest'ultima zona, dove necessario, la quota di impianto verrà portata a 57,05 m, pari a

quella del nuovo gruppo [7]. Nella zona tra l'argine maestro del fiume Po e la Centrale è presente la stazione elettrica di Terna che si trova su una piattaforma artificiale ulteriormente sopraelevata rispetto all'impianto e posta a quota 60,3 m s.l.m.

Di contro, le quote del terreno circostante si mantengono fra le quote 53 e 55 m s.l.m. **(Figura 5)**. L'impianto può ritenersi pertanto al sicuro nel caso di piene e rigurgiti dei corsi d'acqua minori, oltre che da potenziali venute di acqua filtrata attraverso gli argini durante le piene del Po. Oltretutto la località Casino dei Boschi è presidiata da un impianto idrovoro che rappresenta una protezione attiva per tali eventualità.

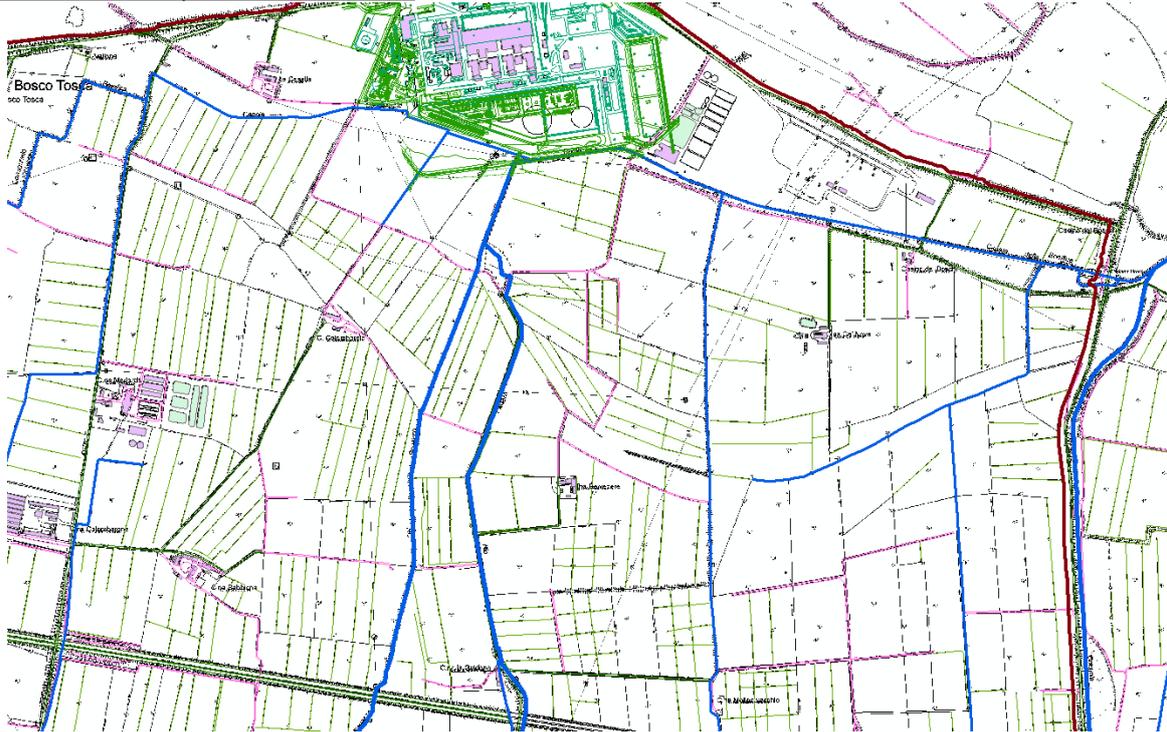


Figura 4: Reticolo idraulico minore intorno alla Centrale di La Casella

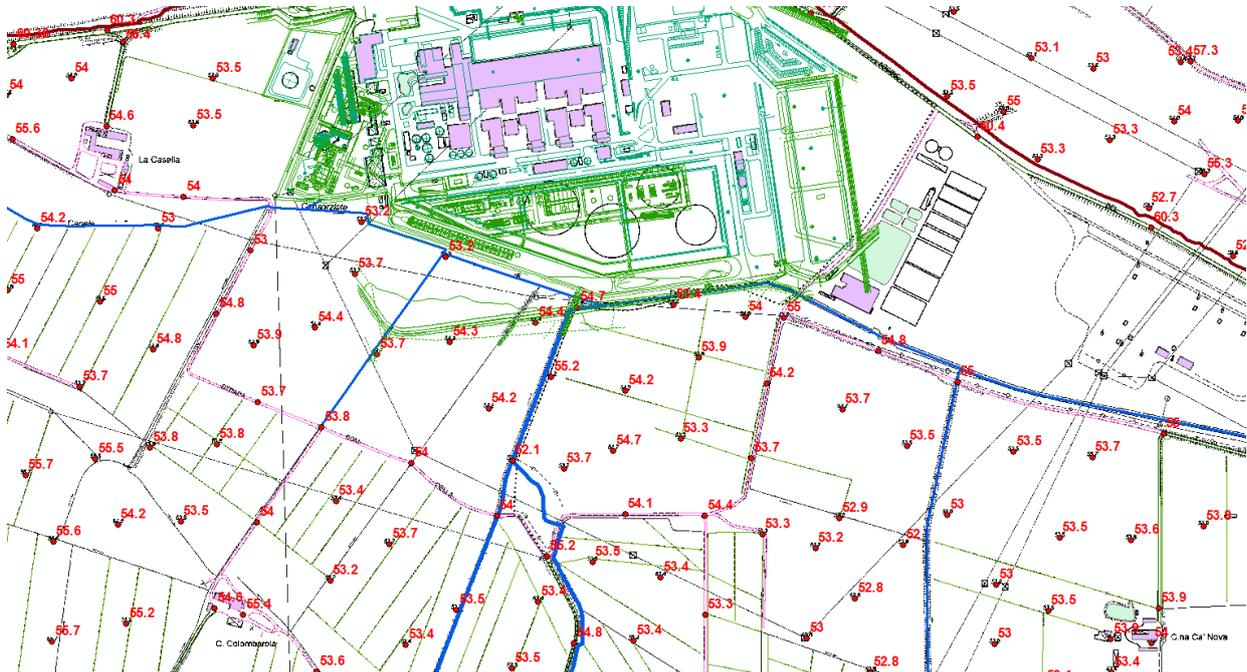


Figura 5: Punti quotati della Carta Tecnica Regionale intorno alla Centrale di La Casella

Conseguentemente a quanto argomentato, il rischio idraulico che interessa l'area di progetto è esclusivamente di natura residuale. Infatti, riprendendo ulteriormente il PSC [1] e il SIA allegato all'istanza di richiesta di autorizzazione del nuovo progetto [7], relativamente al rischio di esondazione delle aree ricadenti in fascia C, è ormai assodato che l'attuale sistema arginato del fiume Po, per quanto ben monitorato e mantenuto nel tempo non può garantire, come qualsiasi altra opera idraulica, un livello di sicurezza assoluto per il territorio circostante in relazione a scenari di rottura arginale. Tale rischio, in quanto connesso a scenari di mancata efficacia di un'opera idraulica, può essere definito residuale, con una probabilità di accadimento assoluta molto ridotta e la sua classificazione non è quindi confrontabile con quella normalmente impiegata per il rischio idraulico diretto.

Tale probabilità di accadimento –cioè che si verifichi una rotta arginale intorno all'area di progetto in concomitanza con una piena bicentenaria o di entità leggermente inferiore come la piena SIMPO o la recente piena del 2000– pur non quantificabile esattamente, corrisponde sicuramente a tempi di ritorno superiori a 200 anni. In altre parole, si tratterebbe di probabilità non paragonabile a quella che si può determinare nel caso in cui si abbiano scenari di inondazione per la piena di progetto o per eventi di poco superiori alla stessa.

Cionondimeno nel seguito viene riportata la sintesi di una ricognizione bibliografica sul sistema arginale del Po e sulle rotte storiche, per poi valutare gli effetti di un'ipotetica breccia lungo le difese che proteggono la Centrale Enel e il territorio circostante.

4 CARATTERISTICHE DEL SISTEMA ARGINALE DEL FIUME PO

Le informazioni riportate nel seguito sono tratte dal PGRA [4] per il bacino distrettuale del fiume Po [9, 10 e 11].

4.1 Generalità e concetto di rischio residuale

Già a partire dal XVI secolo il fiume Po risultava arginato con notevole continuità dal territorio mantovano al mare; successivamente a valle degli eventi alluvionali più significativi lo sviluppo delle arginature è stato esteso verso monte sia sul Po che sui principali tributari, fino alla situazione attuale dove risultano arginati con continuità circa **1100** km di asta fluviale di Po e circa **1500** km di asta degli affluenti principali. Tali argini difendono circa 8500 km² di pianura padana che costituiscono l'inviluppo delle aree potenzialmente inondabili per i diversi scenari di tracimazione e rottura dei rilevati.

Come già ricordato, l'attuale sistema arginato del fiume Po, per quanto ben monitorato e mantenuto nel tempo non può garantire, come qualsiasi altra opera idraulica, un livello di sicurezza assoluto per il territorio circostante, in relazione a scenari di rottura arginale.

Negli ultimi due secoli, a partire dalla gravissima piena del 1801, sono stati censiti più di 200 eventi di piena che hanno causato la rottura delle arginature maestre del Po, nel 70% dei casi avvenute in seguito al sormonto del rilevato arginale.

*L'entità di tale rischio, connesso a scenari di mancata efficacia di un'opera idraulica, può essere definita residuale: tale rischio interessa diverse migliaia di km² di pianura padana fortemente antropizzata. In relazione all'importanza del sistema difensivo presente, all'estensione e all'intensità dei processi di allagamento conseguenti alle rotture arginali e all'entità dei beni esposti a rischio tale porzione di pianura padana è definita nel PGRA **Area a Rischio Significativo (ARS)**.*

4.2 I macrotratti del fiume Po in relazione al sistema arginale

In relazione alle caratteristiche dell'alveo e del sistema arginale l'asta del fiume Po è convenzionalmente suddivisa in tre macrotratti in [9]:

- tratto superiore, da Torino alla confluenza del fiume Tanaro (Isola S'Antonio);
- **tratto medio ed inferiore, dalla confluenza del fiume Tanaro all'incile del Po di Goro** (è questo il tratto di interesse in cui si colloca in destra la Centrale di La Casella);
- rami del delta, dall'incile del Po di Goro al mare.

Nel tratto medio ed inferiore, in cui si colloca la Centrale di La Casella, le arginature si presentano pressoché continue lungo entrambe le sponde con alcune interruzioni connesse alla presenza del bordo del terrazzo alto. Vi sono anche importanti frodi arginali spesso localizzati in corrispondenza dei principali centri abitati (Cremona, Boretto, ...).

Le arginature sono dimensionate e costruite per contenere, con un adeguato franco, la piena con tempo di ritorno di 200 anni, e non si mette in dubbio la validità dell'opera di difesa né la sua sicurezza strutturale, ma per alluvioni rare di significativa intensità o altre cause estreme (come sifonamento o fontanazzi) è possibile si verifichino scenari di inondazione per rottura arginale, appunto cosiddetti *di rischio residuale*.

4.3 I comparti idraulici

I comparti idraulici sono aree potenzialmente allagabili in seguito a fenomeni di tracimazione e rottura delle arginature del fiume Po [9].

Tali comparti suddividono la **fascia C** del **PAI** (area di inondazione per piena catastrofica) e sono delimitati dall'argine del fiume Po e dagli argini degli affluenti principali.

L'area di interesse appartiene al comparto **Scuropasso-Tidone**, in sponda destra; la suddivisione in comparti tratta dagli studi di ADBPo è riportata nelle **Figura 6** e **Figura 7**.

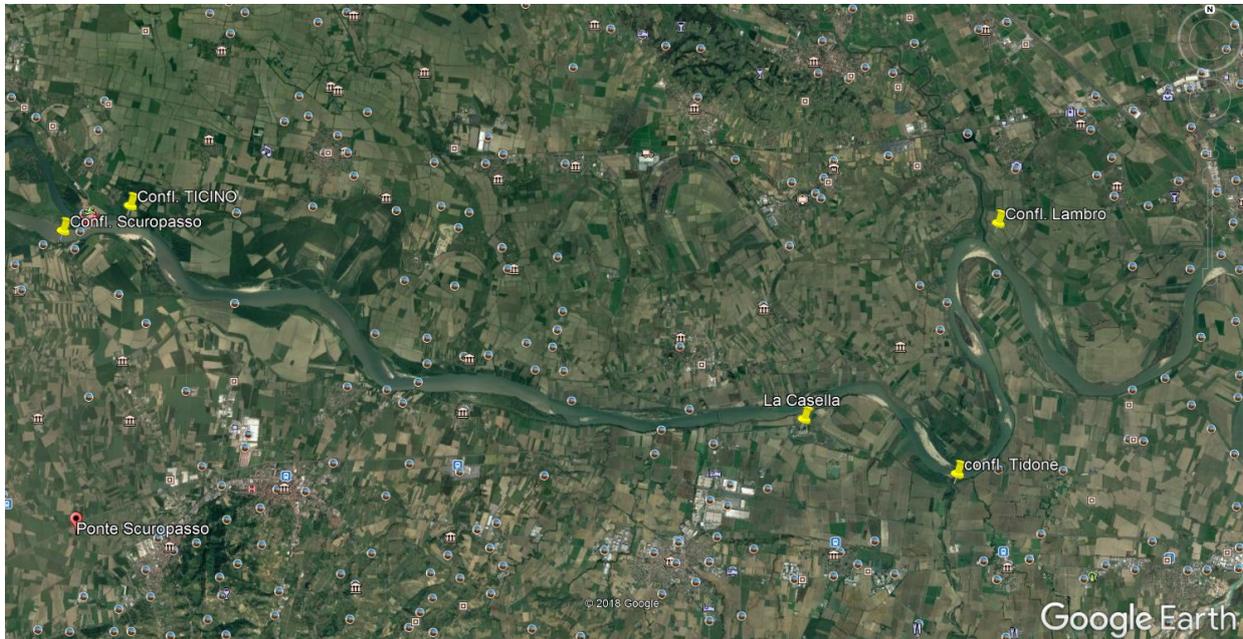
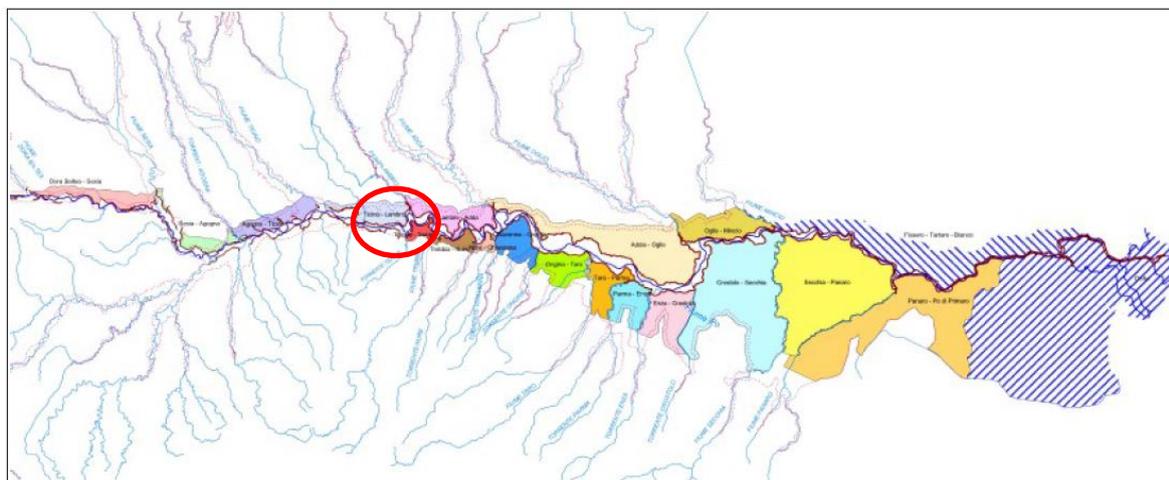


Figura 6: Macroarea da confl.za Scuropasso a confl.za Tidone



Fiume Po	Fascia C PAI
Affluenti principali Fiume Po	Argini maestri
Comparti sponda sinistra	
1 - Dora Baltea - Sesia	8 - Tidone - Trebbia
2 - Sesia - Agogna	9 - Trebbia - Nure
3 - Agogna - Ticino	10 - Nure - Chivernia
4 - Ticino - Lambro	11 - Chivernia - Ongina
5 - Lambro - Adida	12 - Ongina - Terni
6 - Adida - Oglio	13 - Terni - Parma
7 - Oglio - Minio	14 - Parma - Enza
Altre aree a rischio residuale:	
Fiasso - Tartaro - Bianco	15 - Enza - Crostolo
Della Po	16 - Crostolo - Secchia
	17 - Secchia - Panaro
	18 - Panaro - Po di Primaro

Figura 7: La suddivisione in comparti idraulici

5 CENSIMENTO DELLE ROTTE ARGINALI DEL PO

Un primo quadro conoscitivo è stato sviluppato a cura di **CNR IRPI Torino** nel 2004 [12], che è stato poi aggiornato al 2014 ed incorporato negli Atlanti del Po dell'AdBPo [9, 10, 11, 13, 14 e 15].

5.1 Quadro conoscitivo 2004 sulle rotte arginali a cura di CNR IRPI Torino

Nel 2004 l'Autorità di Bacino del Po ha condotto in collaborazione con il CNR-IRPI di Torino una dettagliata ed approfondita attività di raccolta ed organizzazione di tutte le informazioni disponibili in relazione alle rotte storiche verificatesi nel tratto medio inferiore dell'asta del Po – da Zerbo (Pavia) a Serravalle (Ferrara).

In particolare, sono state censite, a partire dalla gravissima piena del 1801, 225 rotte, delle quali 204 casi avvenute nell'arginatura maestra del fiume Po e 25 casi nel tratto finale delle arginature degli affluenti principali. Per ognuna di tali rotte è stato raccolto ed organizzato materiale d'archivio disponibile, riguardante in particolare luogo e data della rotta, meccanismo di rottura, dimensione del varco, dati idrometrici alla stazione di misura più vicina, informazioni in relazione alle dinamiche e alle superfici di inondazione.

Nel cinquantennio successivo alla piena catastrofica del 1951, il sistema arginale, pur sottoposto a locali e talora gravi situazioni di minaccia, ha manifestato nel complesso una valida resistenza alle piene straordinarie che si sono manifestate.

È inoltre stato sviluppato a conclusione dell'attività un database, liberamente accessibile, sulle rotte nell'arginatura maestra del Po [16].

Risultato importante, focalizzando l'attenzione sui meccanismi che hanno portato all'apertura del varco nella difesa, è che (**Figura 8**):

- **nel 71.5% dei casi la fonte riporta come meccanismo la tracimazione;**
- nel 15.5% dei casi il meccanismo è attribuito al sifonamento;
- nel 5% dei casi la difesa ha ceduto per erosione al piede;
- nel 5% dei casi cause secondarie hanno portato all'apertura del varco nell'argine (spesso per cedimento di una chiavica);

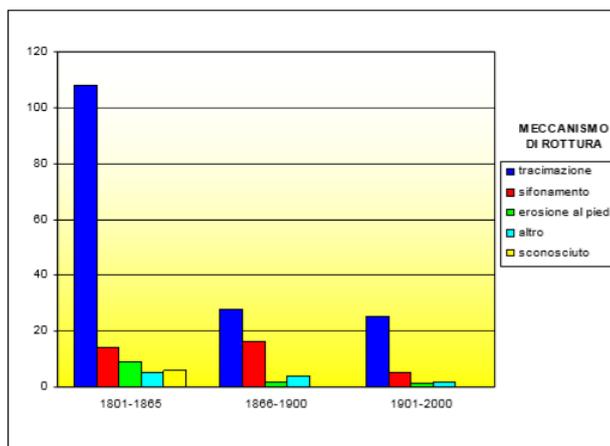


Figura 8: Meccanismi di rottura arginale

Nel seguito si riportano le tavole con l'indicazione delle rotte arginali storiche (**Figura 10, Figura 12, Figura 13 e Figura 11**) e la loro geolocalizzazione su Google Earth (**Figura 14 e Figura 15**).

I diversi meccanismi di rottura sono evidenziati dal colore del simbolo: rosso per il sifonamento, blu per la tracimazione, verde per l'erosione al piede, azzurro per altre cause secondarie; il colore giallo indica le cause sconosciute (**Figura 9**).

Il grado di precisione nell'ubicazione è definito dalla forma del simbolo, come si osserva in Legenda (**Figura 9**).

Ogni simbolo è contrassegnato dal codice identificativo di ciascuna rotta, così come descritto e riportato sulla Tabella con l'elenco cronologico delle rotte (**Figura 16**) e sulle relative Schede Monografiche (**Figura 17, Figura 18, Figura 19, Figura 20, Figura 21 e Figura 22**), riportate per il tratto di interesse.

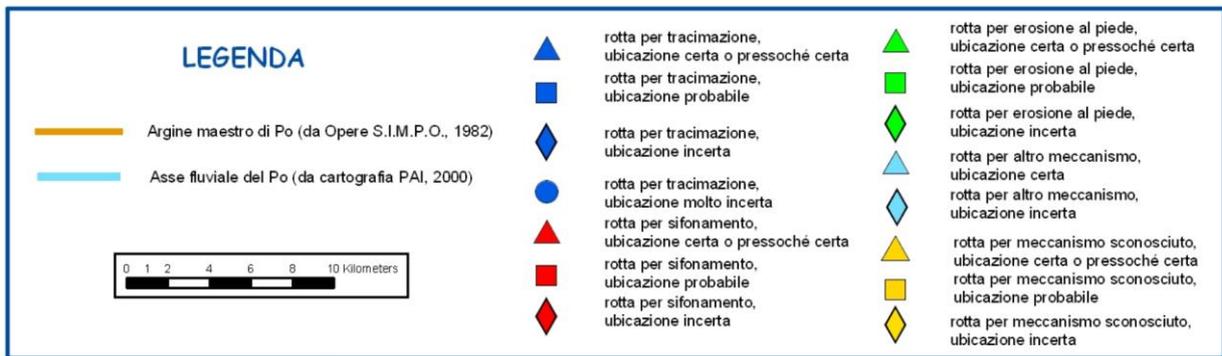


Figura 9: Legenda censimento delle rotte storiche

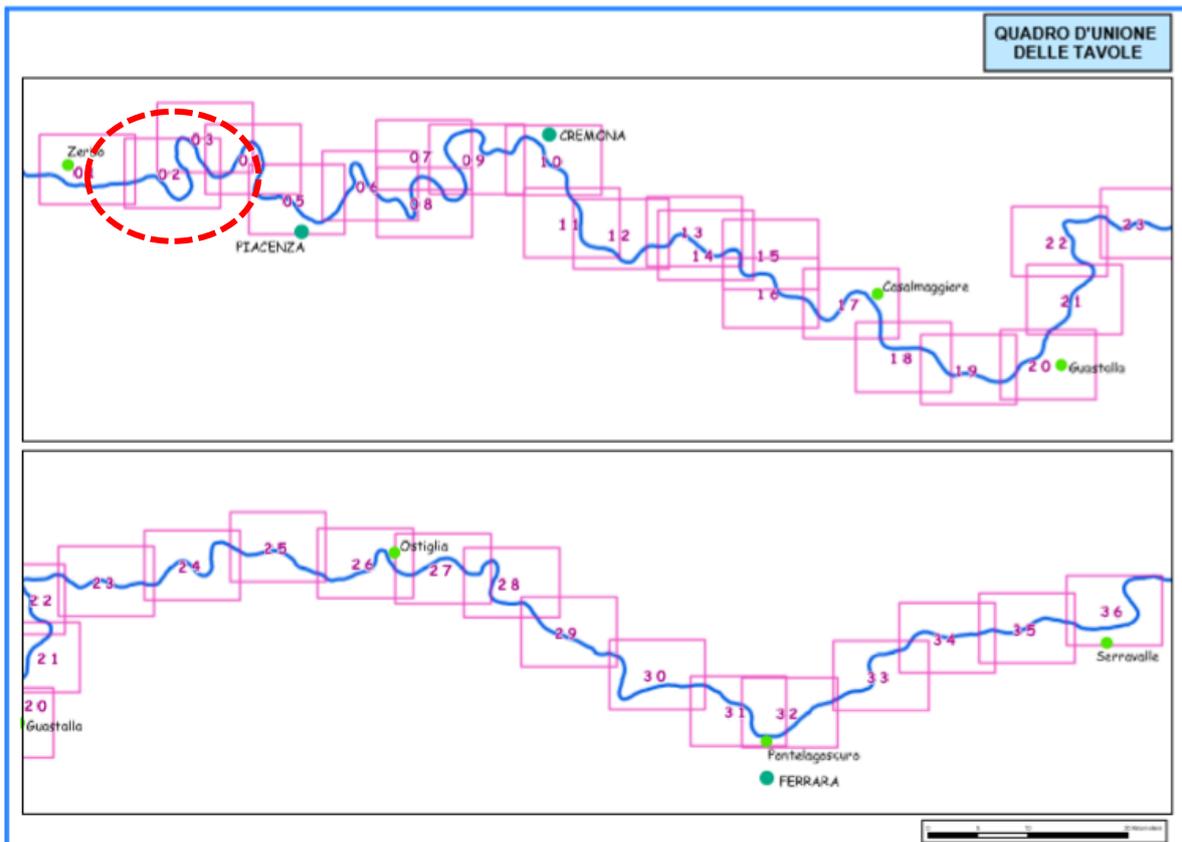


Figura 10: Quadro di unione delle tavole (Tavole 01 e 02 di interesse)

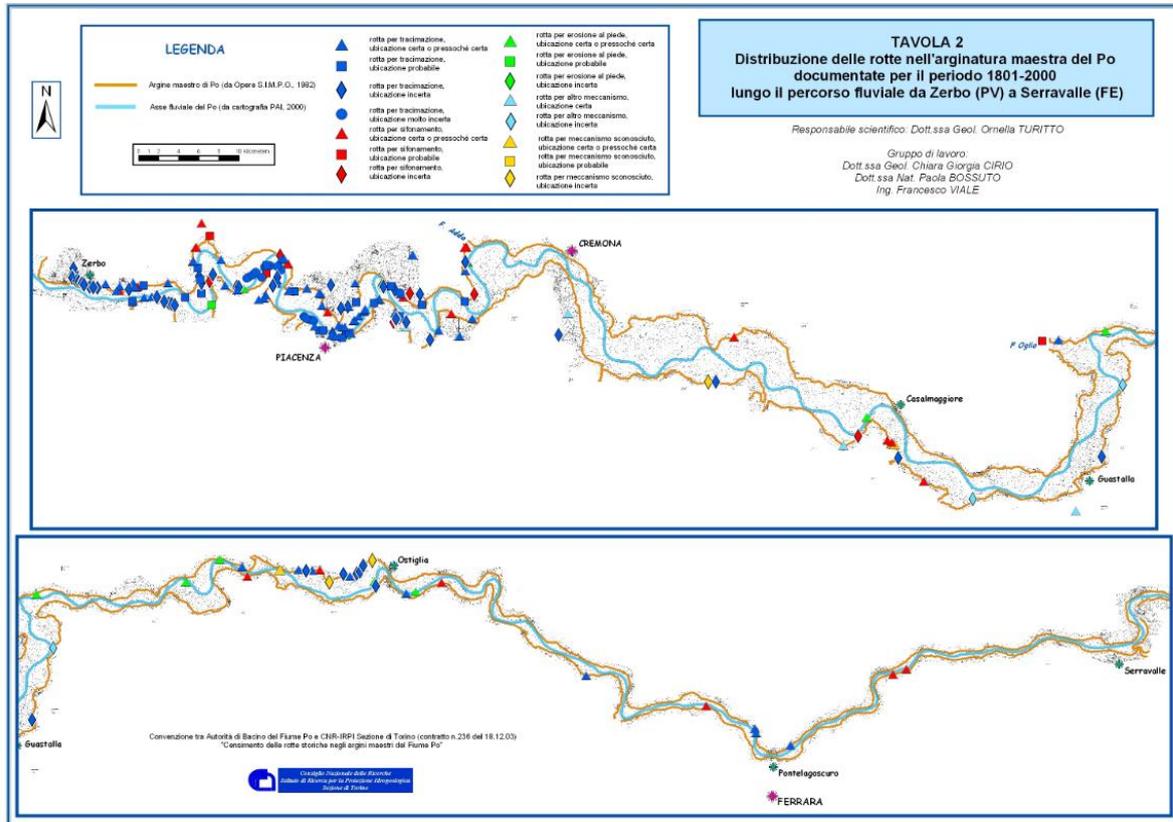


Figura 11: Tabella sintetica delle criticità lungo l'asta del Po

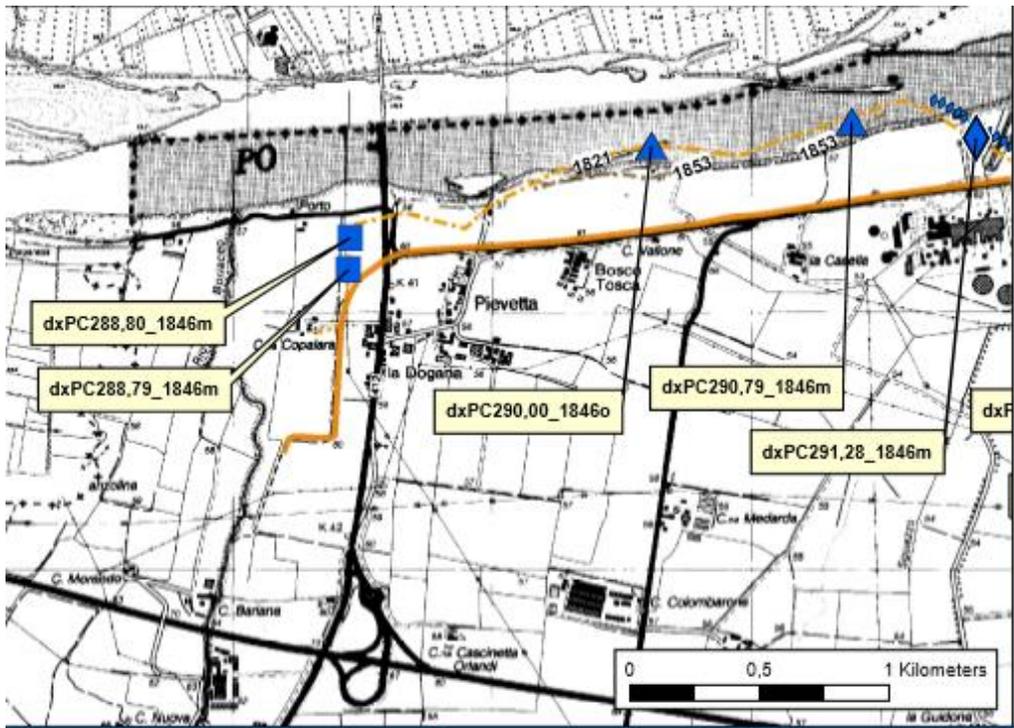
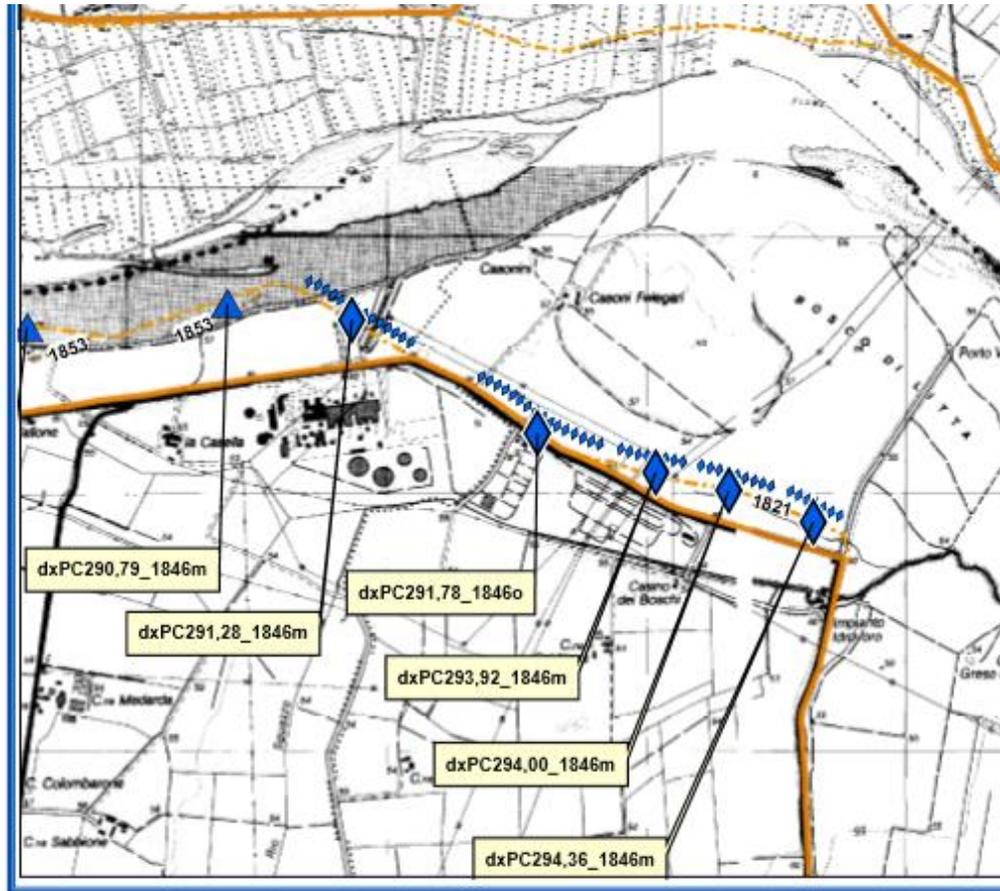


Figura 13: Tavole 01 e 02 ubicazione rotte, zoom nel tratto di interesse

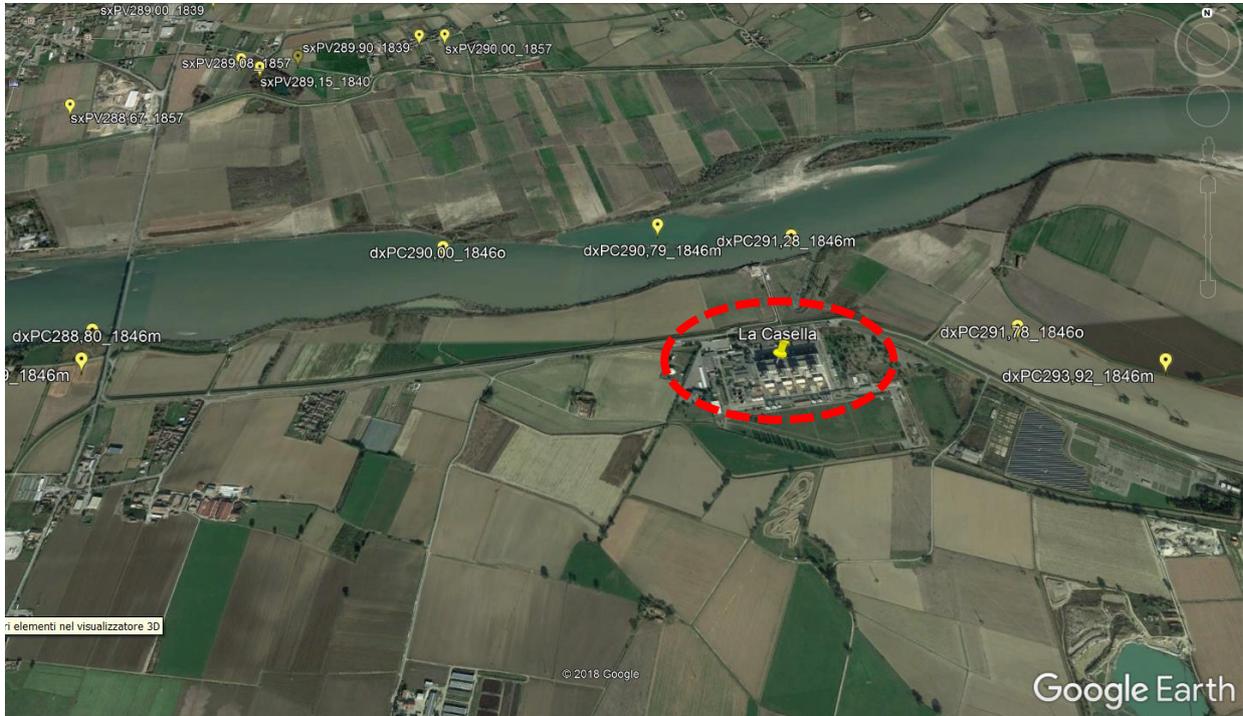


Figura 14: Geolocalizzazione delle rotte



Figura 15: Geolocalizzazione delle rotte

T-cronologia_rotte_po

ELENCO CRONOLOGICO DELLE ROTTE DOCUMENTATE								
Id	codice della rotta	data	località	comune	provincia	ubicazione	meccanismo	fonti
1	sxLO306,32_1801	1801/11	Budrio Paino di Corte Sant'Andrea	Senna Lodigiana	Lodi	certa	tracimazione	Leoni & Maganzini, 1878 Gallizia, 1878
2	sxLO316,20_1801	1801/11	Gargatano	Somaglia	Lodi	pressoché certa	tracimazione	Gallizia, 1878
3	sxLO325,00_1801	1801/11	Bodrio delle Canne	San Rocco al Porto	Lodi	certa	tracimazione	Leoni & Maganzini, 1878 Gallizia, 1878
4	sxLO327,42_1801	1801/11	Zappellone	San Rocco al Porto	Lodi	incerta	tracimazione	Gallizia, 1878
5	sxLO331,75_1801	1801/11	Mezzana Casati	San Rocco al Porto	Lodi	incerta	tracimazione	Gallizia, 1878
6	sxLO338,15_1801	1801/11	Regona	Regona	Lodi	probabile	tracimazione	Gallizia, 1878
7	sxLO348,80_1801	1801/11	Mezzanasso	Caselle Landi	Lodi	incerta	tracimazione	Gallizia, 1878
8	sxLO360,95_1801	1801/11	Le Bocche	Castelnuovo Bocca d'Adda	Lodi	pressoché certa	tracimazione	Gallizia, 1878

T-cronologia_rotte_po

63	sxPV289,15_1840	1840/11/05	400 m a monte della Chiavica Raschina	Pieve Porto Morone	Pavia	certa	sifonamento	Leoni & Maganzini, 1878 Gallizia, 1878 Tarchini, 1846
64	sxPV303,19_1841	1841/10/29	Chiavica del Reale	Chignolo Po	Pavia	certa	sifonamento	Leoni & Maganzini, 1878 Gallizia, 1878 Tarchini, 1846
65	dxPC327,85_1841	1841/10/30	Argine sinistro di rigurgito della Fodesta	Piacenza	Piacenza	incerta	tracimazione	Leoni & Maganzini, 1878 Gallizia, 1878
66	dxPC300,56_1841	1841/10/30	Argine del Boscone Cusani	Rottofreno	Piacenza	incerta	sifonamento	Leoni & Maganzini, 1878 Gallizia, 1878
67	sxLO337,90_1843	1843/02/20-25	Regona	Santo Stefano Lodigiano (oggi Piacenza)	Lodi (oggi Piacenza)	incerta	erosione al piede	Gallizia, 1878
68	dxPC288,80_1846m	1846/05/18	Argine della Copalara, fondo Calesi (o Calvi)	Castel San Giovanni	Piacenza	probabile	tracimazione	Leoni & Maganzini, 1878
69	dxPC288,80_1846m	1846/05/18	Argine della Copalara, appena superiormente alla svolta dell'argine	Castel San Giovanni	Piacenza	probabile	tracimazione	Leoni & Maganzini, 1878
70	dxPC290,79_1846m	1846/05/18	Argine di Bosco Tosca, poco superiormente alla Casa San Giovanni	Castel San Giovanni	Piacenza	pressoché certa	tracimazione	Leoni & Maganzini, 1878
71	dxPC291,28_1846m	1846/05/18	Argine di Bosco Tosca, al Vittore Vecchio Marazzani	Castel San Giovanni	Piacenza	incerta	tracimazione	Leoni & Maganzini, 1878
72	dxPC293,92_1846m	1846/05/18	Argine tra le chiaviche dell'isola e della Fossinella, alla fronte del Sito Nuovo Marangani (o Marezzani)	Sarmato	Piacenza	incerta	tracimazione	Leoni & Maganzini, 1878
73	dxPC294,00_1846m	1846/05/18	Argine tra le chiaviche dell'isola e della Fossinella, inferiormente al Sito Nuovo Marangani (o Marezzani)	Sarmato	Piacenza	incerta	tracimazione	Leoni & Maganzini, 1878
74	dxPC294,36_1846m	1846/05/18	Argine tra le chiaviche dell'isola e della Fossinella, presso la svolta dell'argine	Sarmato	Piacenza	incerta	tracimazione	Leoni & Maganzini, 1878
75	dxPC311,40_1846m	1846/05/18	Argine del Mezzano Vigoleno, nel fondo Scotti	Calendasco (oggi Senna Lodigiana)	Piacenza (oggi Lodi)	molto incerta	tracimazione	Leoni & Maganzini, 1878
76	dxPC312,14_1846m	1846/05/18	Argine del Mezzano Vigoleno, poco inferiormente al fondo Scotti	Calendasco (oggi Senna Lodigiana)	Piacenza (oggi Lodi)	molto incerta	tracimazione	Leoni & Maganzini, 1878
77	dxPC312,61_1846m	1846/05/18	Argine del Mezzano Vigoleno, fondi Bignami (4 varchi)	Calendasco (oggi Senna Lodigiana)	Piacenza (oggi Lodi)	molto incerta	tracimazione	Leoni & Maganzini, 1878
78	dxPC313,75_1846m	1846/05/18	Argine del Rastello, al confine Bignami-San Germano	Calendasco	Piacenza	molto incerta	tracimazione	Leoni & Maganzini, 1878

Figura 16: Tabella sintetica delle criticità storiche, riquadrate nel tratto di indagine

(<http://geoclimalp.to.cnr.it/Rotte/documentazione/cronologia.pdf>)

In conclusione, nel tratto di studio, le rotte sono tutte dovute a sormonto del vecchio argine; si sottolinea che questo coincide solo in minima parte con l'argine attuale perché la dinamica evolutiva dell'alveo ha indotto variazioni planimetriche dell'alveo.

Le rotte riportate nelle tavole sono nel seguito elencate:

1. dxPC288,80_1846m, PROBABILE;
2. dxPC288,79_1846m, PROBABILE;

3. **dxPC290,79_1846m, PRESSOCHE CERTA;**
4. dxPC291,28_1846m, INCERTA;
5. dxPC293,92_1846m, INCERTA;
6. dxPC294,00_1846m, INCERTA;
7. dxPC294,36_1846m, INCERTA.

Nelle pagine successive si riportano gli elaborati delle 7 rotte storiche sopra riportate, da cui si possono desumere le caratteristiche (ove note) degli eventi storicamenti accaduti.

DxPC288,80_1846m

Data della rotta: 18 maggio 1846 (Leoni & Maganzini, 1878)

Località: **Argine della Copalara, appena superiormente alla svolta dell'argine**

Comune: Castel San Giovanni

Provincia: Piacenza

Ubicazione della rotta: è da ritenersi **probabile** in quanto, secondo le informazioni fornite dalla fonte, è riferita a un punto dell'argine subito a monte "della svolta", nel luogo indicato sulla Carta del 1821 (Fig. 1); inoltre, sulla stessa carta si nota, tra le correzioni apportate nel 1853, l'arretramento dell'argine della Copalara.

Meccanismo di rottura: **tracimazione**

Dimensione del varco: dato non disponibile

Dati idrometrici: all'idrometro di **Carossa** (di fronte a Piacenza) la piena ha toccato il colmo alle ore 2 del giorno 19 maggio con m 6.76 sullo zero, posto a m 42.812 s.l.m. (Gallizia, 1878).

Informazioni sul territorio inondato: informazioni non disponibili



Fig. 1 - Ubicazione della rotta "Argine della Copalara, appena superiormente alla svolta dell'argine" sulla "Carta del Corso del Po dal Ticino al mare da rilievi eseguiti nel 1821 e aggiornati nel 1853, originale nella scala 1:15.000". Riproduzione ridotta del 50% circa a cura del Magistrato per il Po, Parma, 1994, TAV. 6.

Figura 17: Scheda monografica rotta dxPC288,80_1846m

DxPC290,79_1846m

Data della rotta: 18 maggio 1846 (Leoni & Maganzini, 1878)

Località: Argine di Bosco Tosca, poco superiormente alla casa San Giovanni

Comune: Castel San Giovanni

Provincia: Piacenza

Ubicazione della rotta: è da ritenersi **pressoché certa** in quanto riferita ad un punto dell'argine "poco superiormente alla Casa San Giovanni", come indicato sulla Carta del 1821 (Fig. 1), dove peraltro compare una breve coronella; in base alle correzioni apportate nel 1853 sulla stessa carta, l'intera linea arginale risulta molto arretrata verso campagna, anche per lo spostamento del fiume a spese della sponda destra.

Meccanismo di rottura: **tracimazione**

Dimensione del varco: m 176

Dati idrometrici: all'idrometro di **Carossa** (di fronte a Piacenza) la piena ha toccato il colmo alle ore 2 del giorno 19 maggio con m 6.76 sullo zero, posto a m 42.812 s.l.m. (Gallizia, 1878).

Informazioni sul territorio inondato: informazioni non disponibili

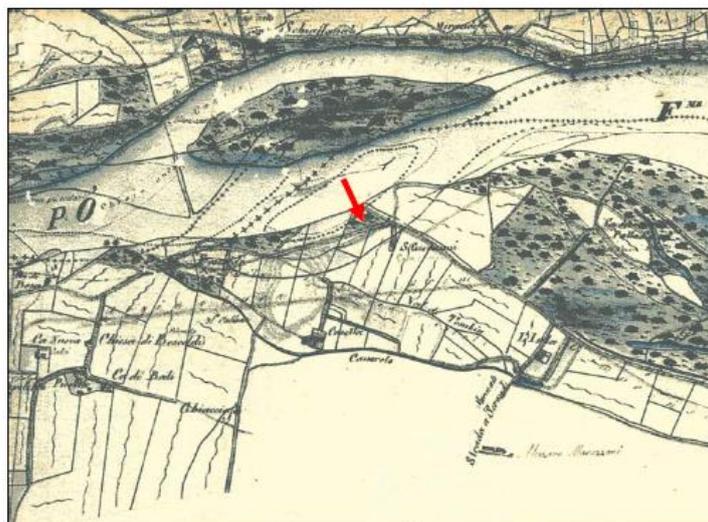


Fig. 1 - Ubicazione della rotta "Argine di Bosco Tosca, poco superiormente alla casa San Giovanni" sulla "Carta del Corso del Po dal Ticino al mare da rilievi eseguiti nel 1821 e aggiornati nel 1853, originale nella scala 1:15.000". Riproduzione ridotta del 50% circa a cura del Magistrato per il Po, Parma, 1994, TAV. 6.

Figura 18: Scheda monografica dxPC288,79_1846m

DxPC291,28_1846m

Data della rotta: 18 maggio 1846 (Leoni & Maganzini, 1878)

Località: **Argine di Bosco Tosca, al Vittore Vecchio Marazzani**

Comune: Castel San Giovanni

Provincia: Piacenza

Ubicazione della rotta: è da ritenersi **incerta** in quanto non puntuale (il toponimo Vittore Vecchio Marezzani non compare sulle cartografie disponibili), ma riferita al tratto d'argine che si sviluppa tra la località San Giovanni (luogo del varco aperto più a monte) e la Chiavica dell'Isola (luogo del varco aperto più a valle), tratto arginale successivamente abbandonato, come risulta sulla Carta del 1821 (Fig. 1).

Meccanismo di rottura: **tracimazione**

Dimensione del varco: m 16

Dati idrometrici: all'idrometro di **Carossa** (di fronte a Piacenza) la piena ha toccato il colmo alle ore 2 del giorno 19 maggio con m 6.76 sullo zero, posto a m 42.812 s.l.m. (Gallizia, 1878).

Informazioni sul territorio inondato: informazioni non disponibili

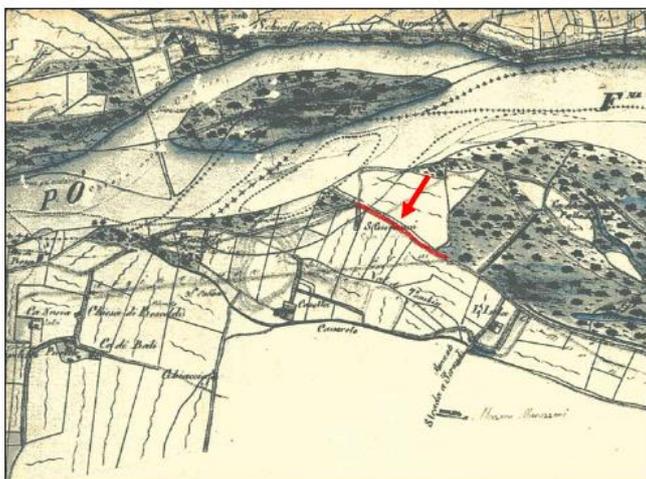


Fig. 1 - Ubicazione della rotta "Argine di Bosco Tosca, al Vittore Vecchio Marazzani" sulla "Carta del Corso del Po dal Ticino al mare da rilievi eseguiti nel 1821 e aggiornati nel 1853, originale nella scala 1:15.000". Riproduzione ridotta del 50% circa a cura del Magistrato per il Po, Parma, 1994, TAV. 6.

Figura 19: Scheda monografica dxPC291,28_1846m

DxPC293,92_1846m

Data della rotta: 18 maggio 1846 (Leoni & Maganzini, 1878)

Località: Argine tra le chiaviche dell'Isola e della Fossinella, alla fronte del Sito Nuovo Marangani (o Marezzani)

Comune: Sarmato

Provincia: Piacenza

Ubicazione della rotta: è da ritenersi **incerta** in quanto non puntuale, ma riferita al settore di monte del tratto arginale sviluppato tra le Chiaviche Isola e Fossinella, indicate sulla Carta del 1821 (Fig. 1); lungo questo stesso tratto, infatti, si sono aperti altri due varchi (schedati separatamente) con grave pregiudizio della difesa, che è stata ricostruita in ritiro, come emerge dalle correzioni apportate nel 1853 sulla stessa carta.

Meccanismo di rottura: **tracimazione**

Dimensione del varco: m 80

Dati idrometrici: all'idrometro di **Carossa** (di fronte a Piacenza) la piena ha toccato il colmo alle ore 2 del giorno 19 maggio con m 6.76 sullo zero, posto a m 42.812 s.l.m. (Gallizia, 1878).

Informazioni sul territorio inondato: informazioni non disponibili

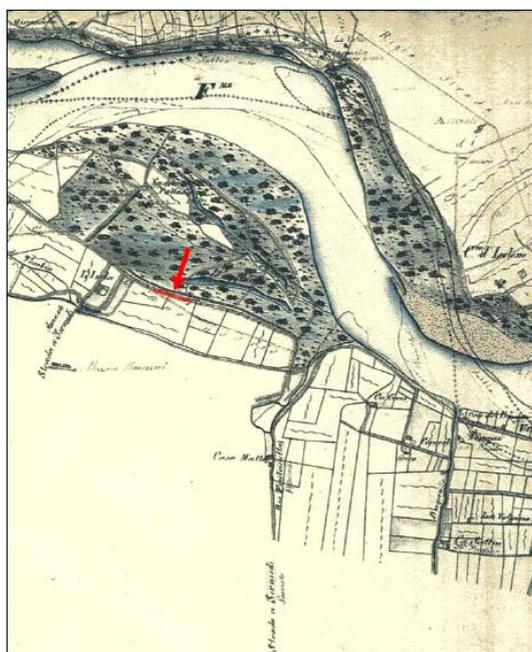


Fig. 1 - Ubicazione della rotta "Argine tra le chiaviche dell'Isola e della Fossinella, alla fronte del Sito Nuovo Marangani (o Marezzani)" sulla "Carta del Corso del Po dal Ticino al mare da rilievi eseguiti nel 1821 e aggiornati nel 1853, originale nella scala 1:15.000". Riproduzione ridotta del 50% circa a cura del Magistrato per il Po, Parma, 1994, TAV. 6.

Figura 20: Scheda monografica dxPC293,92_1846m

DxPC294,00_1846m

Data della rotta: 18 maggio 1846 (Leoni & Maganzini, 1878)

Località: Argine tra le chiaviche dell'Isola e della Fossinella, inferiormente al Sito

Nuovo Marangani (o Marezzani)

Comune: Sarmato

Provincia: Piacenza

Ubicazione della rotta: è da ritenersi **incerta** in quanto non puntuale, ma riferita al settore centrale del tratto arginale sviluppato tra le Chiaviche Isola e Fossinella, indicate sulla Carta del 1821 (Fig. 1); lungo questo stesso tratto, infatti, si sono aperti altri due varchi (schedati separatamente) con grave pregiudizio della difesa, che è stata ricostruita in ritiro, come emerge dalle correzioni apportate nel 1853 sulla stessa carta.

Meccanismo di rottura: **tracimazione**

Dimensione del varco: m 70

Dati idrometrici: all'idrometro di **Carossa** (di fronte a Piacenza) la piena ha toccato il colmo alle ore 2 del giorno 19 maggio con m 6.76 sullo zero, posto a m 42.812 s.l.m. (Gallizia, 1878)

Informazioni sul territorio inondato: informazioni non disponibili

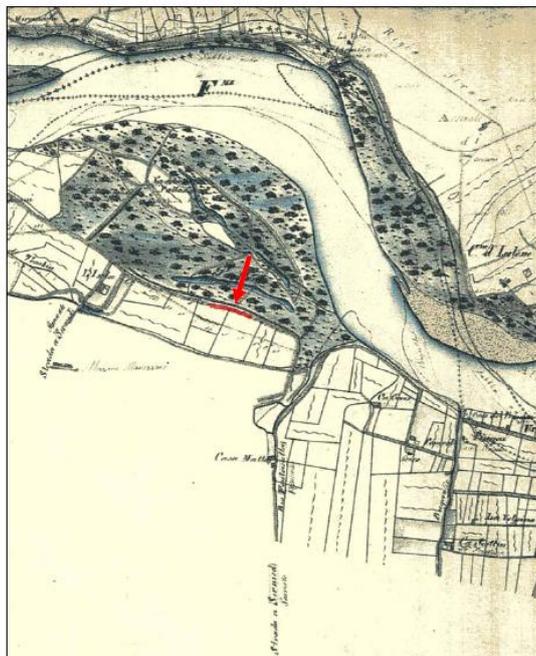


Fig. 1 - Ubicazione della rotta "Argine tra le chiaviche dell'Isola e della Fossinella, inferiormente al Sito Nuovo Marangani (o Marezzani)" sulla "Carta del Corso del Po dal Ticino al mare da rilievi eseguiti nel 1821 e aggiornati nel 1853, originale nella scala 1:15.000". Riproduzione ridotta del 50% circa a cura del Magistrato per il Po, Parma, 1994, TAV. 6.

Figura 21: Scheda monografica dxPC294,00_1846m

DxPC294,36_1846m

Data della rotta: 18 maggio 1846 (Leoni & Maganzini, 1878)

Località: Argine tra le Chiaviche dell'Isola e della Fossinella, presso la svolta dell'argine

Comune: Sarmato

Provincia: Piacenza

Ubicazione della rotta: è da ritenersi **incerta** in quanto non puntuale, ma riferita al settore di valle del tratto arginale ("presso la svolta") sviluppato tra le Chiaviche Isola e Fossinella, indicate sulla Carta del 1821 (Fig. 1); lungo questo stesso tratto, infatti, si sono aperti altri due varchi (schedati separatamente) con grave pregiudizio della difesa, che è stata ricostruita in ritiro, come emerge dalle correzioni apportate nel 1853 sulla stessa carta.

Meccanismo di rottura: **tracimazione**

Dimensione del varco: m 16

Dati idrometrici: all'idrometro di **Carossa** (di fronte a Piacenza) la piena ha toccato il colmo alle ore 2 del giorno 19 maggio con m 6.76 sullo zero, posto a m 42.812 s.l.m. (Gallizia, 1878).

Informazioni sul territorio inondato: informazioni non disponibili

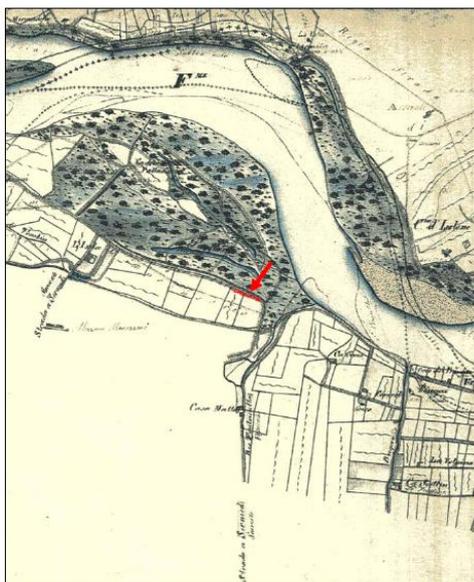


Fig. 1 - Ubicazione della rotta "Argine tra le chiaviche dell'Isola e della Fossinella, presso la svolta dell'argine" sulla "Carta del Corso del Po dal Ticino al mare da rilievi eseguiti nel 1821 e aggiornati nel 1853, originale nella scala 1:15.000". Riproduzione ridotta del 50% circa a cura del Magistrato per il Po, Parma, 1994, TAV. 6.

Figura 22: Scheda monografica rotta dxPC294,36_1846m

5.2 Atlante 2014 Autorità di Bacino: aggiornamento censimento rotte storiche

In questo Atlante sono riportate le rotte storiche, già determinate da CNR IRPI Torino, su una cartografica più attuale, sulla quale sono tracciate anche le sezioni AIPO che caratterizzano tutta l'asta del Po, e le aggiorna al 2014 [13, 14 e 15] (Figura 23, Figura 24, Figura 25 e Figura 26).

Il quadro conoscitivo nella zona di interesse resta invariato.

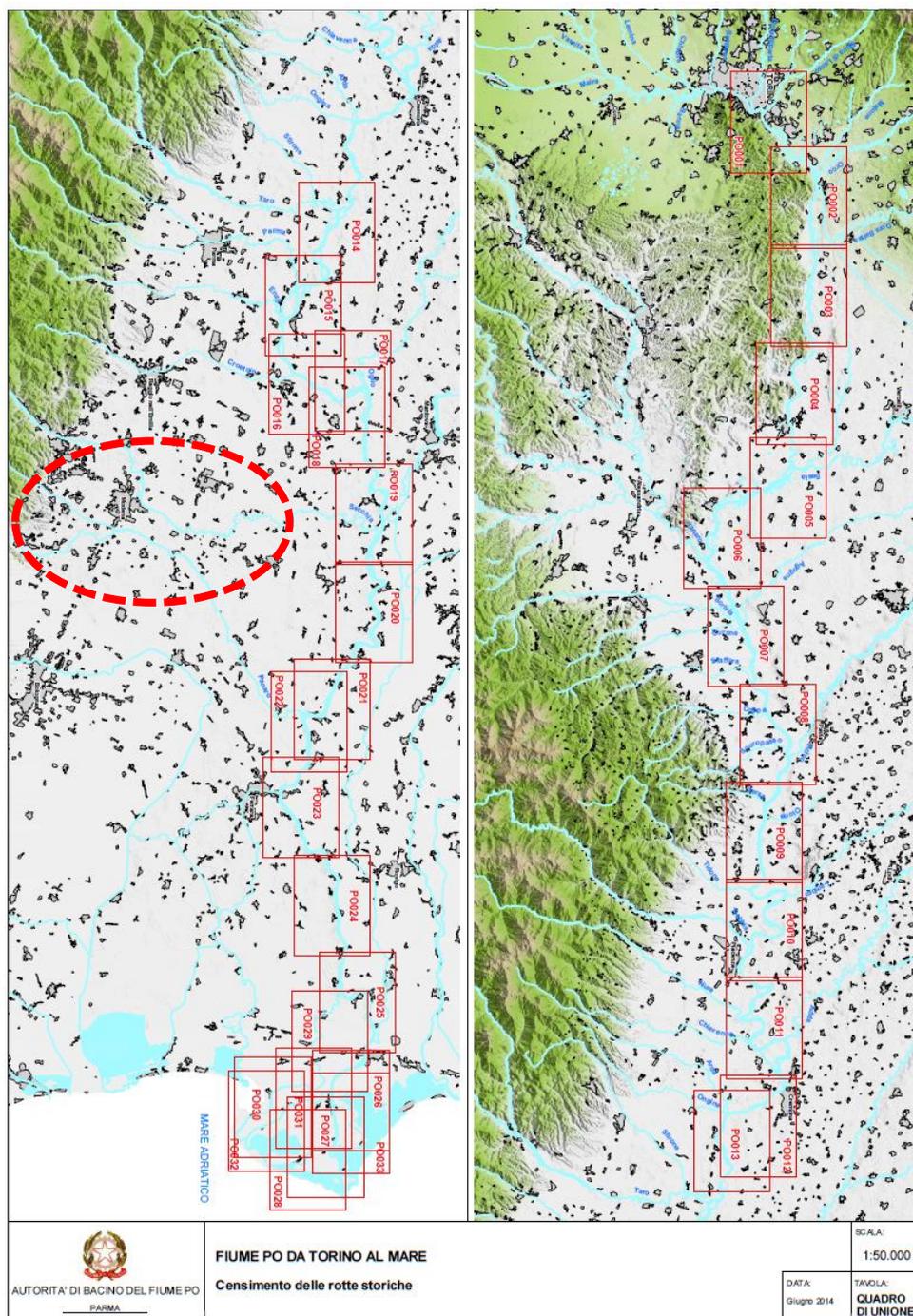


Figura 23: Quadro d'Unione (PO009 è il quadro di interesse)

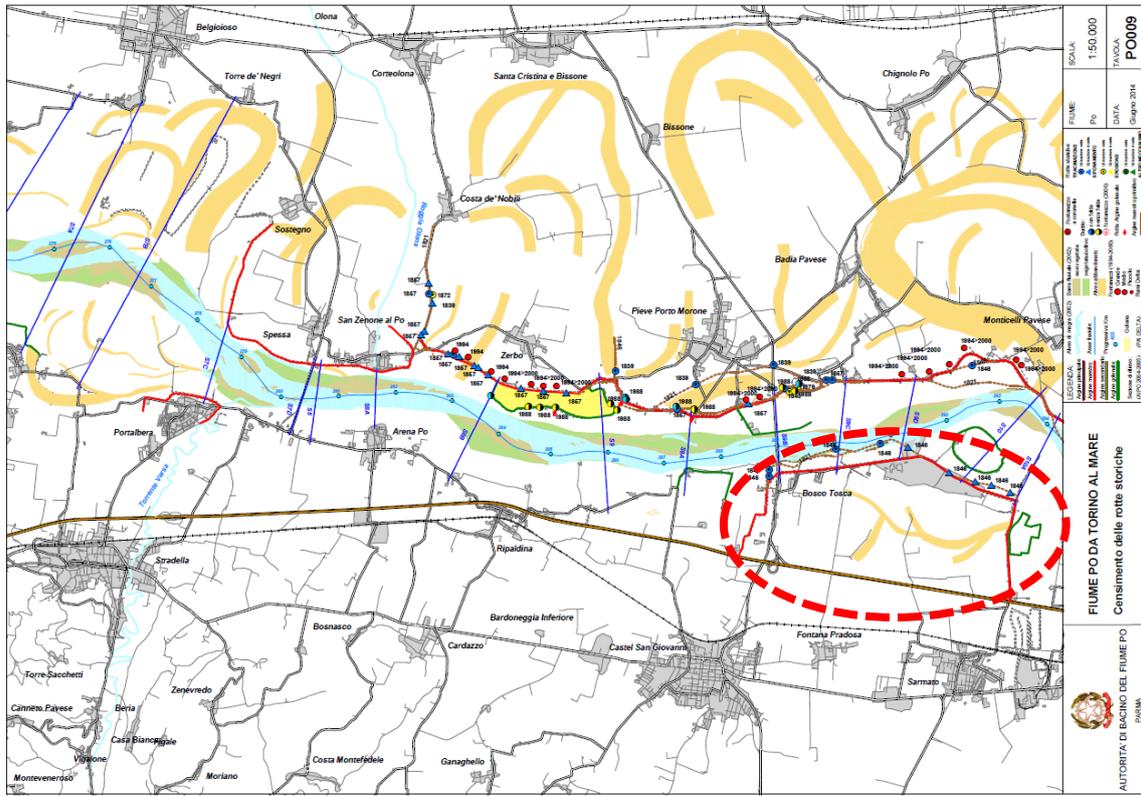


Figura 24: Tavola PO009

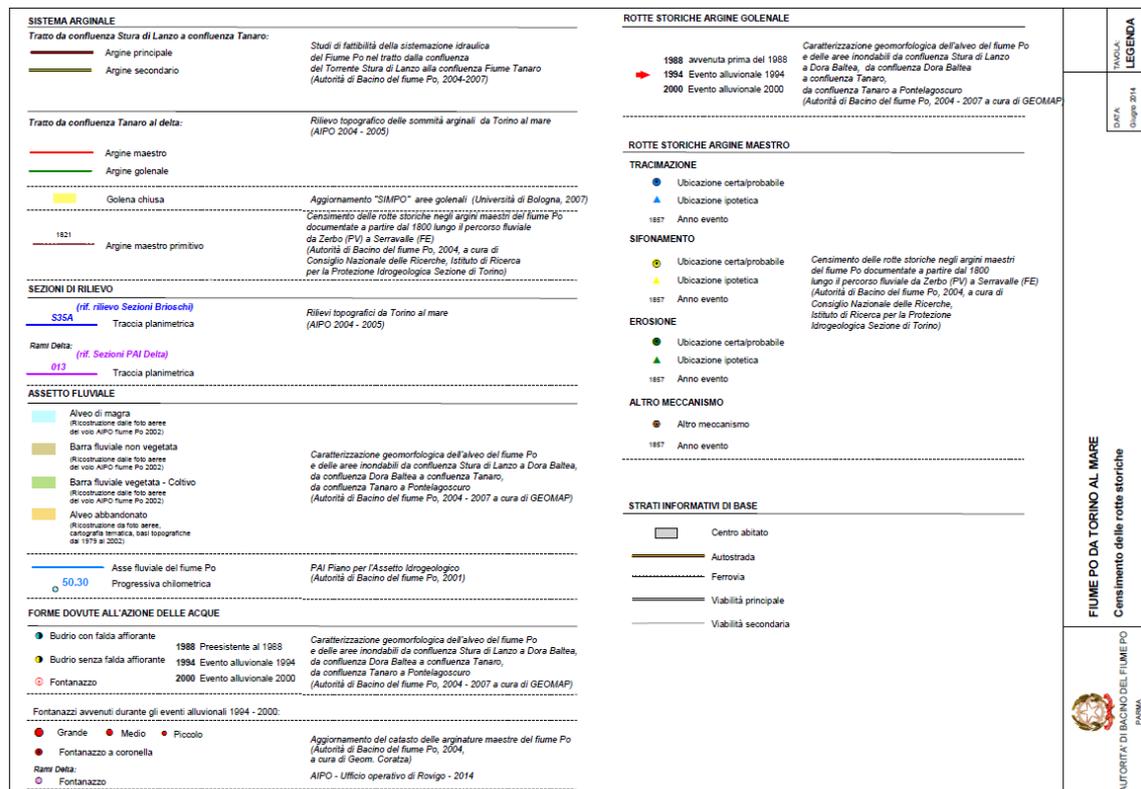


Figura 25: Legenda delle mappe del censimento delle rotte storiche 2014

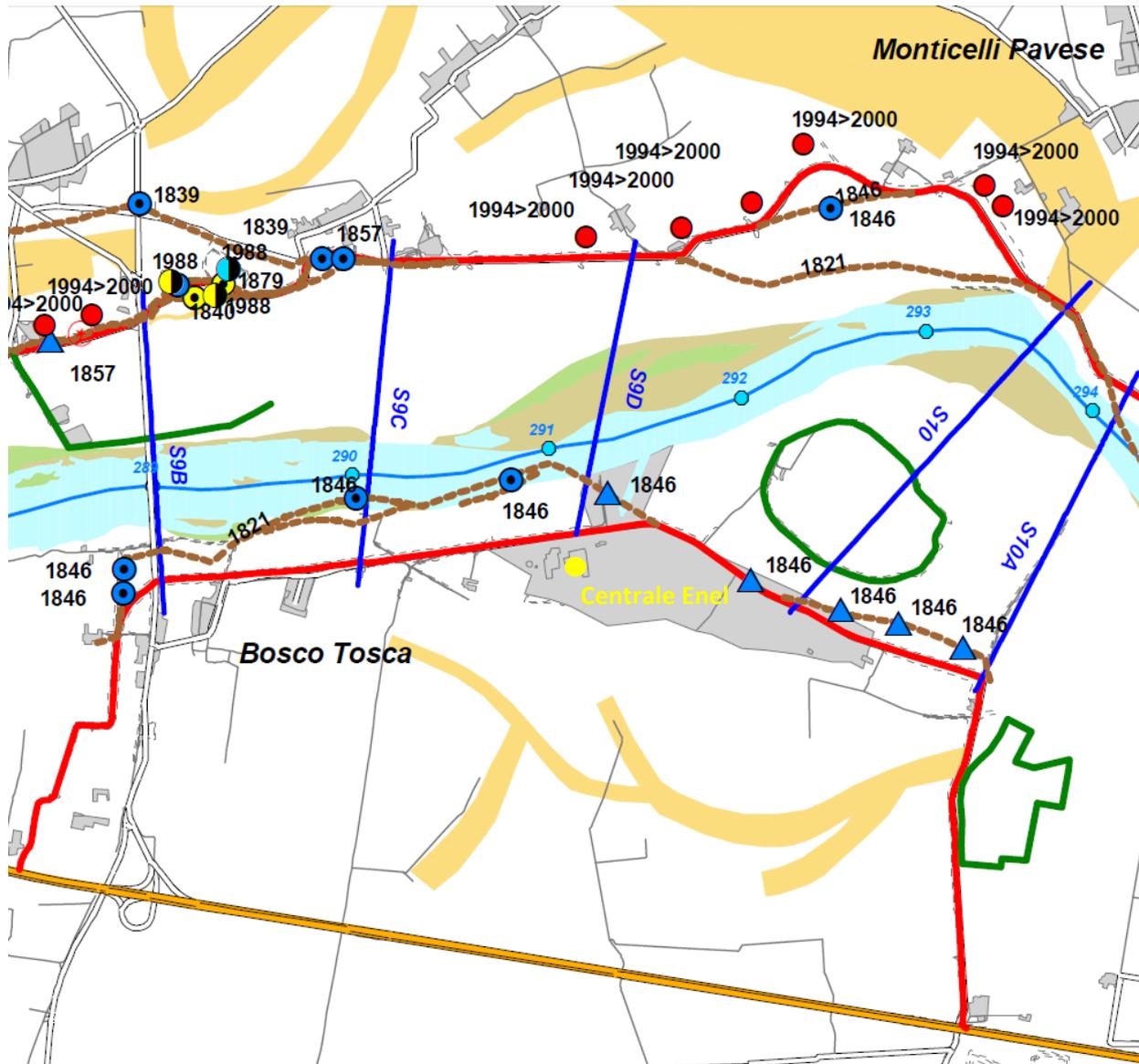


Figura 26: Tavola PO009: zoom Area dell'impianto di La Casella

5.2.1 Conclusioni

Si desume dal censimento delle rotte storiche CNR IRPI 2004 e dal successivo aggiornamento incorporato nell'Atlante 2014 di AdBPo, limitatamente alla sponda destra del Po, fra le sezioni S9B e S10A (sezioni AIPO):

- sul primitivo argine maestro del Po (tratteggio di colore marrone) vi sono state 4 rotte certe e 5 rotte di ubicazione incerta, tutte in corrispondenza dell'evento del 1846;
- il nuovo argine, a causa della divagazione planimetrica del fiume Po, non coincide con il vecchio argine, tranne per un breve tratto (vedi **Figura 26**) ove è riportata una sola rotta;
- **il meccanismo di rottura è attribuibile alla tracimazione dell'argine e non si registrano rotture per altre cause: sifonamento, erosione o altri meccanismi;**
- non sono stati osservati fontanazzi nella zona;
- l'argine non è in frodo, ma protetto da una fascia golenale non ampia fino alla sezione S9D e a valle di questa da un'area golenale molto ampia;
- **le dimensioni delle breccie storiche variano da un minimo di 16 m ad un massimo di 176 m.**

6 ATLANTI DELLE ARGINATURE MAESTRE DEL PO

Nel giugno 2014 sono stati pubblicati 3 Atlanti delle arginature del fiume Po nel tratto da Torino al mare (<https://adbpo.gov.it/atlanti-del-po/>), che rappresentano [13, 14, 15 e 17]:

- Censimento delle rotte storiche con Catasto arginature maestre (già illustrato) [13];
- Analisi del livello di sicurezza rispetto al sormonto [14];
- Analisi del livello di sicurezza delle arginature rispetto al sifonamento, allo sfiancamento e al rischio sismico [15].

L'Atlante del censimento delle rotte storiche inoltre integra il precedente *Catasto delle arginature Maestre del Po* del 2004 [17] e contiene le principali informazioni relative alle arginature maestre del fiume Po nel tratto compreso fra la confluenza del fiume Tanaro e l'incile del Po di Goro: in particolare le tabelle riepilogative dei profili di piena e delle quote di sommità arginale, le tavole delle principali caratteristiche delle arginature e delle condizioni di criticità presenti, le sagome arginali precedenti e successive ai lavori di ringrosso e rialzo realizzati in seguito ai più recenti eventi di piena.

L'insieme dei dati contenuti nell'Atlante consente di definire un quadro conoscitivo omogeneo delle attuali condizioni di sicurezza del sistema delle arginature maestre dell'asta medio inferiore del fiume Po.

Nell'atlante sono rappresentate in forma tabellare le informazioni sui franchi arginali rispetto a 3 profili di piena: PAI, SIMPO82 e al profilo della piena dell'evento del 2000.

Per quanto riguarda le informazioni topografiche (comprese le quote di sommità arginale) derivano da DTM e rilievi realizzati nel 2004/2005 da AIPO e AdBPo sull'asta del Po (escluso il Delta).

Nel presente studio tutti i dati arginali di interesse sono desunti da tali Atlanti.

6.1 Atlante delle sezioni trasversali del corpo arginale maestro del fiume Po

Nel seguito si riporta il catasto aggiornato delle arginature e le sezioni arginali nel tratto di indagine (tabelle, planimetrie e sezioni trasversali), desunte dall'atlante cartografico generale da foce Tanaro all'incile del Po di Goro.

Nel catasto sono riportate le tabelle per la rappresentazione dei franchi arginali nelle diverse sezioni rappresentative del fiume Po, in relazione ai 3 profili di piena descritti [17].

Aggiornamento catasto arginature maestre del fiume Po da foce Tanaro al Po di Goro - Riepilogo dati principali - Aggiornamento rilievi 2004 - 2005

ARGINATURA SINISTRA										distanze prognostiche alveo	ARGINATURA DESTRA							
franco piena almpo82	franco piena PAI Ti+200	franco piena 2000	n. sezione rilievo 1999	n. sezione rilievo AIPO 2004 - 2005	somm. arg. rilievo AIPO 2004-2005	livello piena rilievo ottobre 2000	livello piena PAI Ti+200 anni	località	località		livello piena almpo82	livello piena ott. 2000	n. sezione rilievo 1999	n. sezione rilievo AIPO 2004 - 2005	somm. arg. rilievo AIPO 2004-2005	franco piena 2000	franco piena PAI Ti+200	franco piena almpo82
2.29	1.35	2.04	24F	S24F	44.130	42.09	42.78			35744.00								
2.20	1.29	1.68	24E	S24E	44.380	42.70	43.09			366427.00								
2.33	1.43	1.53	24D	S24D	44.730	43.20	43.30	VENA ANSA	C. PIGNA	364790.00	41.84	42.60	24F					
1.85	1.00	1.26	24C	S24C	44.940	43.68	43.94			363332.00	42.40	42.60	24D					
1.86	1.45	1.28	24B	S24B	45.890	44.60	44.43	CAMPALAZZO ANSA PIVATA	PALAZZO VECCHIO	363000.00	43.09	43.90	24C					
2.43	1.65	1.14	24	S24	46.450	45.31	44.80	VENA DELLA VESPAIA	VENA DELLA VESPAIA	359243.00	44.02	44.60	24B					
1.94	1.37	1.00	23AD2BIS	S23AD2BIS	46.460	45.46	45.09			356080.00	44.52	45.45	23AD2BIS	S23AD2BIS	46.23	0.78	1.14	1.71
1.82	1.41	0.95	23AD0	S23AD0	46.720	45.77	45.31			359483.00	44.90	45.60	23AD0	S23AD0	46.35	0.75	1.04	1.45
1.03	0.86	0.87	23BIS	S23BIS	47.080	46.21	46.22			352793.00	46.05	46.16	23BIS	S23BIS	46.80	0.64	0.58	0.75
0.56	0.54	0.50	23	S23	47.350	46.85	46.81	C/VA MEZZANO BARTOLLO		349489.00	46.79	46.22	23	S23	46.93	2.71	2.12	2.14
0.90	0.77	0.45	22C	S22C	48.150	47.70	47.38	C/VA ROTTO		352046.00	47.25	46.16	22C	S22C	46.85	0.69	-0.53	-0.40
1.48	1.29	-0.22	22B	S22B	49.030	49.25	47.74	C/VA SERRA MARCONI		347983.00	47.54	46.45	22B	S22B	48.17	1.72	0.43	0.63
1.64	1.31	0.50	22A	S22A	49.750	49.25	48.44			348010.00	48.11	48.49	22A	S22A	49.11	0.62	0.67	1.00
1.09	0.59	0.44	22TER	S22TER	49.920	49.48	49.34			342952.00	48.83	48.68	22TER	S22TER	49.36	0.68	0.02	0.53
0.71	0.13	0.38	22BIS	S22BIS	49.880	49.50	49.75	C/VA BONCE	C. CARIGNANO	343515.00	49.17	49.06	22BIS	S22BIS	50.16	1.10	0.41	0.99
0.44	-0.21	0.20	22	S22	49.890	49.69	50.10	FORTE CASATI	FORTE BONCE	340482.00	49.46	49.16	22	S22	50.23	1.07	0.13	0.78
0.55	-0.05	0.14	21B	S21B	50.150	50.01	50.21	CABALLA LARGO	C/VA BONCE	339665.00	49.59	49.77	21B	S21B	50.65	0.88	0.44	1.06
0.57	0.01	-0.28	21A	S21A	50.390	50.67	50.38	SERRA	C/VA SERRA	338929.00	49.82	49.85	21A	S21A	50.92	1.07	0.94	1.10
0.43	0.02	0.10	21	S21	50.900	50.80	50.88	VALLETTA MORTIZIA	C/VA MORTIZIA CALATE	334446.00	50.47	50.52	21	S21	51.30	0.78	0.42	0.83
0.66	0.03	0.63	20C	S20C	51.330	50.70	51.30			333392.00	50.67	50.71	20C	S20C	51.70	0.99	0.40	1.03
1.22	0.43	0.85	20B	S20B	52.040	51.19	51.61			333508.00	50.82	50.90	20B	S20B	52.01	1.11	0.40	1.19
1.03	0.27	0.82	20A	S20A	51.920	51.00	51.65	FORTE AL	FORTE AL	330930.00	50.89	51.70	20A	S20A(X)	52.61	0.91	0.96	1.72
0.92	0.39	0.22	20	S20	52.980	52.76	52.59	FORTE PERA PERA	PALETTA	328322.00	52.06	52.52	20	S20	53.58	1.05	0.99	1.52
0.86	0.38	0.11	18A	S18A	53.000	52.99	52.62	FORTE BRAGALIA	FORTE BRAGALIA	328256.00	52.14	52.60	18A	S18A	54.14	0.94	1.52	2.00
0.40	0.55	0.19	18	S18	53.530	53.34	52.97	BOCCO AL PTO		325996.00	53.13	53.15	18	S18	54.11	0.56	1.14	0.98
0.09	0.28	0.26	17B	S17B	53.640	53.38	53.36	BRANDIMARCO	VENA TORRELLA	325094.00	53.55	53.40	17B	S17B	54.12	0.72	0.76	0.57
-0.21	0.01	0.12	17A	S17A	53.720	53.60	53.71			323348.00	53.93	53.46	17A	S17A	54.81	1.35	1.10	0.88
0.97	1.12	1.85	17BIS	S17BIS	55.400	53.55	54.28	VALLETTA		320306.00	54.43	54.03	17BIS	S17BIS	54.68	0.65	0.40	0.25
0.95	1.07	1.99	17	S17	55.540	53.55	54.47			319395.00	54.59	53.90	17	S17	55.47	1.57	1.00	0.88
0.99	0.77	1.00	16B	S16B	56.100	55.10	55.33			317179.00	55.11	54.68	16B	S16B	55.93	1.15	0.50	0.72
0.92	0.55	1.05	16A	S16A	56.280	55.20	55.69	C/VA BONAVILLA		316171.00	55.33	54.85	16A	S16A	56.12	1.27	0.43	0.79
0.25	-0.25	0.15	16	S16	56.800	55.65	56.05			314985.00	55.55	54.85	16	S16	56.05	1.20	0.00	0.50
0.61	0.13	0.53	15B	S15B	56.250	55.72	56.12	SERRA LUCIDIANA		314515.00	55.64	54.94	15B	S15B	56.42	1.48	0.30	0.78
0.72	0.30	1.01	15A	S15A	56.750	55.74	56.45	CRIZAFANE	C/VA DEL BONO	312368.00	56.03	55.48	15A	S15A	56.85	1.37	0.40	0.82
0.33	-0.01	1.02	15	S15	56.640	55.62	56.65	CAMB MUGNO	CAMB MUGNO	310704.00	56.31	55.61	15	S15	57.13	1.52	0.48	0.82
-0.07	-0.50	1.00	14A	S14A	56.620	55.62	57.12			308596.00	56.69	55.58	14A	S14A	57.24	1.65	0.12	0.55
0.37	-0.10	0.83	14	S14	57.230	56.40	57.33	FORTE LAUREA		307531.00	56.86	55.96	14	S14	57.90	1.94	0.67	1.04
0.31	0.12	1.25	13	S13	57.670	56.42	57.55	LAMPINO		309732.00	57.36	55.96	13	S13	57.90	1.94	0.35	0.54
0.17	0.21	1.55	12A	S12A	58.000	56.45	57.79	FORTE MARCO PIRELLA		303082.00	57.83	55.96	12A	S12A	57.80	1.84	0.01	-0.03
0.10	0.28	1.41	12	S12	58.210	56.80	57.93	C/VA ORSARI		304455.00	58.11	56.13	12	S12	58.25	2.12	0.32	0.14
0.12	0.28	1.44	11	S11	58.640	57.20	58.36			299274.00	58.52	57.63	11	S11	58.80	1.17	0.44	0.28
-0.30	-0.29	1.45	10B	S10B	58.650	57.20	58.94			297274.00	58.95	58.16	10B	S10B	58.32	0.16	-0.62	-0.63
-0.17	-0.35	1.38	10A	S10A	59.360	58.08	59.71			294478.00	59.53	58.45	10A	S10A	60.72	2.27	1.01	1.19
-0.19	-0.41	0.94	10	S10	59.460	58.52	59.87	MONTICELLI PAVESI		293906.00	59.65	58.60	10	S10	60.72	2.12	0.85	1.07
-0.57	-0.99	0.76	9D	S9D	59.540	58.78	60.53			291622.00	60.11	58.90	9D	S9D	60.26	1.36	-0.27	0.15
-0.25	-0.71	1.11	9C	S9C	59.980	58.87	60.69	BOGAPPIATA		290447.00	60.23	59.01	9C	S9C	61.45	2.44	0.76	1.22
1.93	1.37	3.29	9B	S9B	62.370	59.08	61.00	PTE SPAGNA AL	PIRETTA E BOCCO TORRE	289368.00	60.44	59.40	9B	S9B	61.80	2.40	0.80	1.36
0.78	0.38	1.80	9A	S9A	61.440	59.64	61.05	FORTE MARCO MARCONI	PARADISO S. GIACOMO	287750.00	60.66	59.66	9A	S9A	60.66	1.94	0.80	1.36
1.06	0.82	2.03	9	S9	61.930	59.90	61.11			286201.00	60.87	59.90	9	S9	60.87	1.94	0.80	1.36
0.90	0.72	1.89	8B	S8B	62.220	60.33	61.50			284375.08	61.32	60.33	8B	S8B	60.87	1.94	0.80	1.36
0.45	0.38	1.20	8A	S8A	62.280	61.08	61.90	A. ZENONI AL PO (VENA)		282474.20	61.79	60.74	8A	S8A	60.87	1.94	0.80	1.36
0.95	0.86	1.83	8	S8	62.930	61.10	62.07	SERRA		281434.84	61.98	60.73	8	S8	60.87	1.94	0.80	1.36
0.29	0.20	1.19	7D	S7D	62.290	61.10	62.09	PTE SPAGNA	PTE SPAGNA	281253.39	62.00	60.74	7D	S7D	60.87	1.94	0.80	1.36
1.14	1.05	1.60	7C	S7C	63.360	61.75	62.31			279385.04	62.22	60.83	7C	S7C	63.55	2.72	1.24	1.33
			7B	S7B	no argine	61.78	62.79			277426.76	62.68	61.33	7B	S7B	60.87	1.94	0.80	1.36
			7A	S7A	no argine	61.82	63.01			274854.04	62.89	61.53	7A	S7A	60.87	1.94	0.80	1.36
			7	S7	no argine	61.84	63.24			274595.61	63.12	61.83	7	S7	61.50	-0.33	-1.74	-1.62

Figura 27: Tabella dei franchi delle arginature maestre del Po

distanze progressive alveo	ARGINATURA DESTRA									
	località	livello piena simpo82	livello piena ott. 2000	quota arg. Dex	somm. arg. rilievo 1999	foto e/o note	n. sezione	franco piena 2000	franco piena Tr=200	franco piena simpo82
294475.00		59.53	58.45	60.94	59.58		10A	2.49	1.23	1.41
293906.00		59.65	58.60	59.89	59.88		10	1.29	0.02	0.24
291622.00	CENTRALE ENEL	60.11	58.90	60.44	60.33		9D	1.54	-0.09	0.33
290447.00		60.23	59.01	60.46	60.43		9C	1.45	-0.23	0.23
289368.00	PIEVETTA E BOSCO TOSCA	60.44	59.40	61.88	61.22		9B	2.48	0.88	1.44

Figura 28: Stralcio delle sezioni di interesse da Tabella dei franchi delle arginature

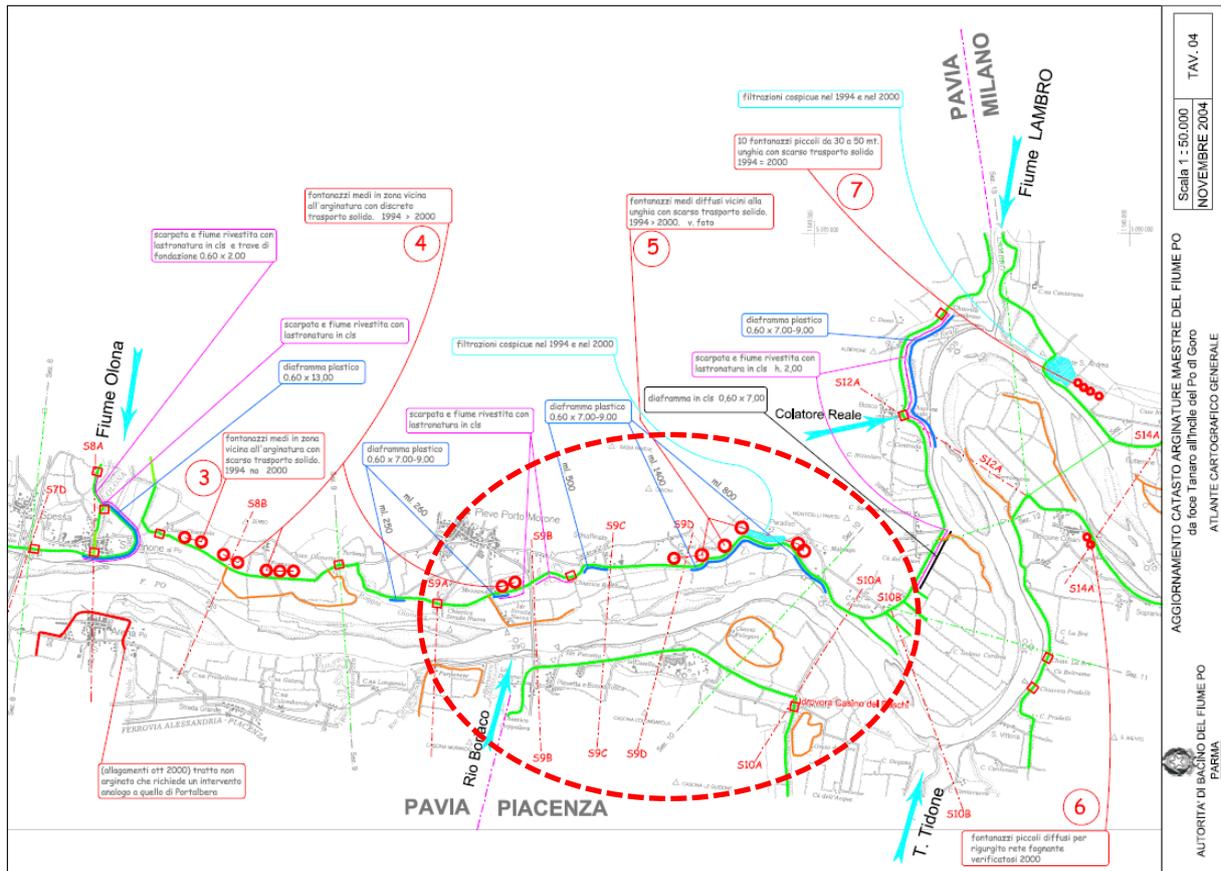


Figura 29: Traccia delle sezioni trasversali di interesse

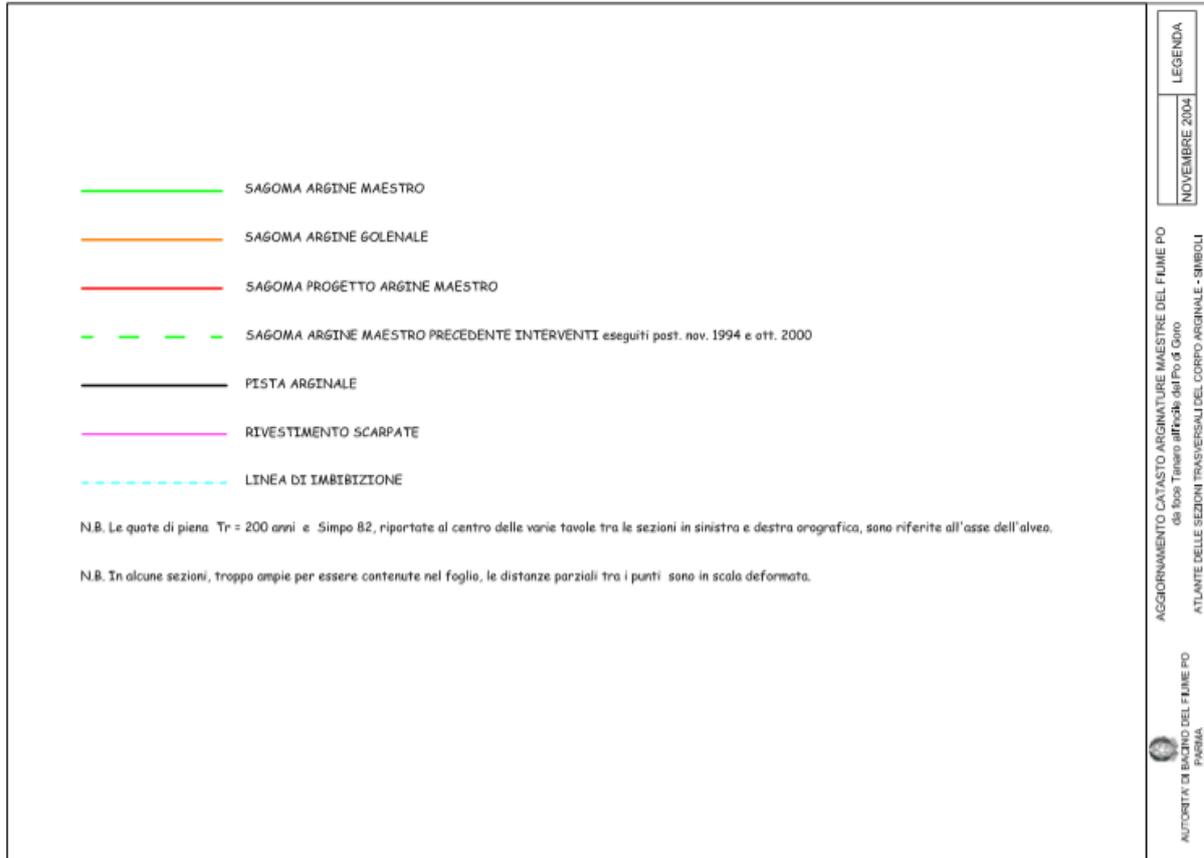


Figura 30: Legenda del catasto delle arginature maestre del fiume Po

Nel seguito si riportano gli elaborati tratti dall'Atlante delle sezioni trasversali del corpo arginale, relative al tratto di indagine prossimo all'area della Centrale di La Casella.

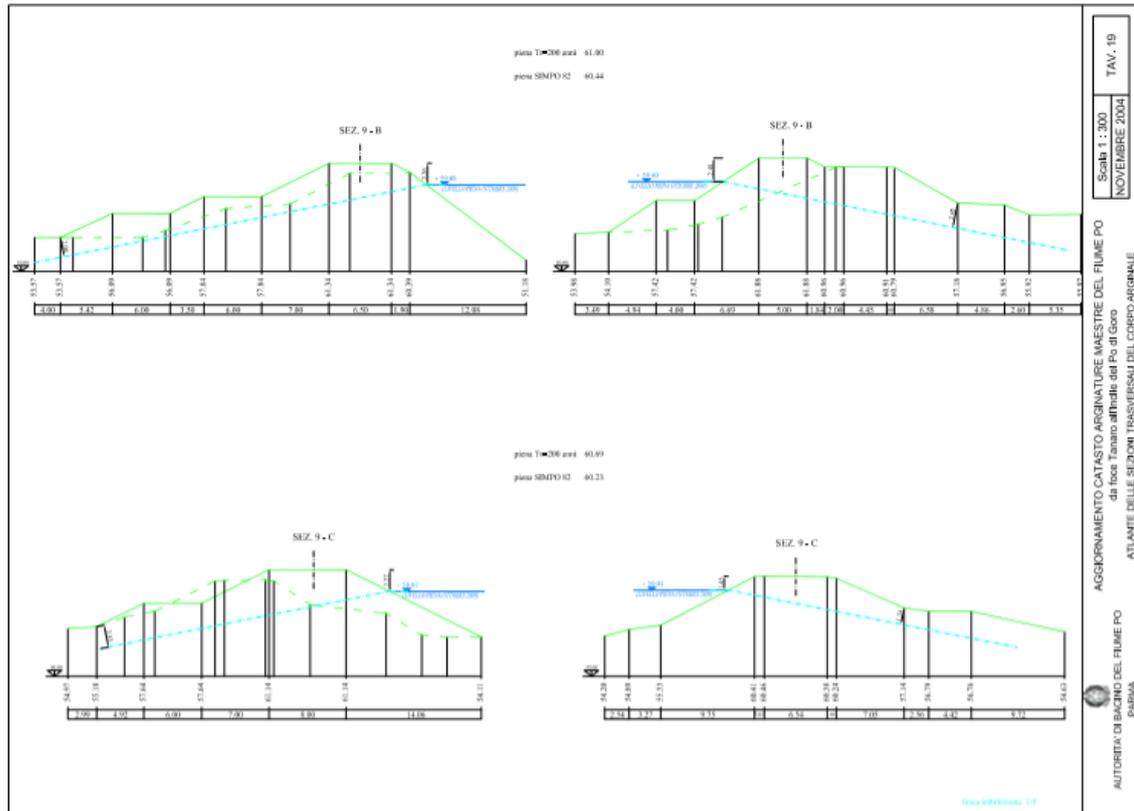


Figura 31: Sezioni trasversali del corpo arginale S9B e S9C

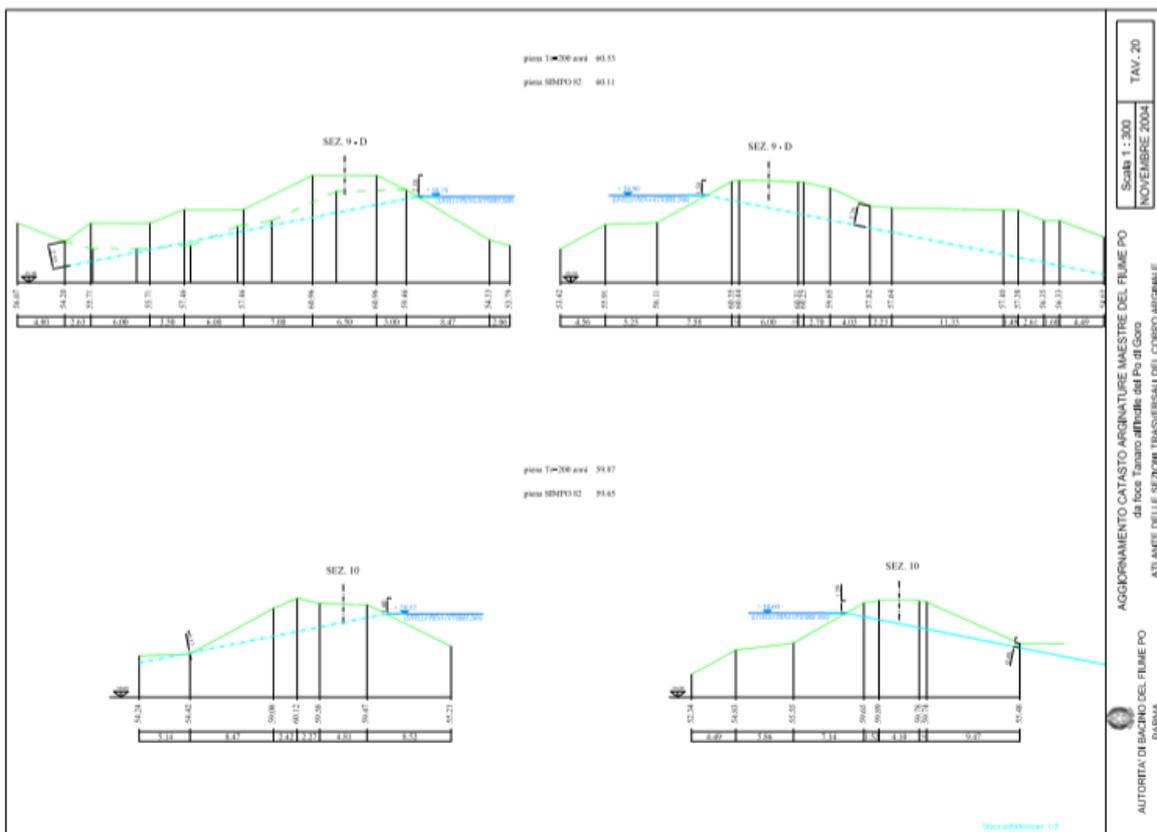


Figura 32: Sezioni trasversali del corpo arginale S9D e S10

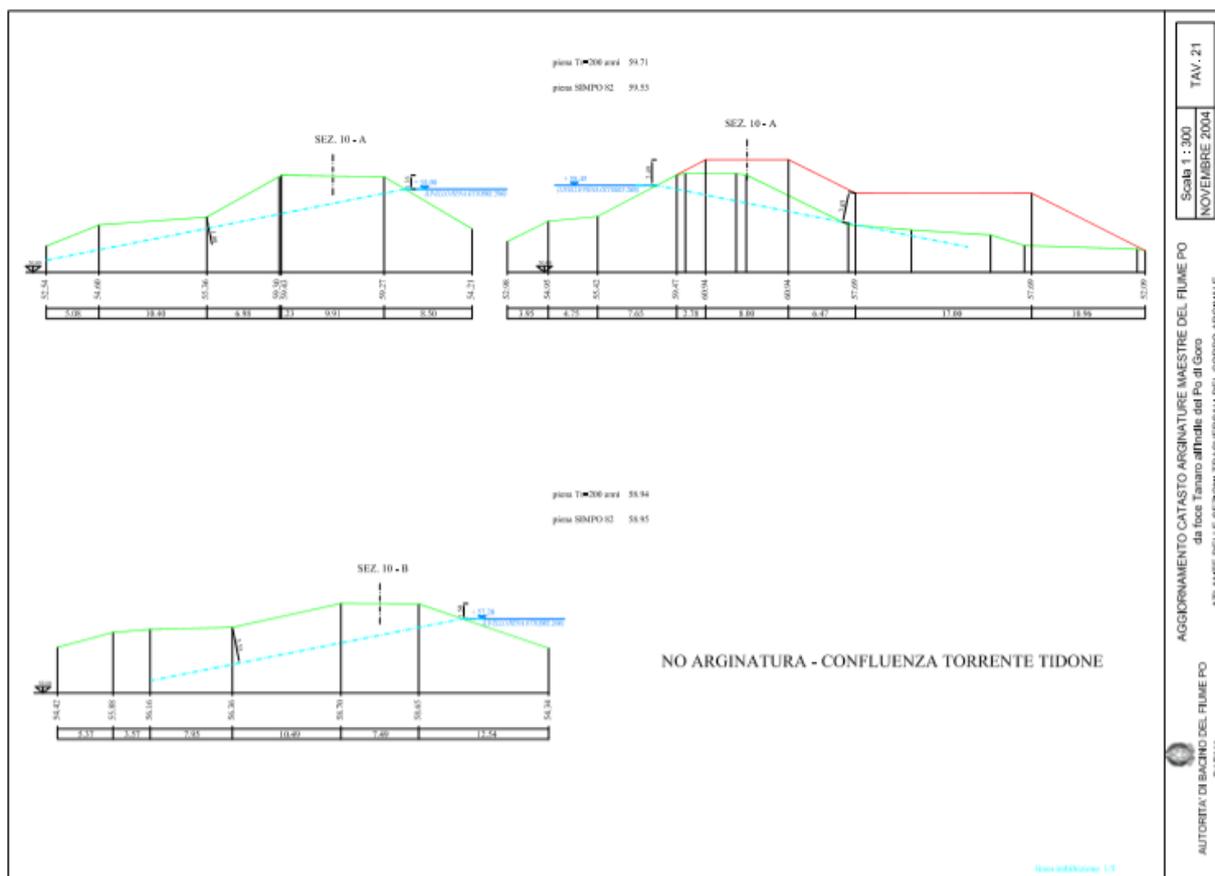


Figura 33: Sezioni trasversali del corpo arginale S10A (e S10B)

6.2 Atlante del livello di sicurezza delle arginature rispetto al sormonto

Sempre con riferimento allo studio di approfondimento dell'Autorità di Bacino del Po, pubblicato nel 2014 [14], si riportano nel seguito gli elaborati di interesse.

Ricordiamo che i profili di piena rispetto ai quali viene valutato il franco corrispondono al profilo:

- **SIMPO82** (Sistemazione Idraulica Media Padana Orientale);
- **PAI** (Piano per l'Assetto Idrogeologico) valutato per una portata con Tr 200 anni;
- Valore rilevato dell'**evento alluvionale del 2000**.

Le sommità arginali derivano dal rilievo **AIPO** del 2004-2005 e le sezioni trasversali d'alveo derivano dal medesimo rilievo AIPO (rappresentate nei capitoli successivi).

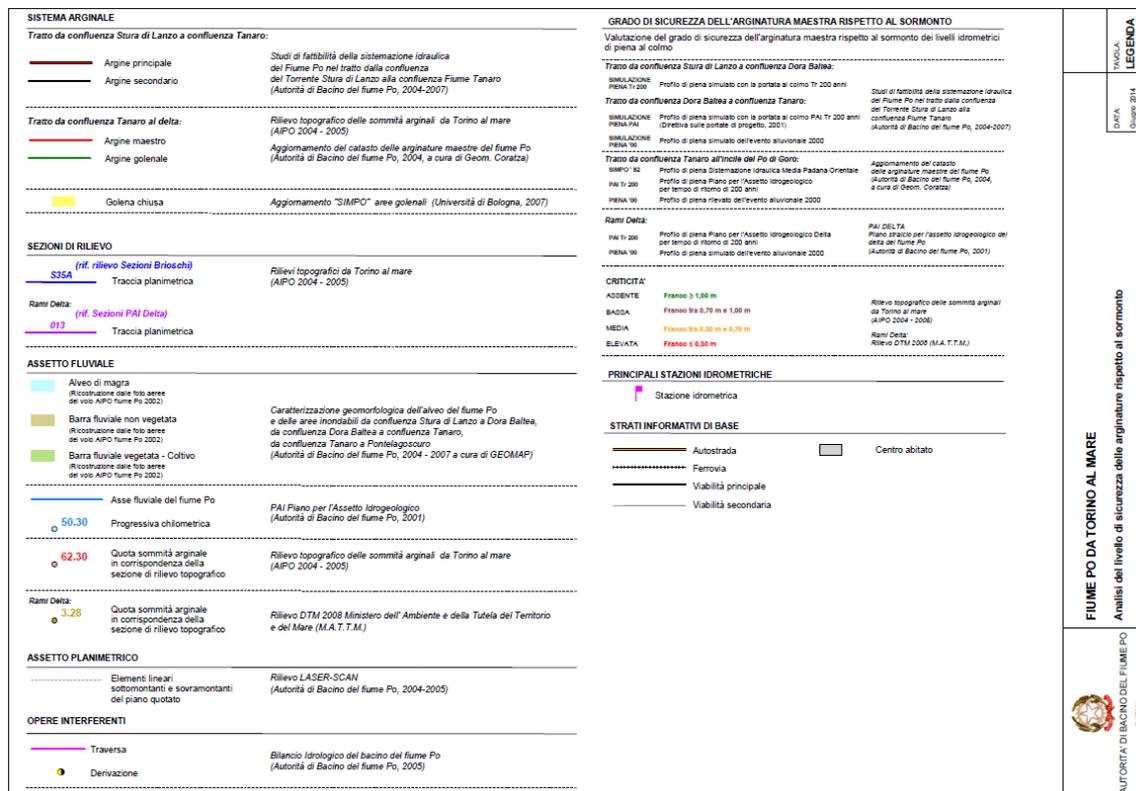


Figura 34: Legenda

GRADO DI SICUREZZA DELL'ARGINATURA MAESTRA RISPETTO AL SORMONTO

Valutazione del grado di sicurezza dell'arginatura maestra rispetto al sormonto dei livelli idrometrici di piena al colmo

Tratto da confluenza Stura di Lanzo a confluenza Dora Baltea:

SIMULAZIONE PIENA Tr 200 Profilo di piena simulato con la portata al colmo Tr 200 anni

Studi di fattibilità della sistemazione idraulica del Fiume Po nel tratto dalla confluenza del Torrente Stura di Lanzo alla confluenza Fiume Tanaro (Autorità di Bacino del fiume Po, 2004-2007)

Tratto da confluenza Dora Baltea a confluenza Tanaro:

SIMULAZIONE PIENA PAI Profilo di piena simulato con la portata al colmo PAI Tr 200 anni (Direttiva sulle portate di progetto, 2001)

SIMULAZIONE PIENA '00 Profilo di piena simulato dell'evento alluvionale 2000

Tratto da confluenza Tanaro all'incile del Po di Goro:

Aggiornamento del catasto delle arginature maestre del fiume Po (Autorità di Bacino del fiume Po, 2004, a cura di Geom. Coratza)

SIMPO '82 Profilo di piena Sistemazione Idraulica Media Padana Orientale

PAI Tr 200 Profilo di piena Piano per l'Assetto Idrogeologico per tempo di ritorno di 200 anni

PIENA '00 Profilo di piena rilevato dell'evento alluvionale 2000

Rami Delta:

PAI Tr 200 Profilo di piena Piano per l'Assetto Idrogeologico Delta per tempo di ritorno di 200 anni

PAI DELTA Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del delta del fiume Po (Autorità di Bacino del fiume Po, 2001)

PIENA '00 Profilo di piena simulato dell'evento alluvionale 2000

CRITICITA'

ASSENTE Franco $\geq 1,00$ m

BASSA Franco tra 0,70 m e 1,00 m

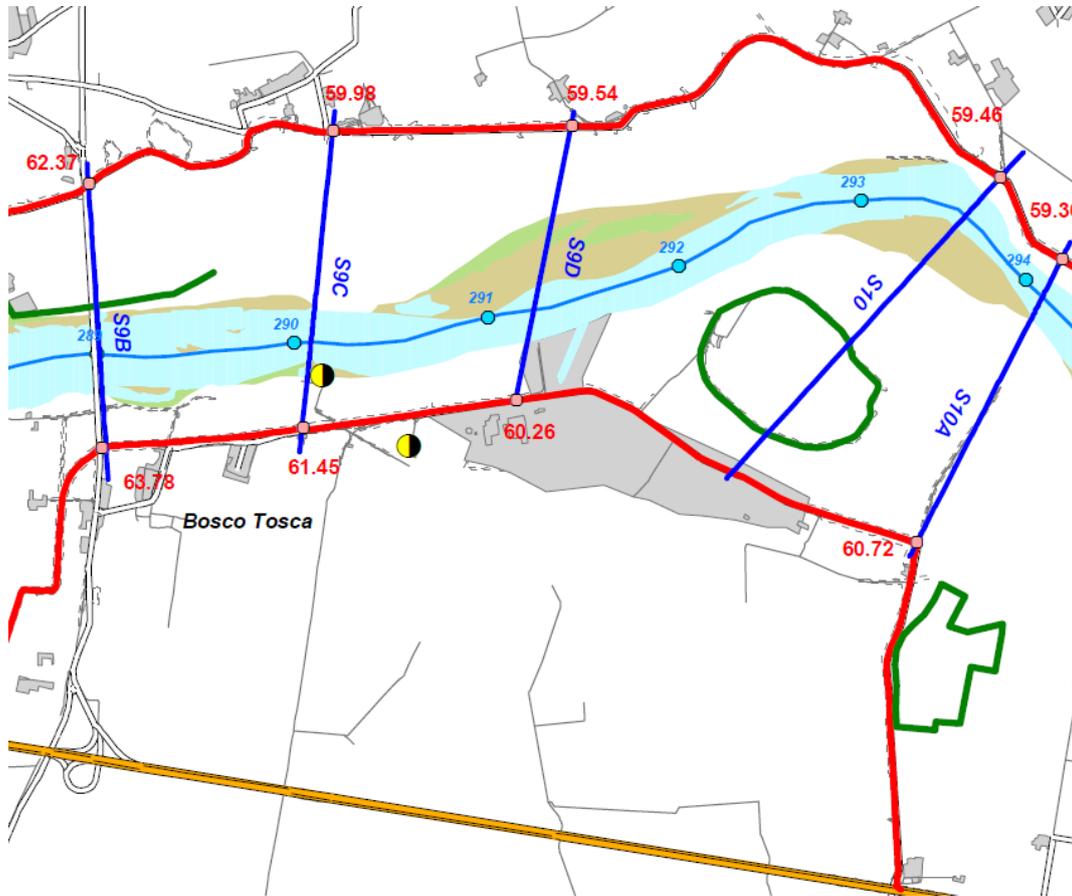
MEDIA Franco tra 0,30 m e 0,70 m

ELEVATA Franco $\leq 0,30$ m

Rilievo topografico delle sommità arginali da Torino al mare (AIPO 2004 - 2005)

Rami Delta: Rilievo DTM 2008 (M.A.T.T.M.)

Figura 35: Legenda: zoom



SPONDA DX	Sez. 9B Livello Franco	Sez. 9C Livello Franco	Sez. 9D Livello Franco	Sez. 10 Livello Franco	Sez. 10A Livello Franco
SIMPO '82	60,44 1,36	60,23 1,22	60,11 0,15	59,65 1,07	59,53 1,19
PAI Tr 200	61,00 0,80	60,69 0,76	60,53 -0,30	59,87 0,85	59,71 1,01
PIENA '00	59,08 2,72	58,87 2,58	58,78 1,48	58,52 2,20	58,08 2,64

SPONDA SX	Sez. 9B Livello Franco	Sez. 9C Livello Franco	Sez. 9D Livello Franco	Sez. 10 Livello Franco	Sez. 10A Livello Franco
SIMPO '82	60,44 1,93	60,23 -0,25	60,11 -0,57	59,65 -0,19	59,53 -0,17
PAI Tr 200	61,00 1,37	60,69 -0,71	60,53 -0,99	59,87 -0,41	59,71 -0,35
PIENA '00	59,08 3,29	58,87 1,11	58,78 0,76	58,52 0,94	58,08 1,28

LEGENDA:		Alveo di magra (2002):	Barra fluviale (2002):	Stazione Idrometrica:	Criticità per sormonto:
Argine principale:			non vegetata		ASSENTE
Argine maestro:		Asse fluviale:	vegetata/coltivo	Quota sommità argine (m s.l.m.):	Franco ≥ 1,0 m
Argine secondario:		Progressiva Km:	Traversa:		BASSA
Argine golenale:				50,23	0,7 m < Franco > 1,0 m
Sezione di rilievo:		(PAI DELTA)	Golena	Rami Delta:	MEDIA
(AIPO 2004-2005)				4,01	0,3 m < Franco ≥ 0,7 m
				Derivazione:	ELEVATA
					Franco ≤ 0,3 m

Figura 37: Tavola PO009: zoom zona di studio + franco in sponda dx e sx + legenda

Si desume dall'analisi svolta, limitatamente alla sponda destra del Po, fra le sezioni S9B e S10A che:

- le criticità per sormonto sono nulle ovunque per la piena del 2000 (franco >1m) (III riga);
- per la piena SIMPO82 (I riga) vi sono **criticità elevate alla sezione 9D** (franco <30cm) e nulle nelle altre sezioni;
- per la piena PAI vi sono **criticità elevate alla sezione 9D** (franco < 30cm) e vi sono **criticità basse** alle sezioni 9B, 9C e 10 (1m > franco > 0.7 m).

La sezione S9D attraversa l'area su cui sorge la Centrale di La Casella.

Si osserva infine che l'argine sinistro in tutte le sezioni esaminate presenta quote inferiori rispetto a quelle corrispondenti dell'argine destro.

Dall'analisi della tavola 009 dell'AIPO "Analisi del livello di sicurezza delle arginature rispetto al sormonto – anno 2014" (**Figura 36** e **Figura 37**), considerato il tratto di fiume Po per l'area di interesse (sezioni AIPO da 9B a 10A) e le piene di riferimento, la rotta arginale per sormonto (motivo di rottura arginale più frequente) risulterebbe più probabile per l'argine maestro sinistro rispetto a quello destro che protegge l'area dell'impianto in progetto.

Infatti, considerata la sommità arginale dell'argine maestro destro misurata nelle cinque sezioni di **Figura 37**, il franco medio nel tratto analizzato risulta sempre positivo per la piena SIMPO (franco medio del tratto 99 cm), per la piena PAI Tr 200 (franco medio 62 cm), e per la piena del 2000 (franco medio 232 cm). Viceversa, in sinistra idrografica il franco risulta sempre negativo per la piena SIMPO e la piena PAI (escludendo la sezione 9B che ha franco positivo).

Quanto descritto indurrebbe pertanto a ritenere l'argine sinistro più vulnerabile al sormonto rispetto al destro.

Questo significa che durante eventi catastrofici, aventi tempi di ritorno superiori rispetto ai valori considerati da AIPO, la probabilità di tracimazione in sinistra seguita da potenziale rottura arginale, con conseguente laminazione della piena (limitando quindi i livelli in alveo), risulterebbe più elevata che in sponda destra.

6.3 Atlante del grado di sicurezza delle arginature rispetto al sifonamento, allo sfiancamento e al rischio sismico

Sempre con riferimento allo studio dell'Autorità di Bacino del Po, pubblicato nel 2014 [15], si riportano nel seguito gli elaborati di interesse.

Il profilo di piena per il quale viene calcolato il franco corrisponde alla piena del 2000 e si fa riferimento al processo di imbibizione arginale causa delle rotture per sifonamento e per sfiancamento (taglio).

Nel tratto di indagine non sono state effettuate verifiche sismiche.

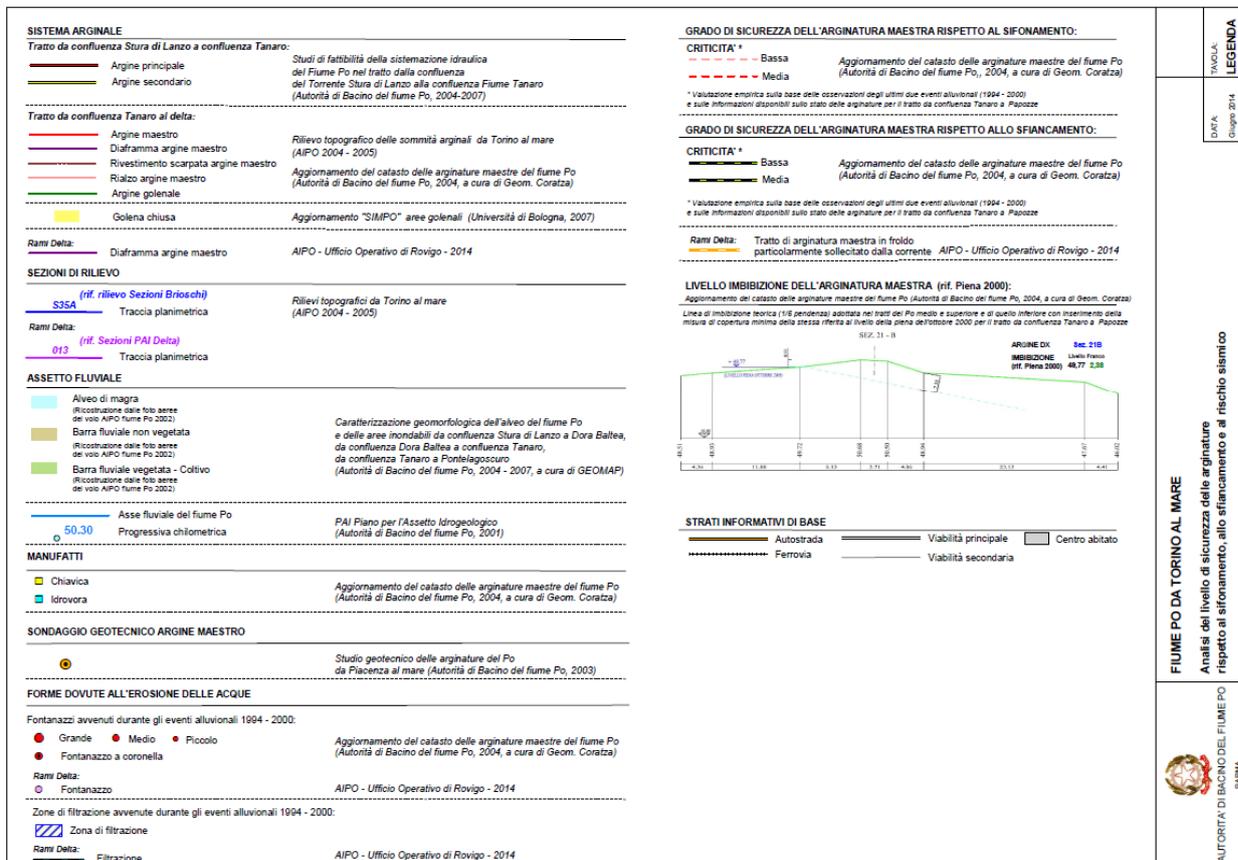


Figura 38: Legenda della criticità per sfiancamento e sifonamento [7]

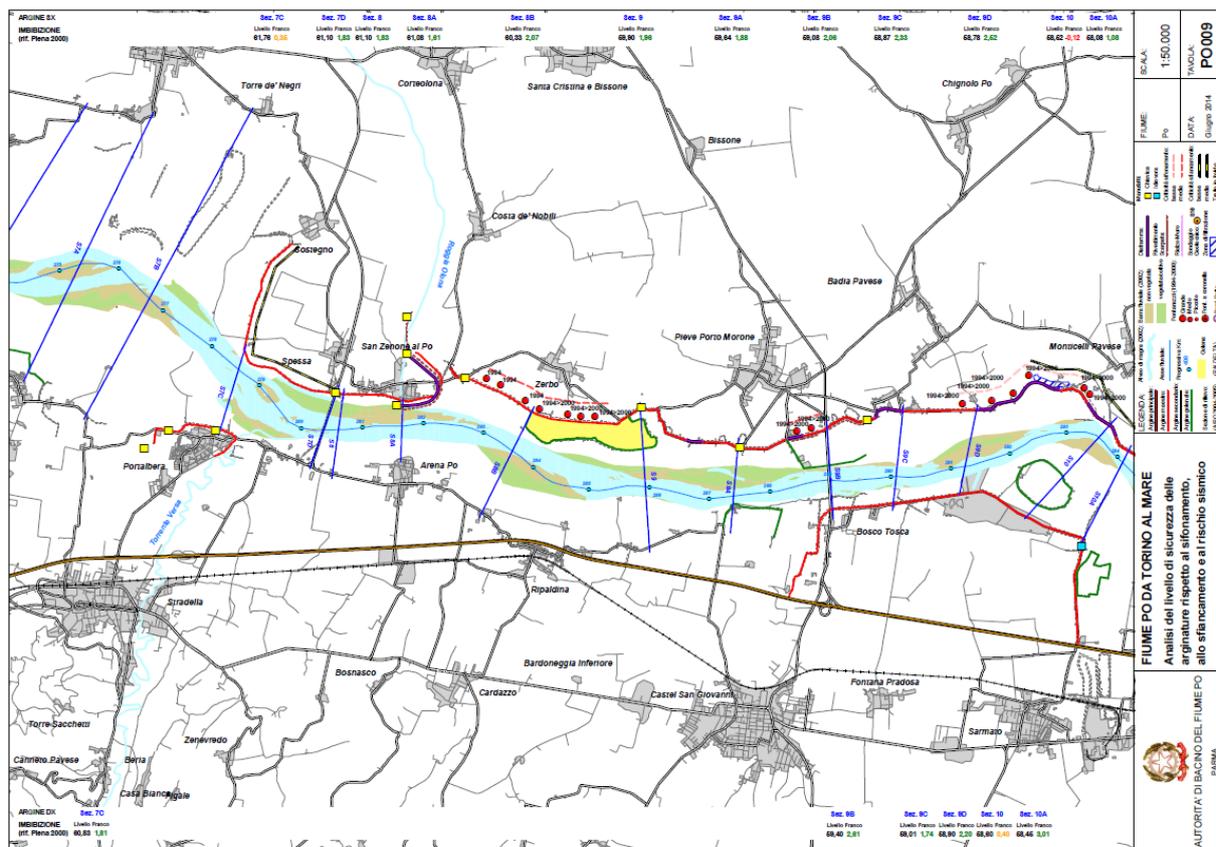


Figura 39: Tavola PO009: Tavola della criticità arginale a sifonamento e sfiancamento, comprendente la zona dell’impianto di La Casella

Si desume dall’analisi svolta, limitatamente alla sponda destra del Po, fra le sezioni S9B e S10A, che:

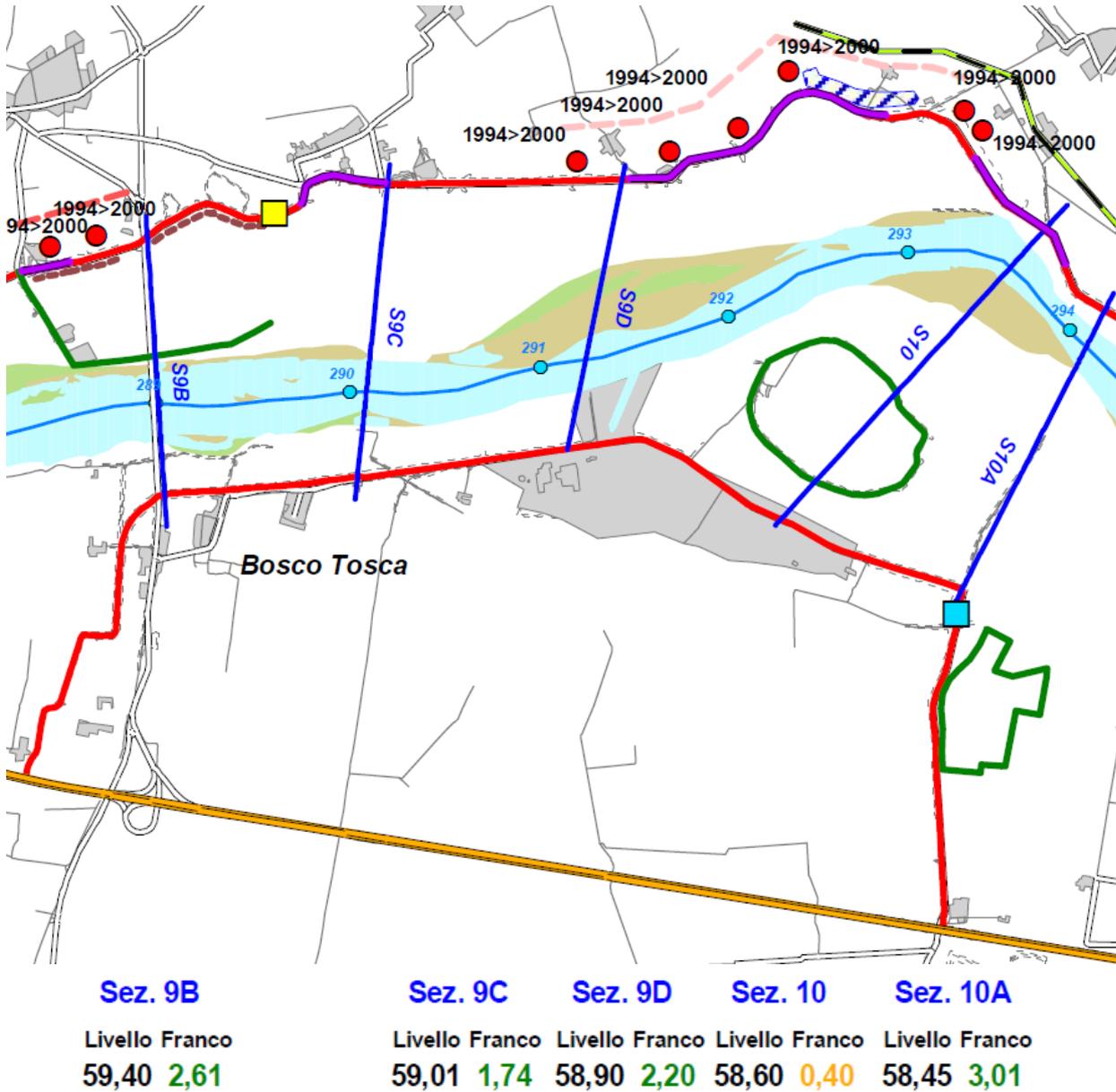
- si registra una media criticità alla sezione S10 per imbibizione dell’argine maestro;
- non si registrano criticità per sifonamento o sfiancamento nelle altre sezioni;
- alla sezione 10 A (estremità destra) risulta collocata un’idrovara (impianto già citato di Casino dei Boschi).

RAPPORTO

USO RISERVATO

APPROVATO

C1001927



LEGENDA:				
Alveo di magra (2002):	Barra fluviale (2002):	Diaframma:	Manufatti:	
Argine principale:	non vegetata	Rivestimento	Chiavica	
Argine maestro:	vegetata/coltivo	Scarpata:	Idrovora	
Argine secondario:	Fontanazzi (1994-2000):	Rialzo Muro	Criticità sifonamento:	
Argine golendale:	Grande	Sondaggio	bassa	
Sezione di rilievo:	Medio	Geotecnico: S10	media	
(AIPO 2004-2005)	Piccolo	Zona di filtrazione:	Criticità sfianamento:	
(PAI DELTA)	Font. a coronella	Rami Delta	bassa	
	Rami Delta		media	
			Tratto in froldo:	
			Rami Delta	

Figura 40: Tavola PO009: zoom+ franchi+ legenda

7 AGGIORNAMENTO DELL'ANALISI DI CRITICITÀ PER SORMONTO (PRGA 2017)

I profili di piena di riferimento per la verifica dei franchi arginali (e per l'individuazione della necessità di intervento) sono definiti nella pianificazione di bacino vigente e aggiornati nel PGRA [9, 10 e 11].

Nelle condizioni attuali il sistema arginale di Po è riferito a un profilo di piena teorico (denominato "piena massima di riferimento") redatto dal Magistrato per il Po nel 1982, la cosiddetta **piena SIMPO82**.

La piena SIMPO82 è costituita da un profilo ricavato dall'applicazione di un modello numerico di simulazione idraulica in moto vario che propaga un'onda di piena con portata al colmo mediamente superiore del 10% rispetto alla massima storica del '51.

Successivamente, nell'ambito del PAI, è stato aggiornato il profilo di piena SIMPO '82 mediante una modellazione numerica monodimensionale in moto vario tarata sull'evento del 1994 e utilizzando come input idrologico la stessa piena del 1994 in ingresso alla confluenza Tanaro – Po a cui è stato sommato il contributo degli affluenti emiliani del 1951 (scenario "94+51").

Il nuovo profilo di **piena PAI** risulta in generale superiore al profilo SIMPO.

Utilizzando i dati del rilievo AIPO 2005, sono stati aggiornati, per il tratto compreso fra confluenza Ticino e l'incile Po di Goro, i valori dei franchi arginali nei punti estremi di ciascuna delle sezioni trasversali, calcolati rispetto al profilo SIMPO, al profilo PAI e alla piena del 2000.

I valori dei franchi sono stati accorpati in 4 classi di criticità crescenti da franco superiore o uguale a 1 metro fino a franco inferiore o uguale a 30 cm.

Le carte di analisi di criticità arginali per sormonto rispetto a piena SIMPO e a piena PAI relative al tratto di studio, sono rappresentate in scala 1:10000 nei seguenti Allegati 1.2 e 2.2 [10 e 11] (vedi Figure).

Le maggiori criticità (franco inferiore a 0,30 m) si manifestano a Est della Centrale, lungo il tratto arginale che risale il Rio Corniola (**Figura 43÷Figura 46**). In prossimità della Centrale Enel è presente un tratto di 135 m con franco rispetto alla piena PAI compreso fra 0,31 m e 0,70 m; va comunque osservato che la Centrale è protetta da una piattaforma artificiale ulteriormente sopraelevata rispetto all'impianto, che ospita la stazione elettrica di Terna ed è posta a quota 60,3 m s.l.m., a fronte di quote del rilievo arginale in questo tratto comprese fra 61,00 e 61,16 m s.l.m.

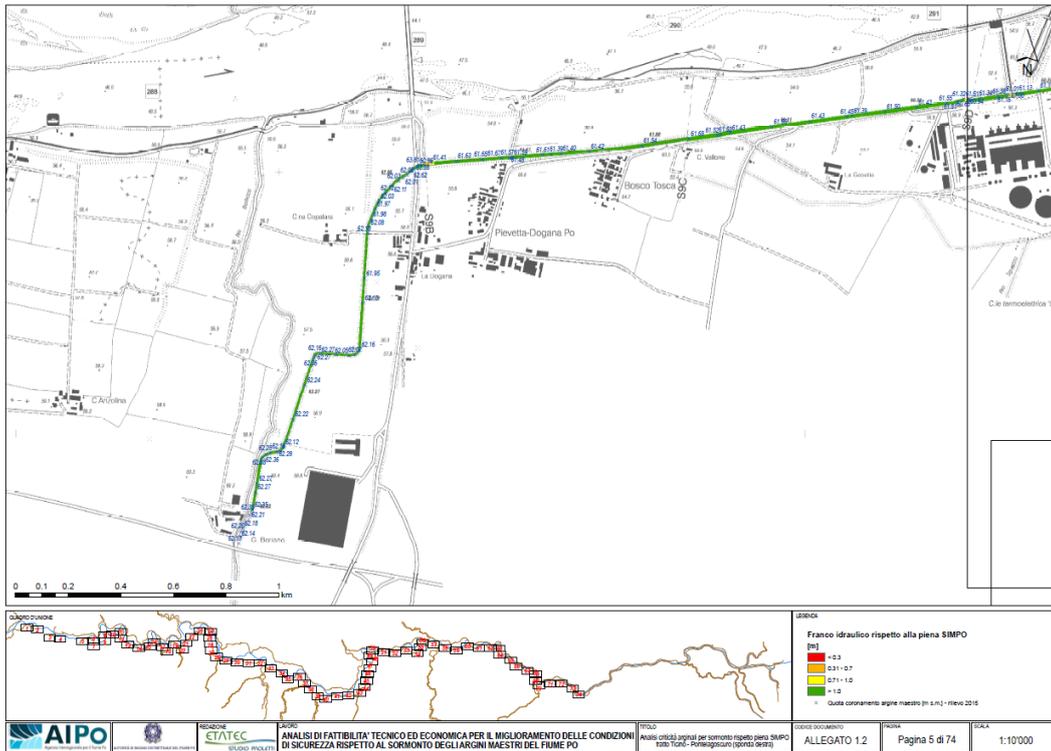


Figura 41: Carta di criticità arginale rispetto a piena SIMPO82

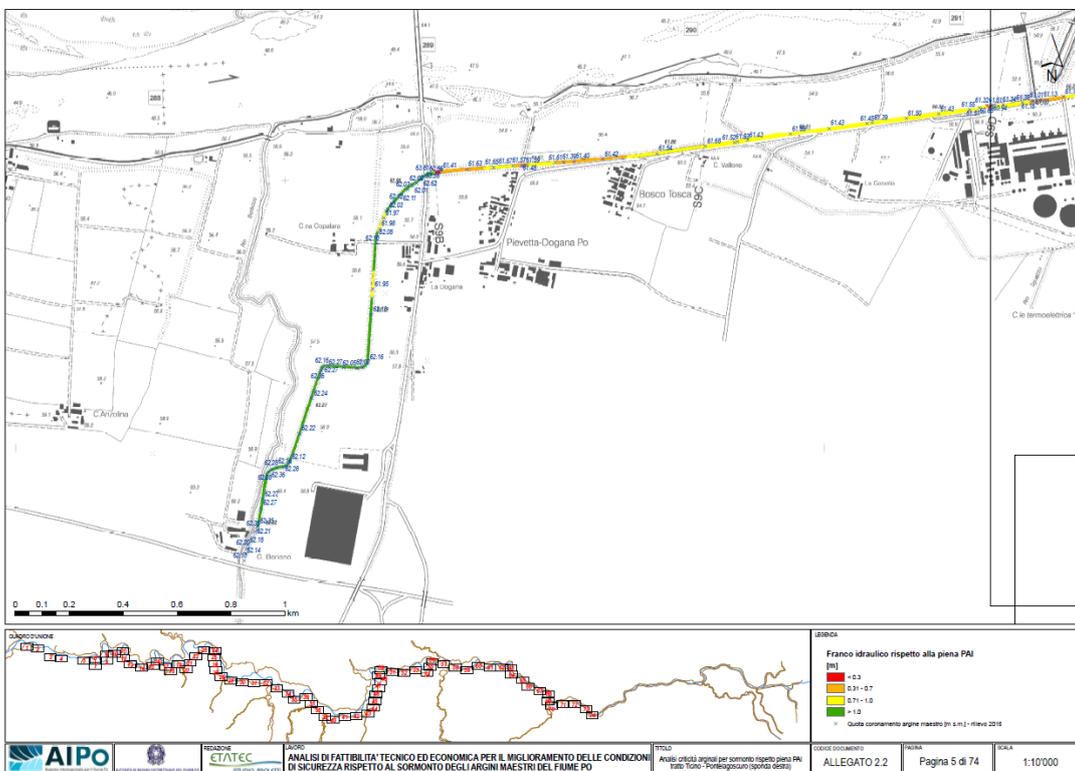


Figura 42: Carta di criticità arginale rispetto a piena PAI

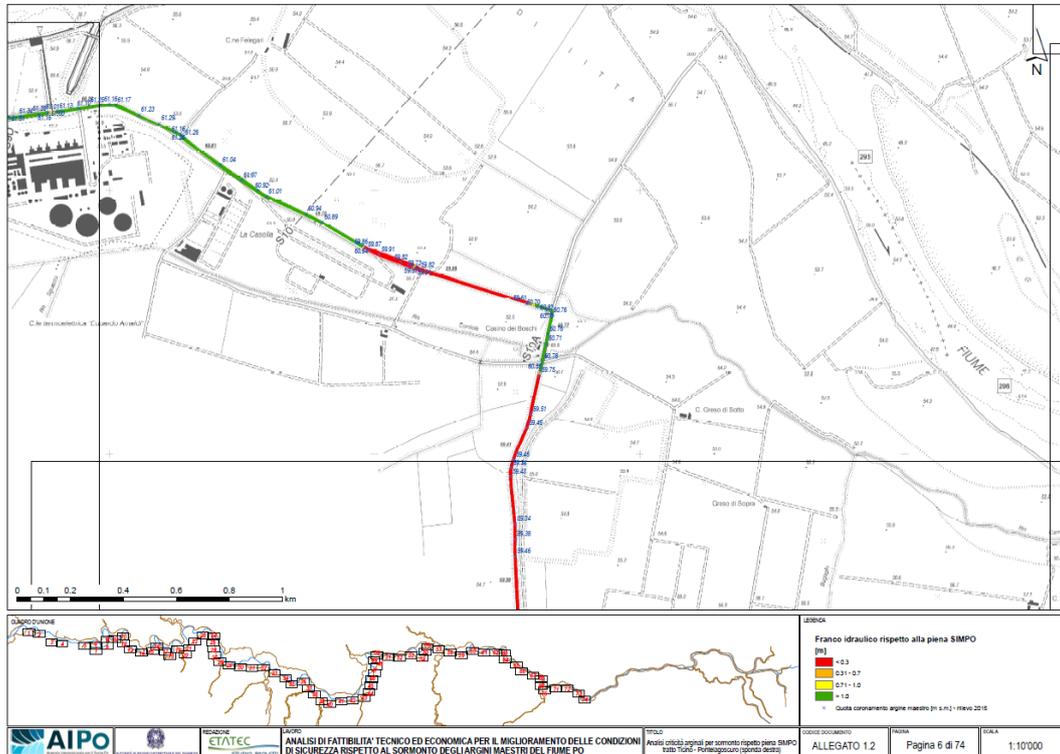


Figura 43: Carta di criticità arginale rispetto a piena SIMPO82

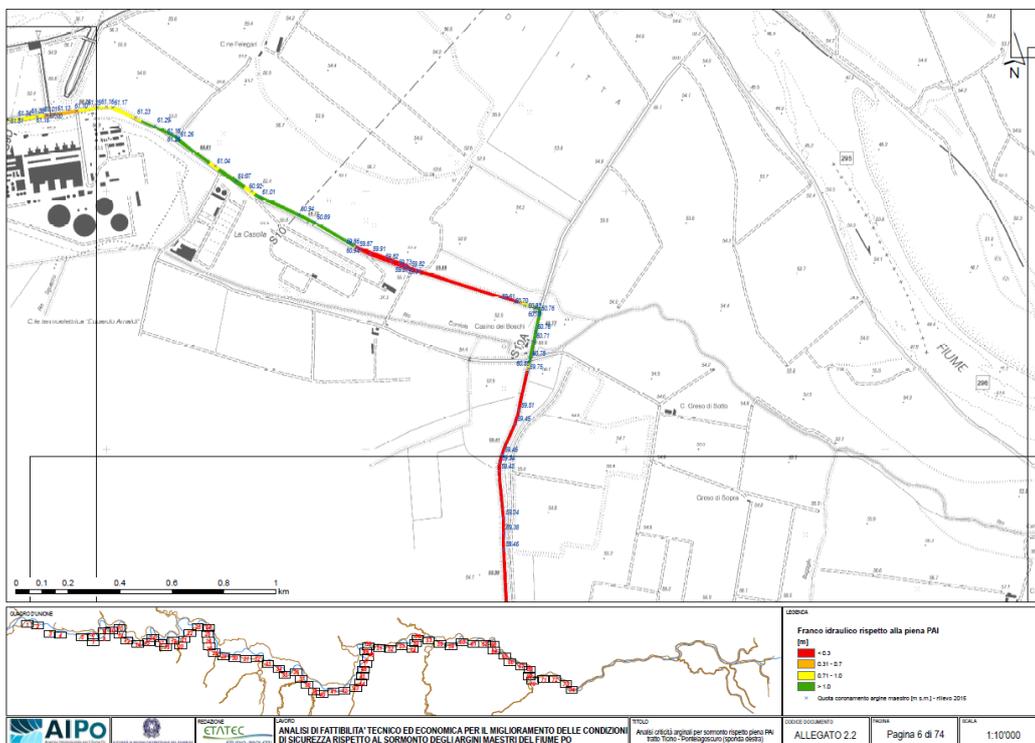


Figura 44: Carta di criticità arginale rispetto a piena PAI

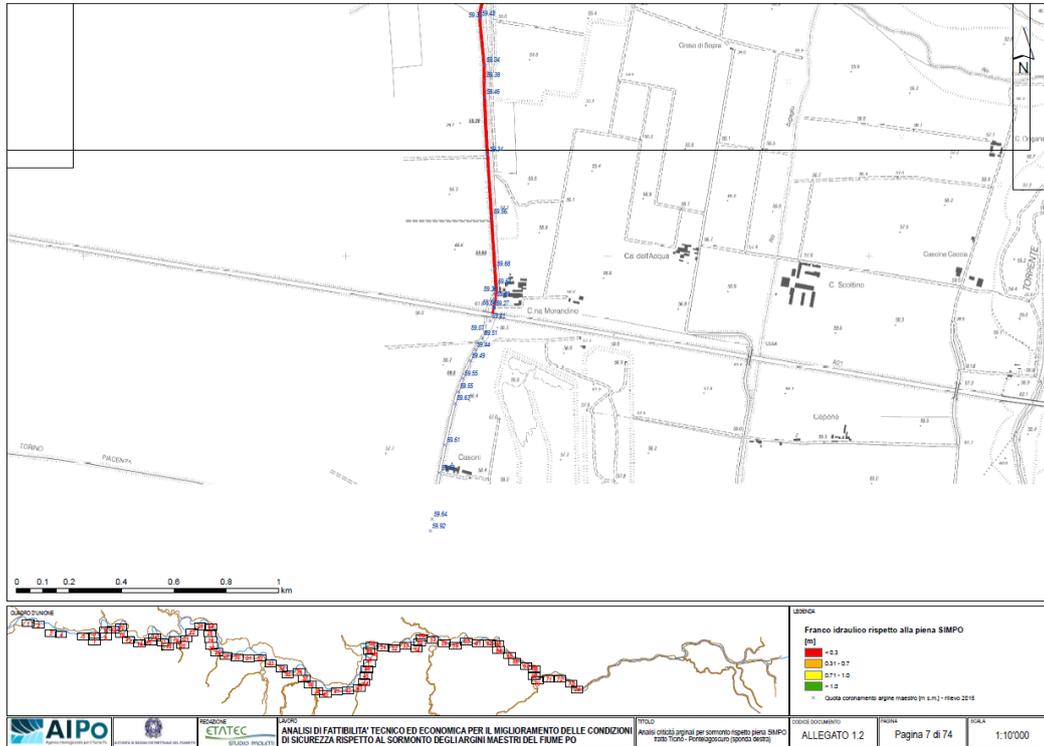


Figura 45: Carta di criticità rispetto a piena SIMPO

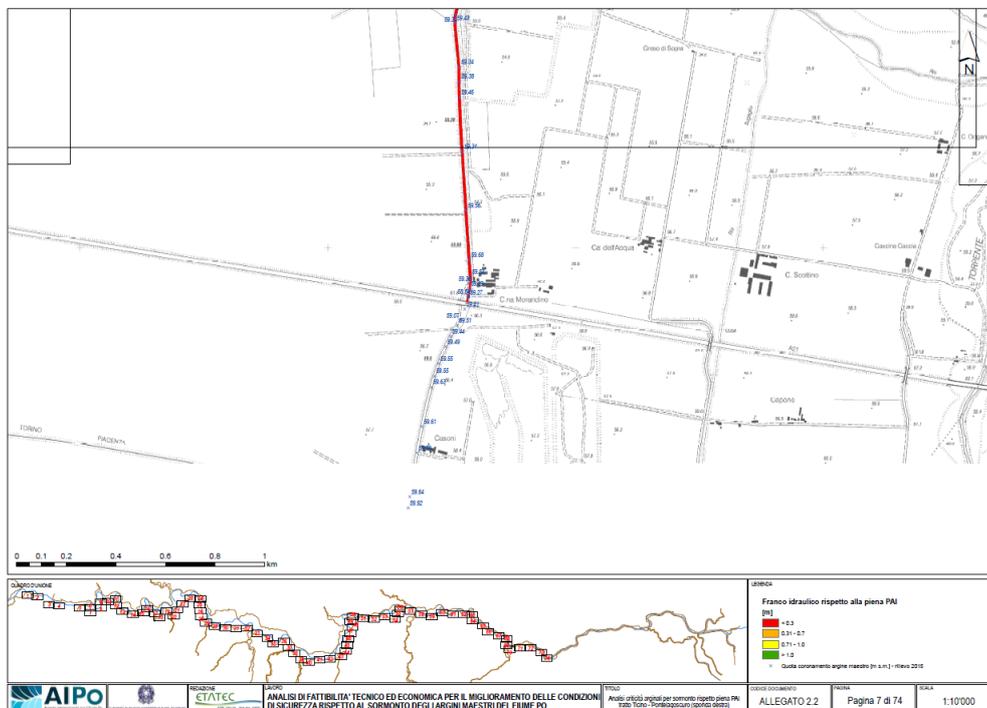


Figura 46: Carta di criticità rispetto a piena PAI

8 SEZIONI AIPO E PROFILI DI PIENA DEL FIUME PO

Rispetto al quadro delle conoscenze acquisite nell'ambito della redazione del PAI dell'AdBPo, sono stati effettuati diversi aggiornamenti a seguito di più recenti studi di asta principale e secondarie.

Nel seguito, nella Tabella 4.2 di [19] sono riportate le portate al colmo di piena del Po da confluenza Tanaro al Delta e nella tabella 5.2 sono riportati i profili longitudinali di piena per il Po nel medesimo tratto e per diversi scenari.

Il tratto di interesse è geometricamente rappresentabile attraverso le sezioni ottenute con il rilievo topografico 2004/2005 a cura dell'Agenzia Interregionale per il fiume Po (AIPO [20]): ha inizio alla sezione 9B, in corrispondenza del Ponte SS412, comprende le sezioni S9C, S9D (che si appoggia in dx all'argine in corrispondenza della Centrale Enel), S10 e termina alla sezione S10A.

Le sezioni riproducono l'alveo del fiume Po ed entrambi gli argini maestri; sono liberamente scaricabili dal Geoportale AIPO [21].

Nel seguito vengono rappresentate per completezza le 5 sezioni di interesse.

The screenshot shows the AIPO Geoportale interface. At the top, there is a navigation bar with links: HOME, MAPPA, PROGETTO SITI, RILIEVI TOPOGRAFICI, NORMATIVA, FAQ, METADATI. Below this is a search bar with 'Ricerca' and 'Risultato ricerca' tabs. The main content area is divided into two sections: 'Corsi d'acqua' and 'Rilievi'.

Corsi d'acqua: A list of water courses including NIRONI, OGLIO, ORBA, PANARO, PARMA, PO (selected), PO DI GORO, and PUDIGA.

Rilievi: A table of surveys with columns: Tipo rilievo, Nome rilievo, Anno, Proprietà dati, and Esecutore.

Tipo rilievo	Nome rilievo	Anno	Proprietà dati	Esecutore
F	Rilievo Fluviale PO-2003	2003	AIPO	(n.d.)
F	Rilievo Fluviale PO-2005	2005	AIPO	(n.d.)
R	Rete di raffittimento PO-2005	2005	AIPO	(n.d.)
F	Rilievo Fluviale PO-VIADANA-2012	2012	AIPO	(n.d.)
A	Rilievo Arginale PO2015	2015	AIPO	Impresa Rossi Luigi srl

Legend: F Rilievo fluviale, A Rilievo arginale, R Rete di raffittimento

Sezioni: A table of sections with columns: Nome rilievo, Sezione, Progressiva (km), and Anno.

Nome rilievo	Sezione	Progressiva (km)	Anno
PO-2005	S9B	289.362	2005
PO-2005	S9C	290.438	2005
PO-2005	S9D	291.588	2005
PO-2005	S10	293.908	2005
PO-2005	S10A	294.475	2005
PO-2005	S10B	296.710	2005
PO-2005	S11	299.279	2005
PO-2005	S12	301.448	2005
PO-2005	S12A	303.092	2005

Figura 47: Schermata del geoportale con le sezioni Po-2005 nel tratto di indagine

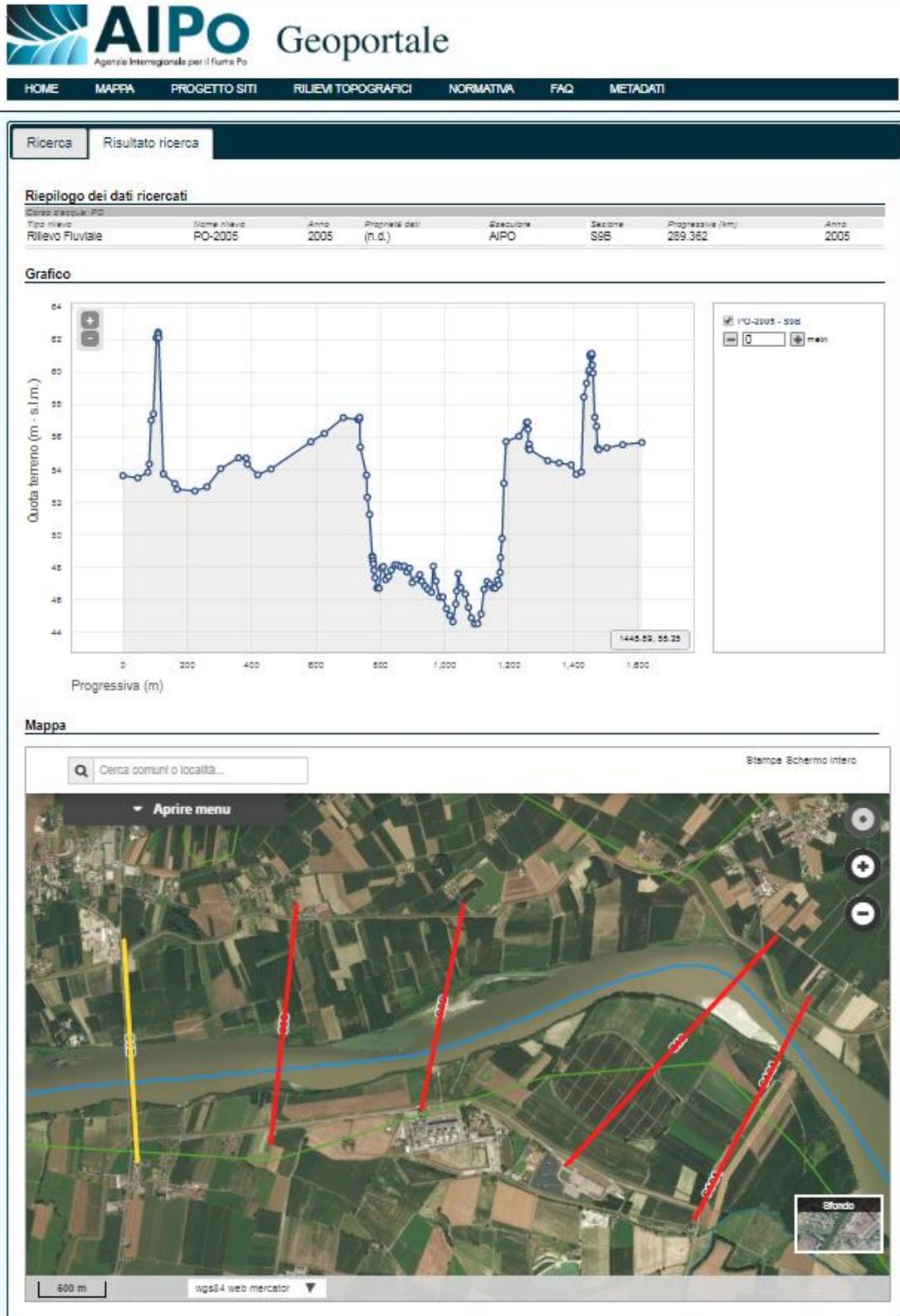


Figura 48: Sezione S9B da AIPO 2005

AIPO Geoportale
Agenzia Interregionale per il fiume Po

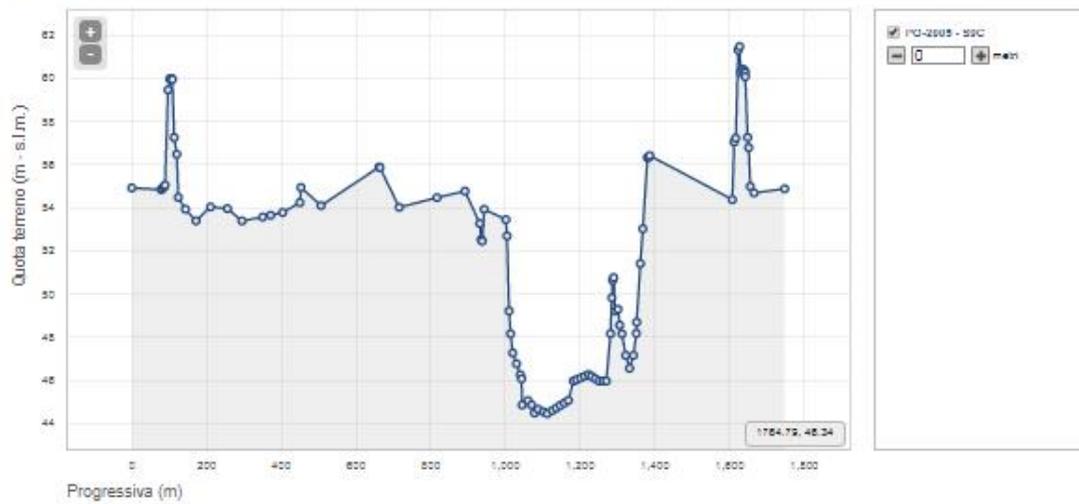
HOME MAPPA PROGETTO SITI RILIEVI TOPOGRAFICI NORMATIVA FAQ METADATI

Ricerca Risultato ricerca

Riepilogo dei dati ricercati

Stato rilievo	Nome rilievo	Anno	Progressi dati (n. d.)	Esecutore	Sezione	Progressiva (km)	Anno
Rilievo Fluviale	PO-2005	2005		AIPO	S9C	290.438	2005

Grafico



Mappa

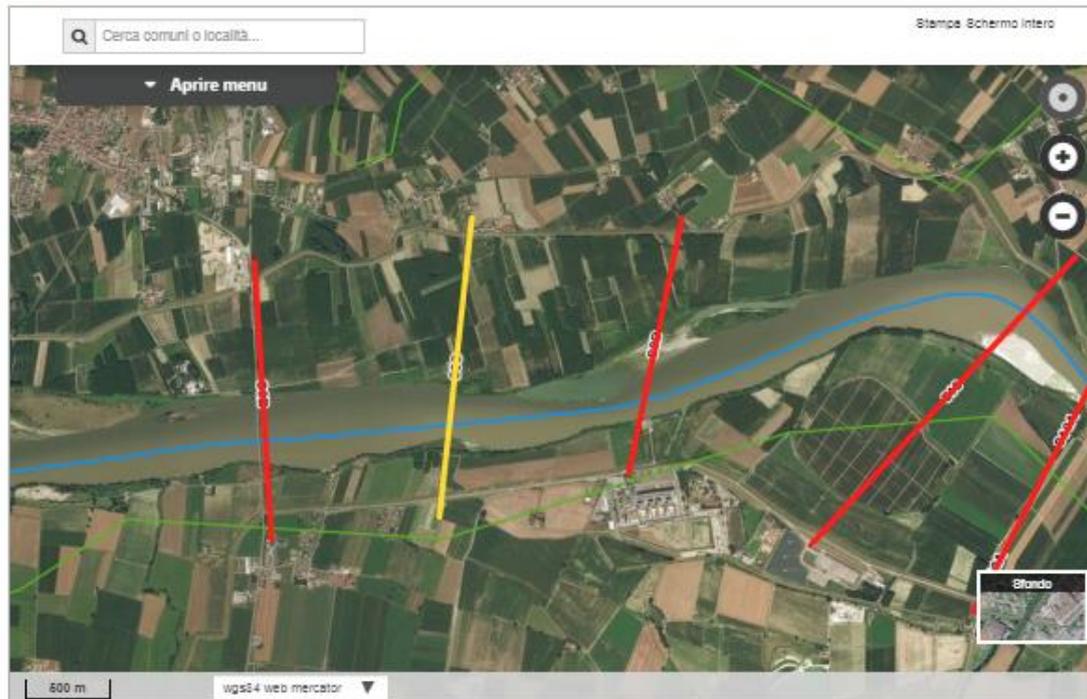


Figura 49: Sezione S9C da AIPO 2005

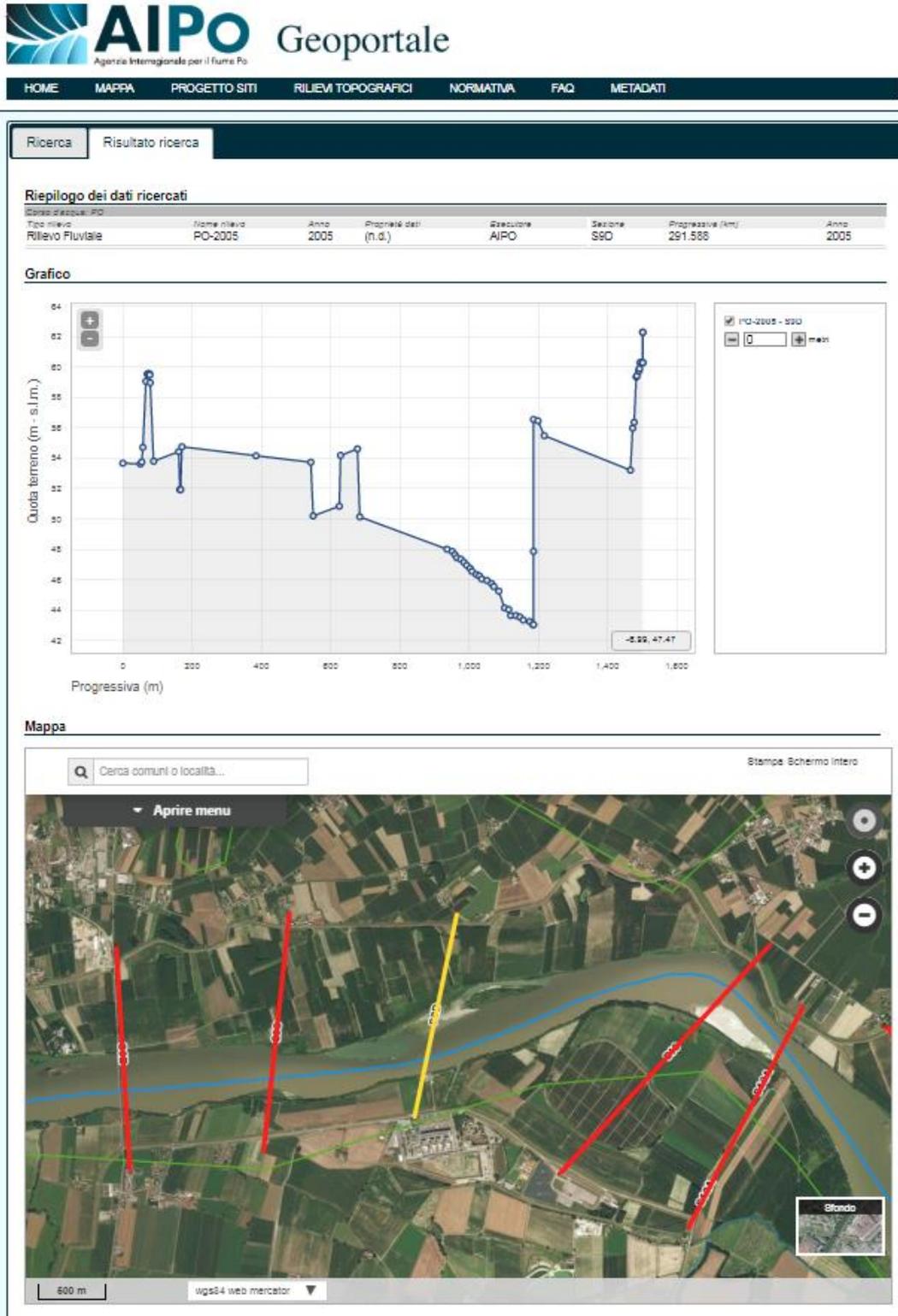


Figura 50: Sezione S9D da AIPO 2005

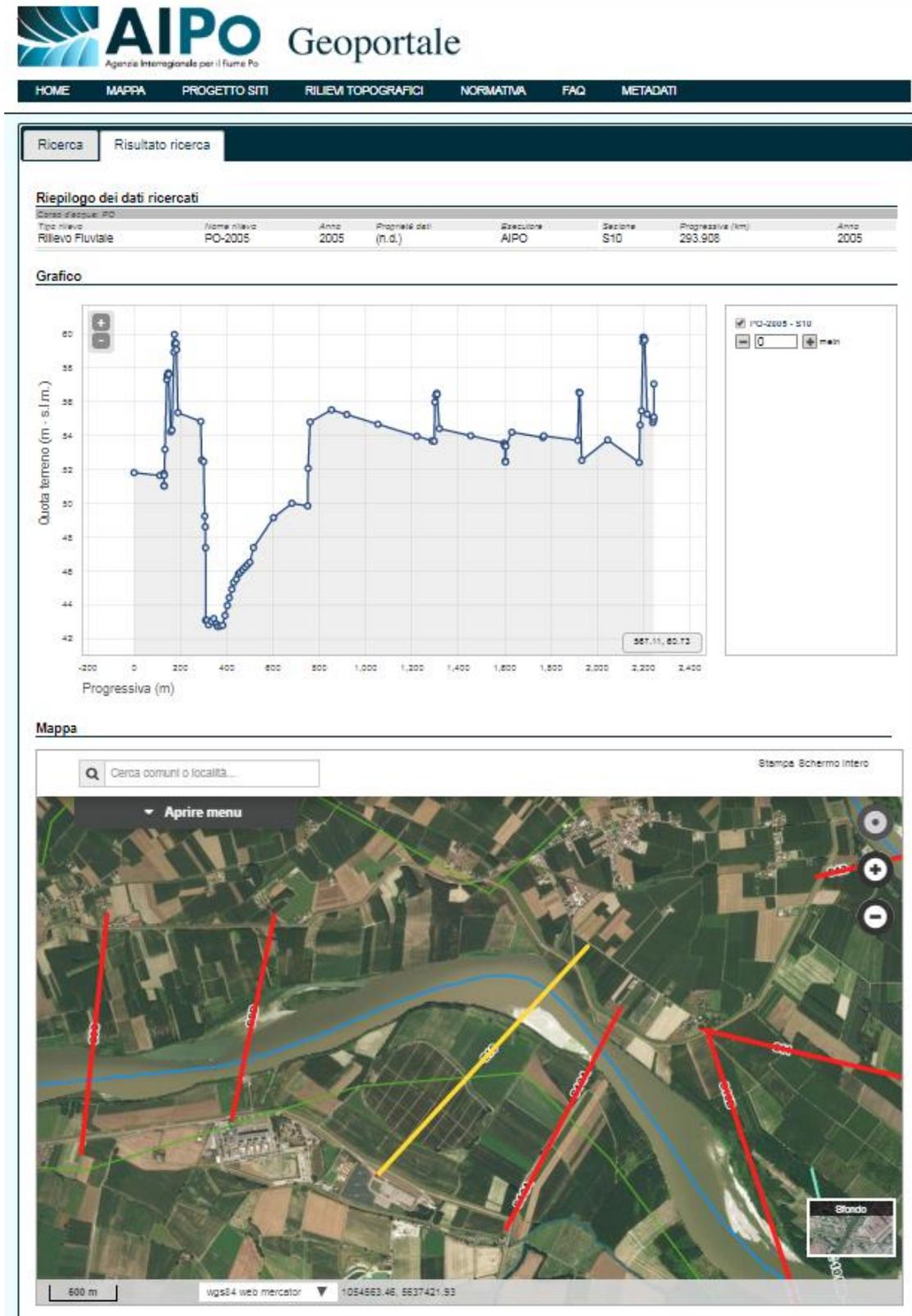


Figura 51: Sezione S10 da AIPO 2005

AIPO Geoportale
Agenzia Interregionale per il fiume Po

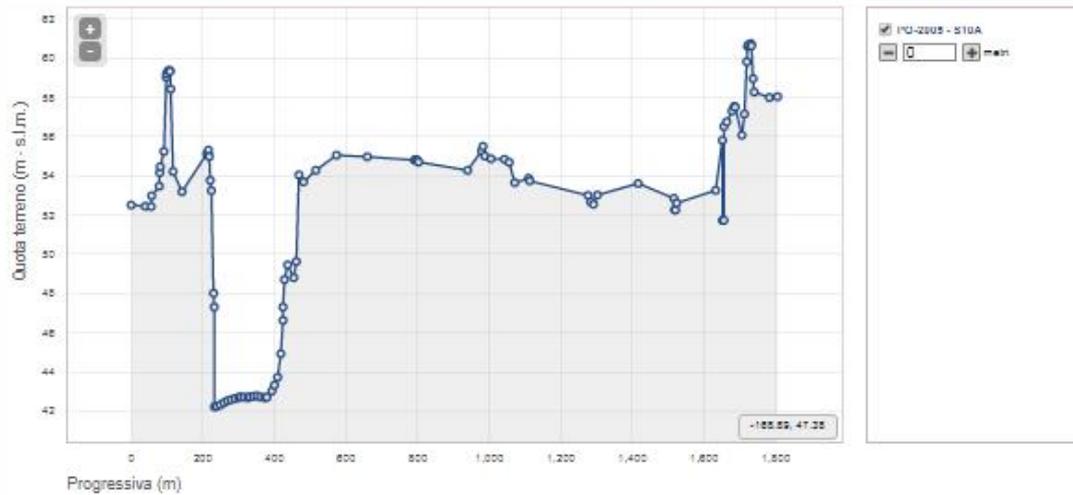
HOME MAPPA PROGETTO SITI RILEVI TOPOGRAFICI NORMATIVA FAQ METADATI

Ricerca Risultato ricerca

Riepilogo dei dati ricercati

Nome rilievo	Anno	Proprietà dati	Sezione	Progressiva (km)	Anno
Rilievo Fluviale	2005	(n.d.)	S10A	294.475	2005

Grafico



Mappa

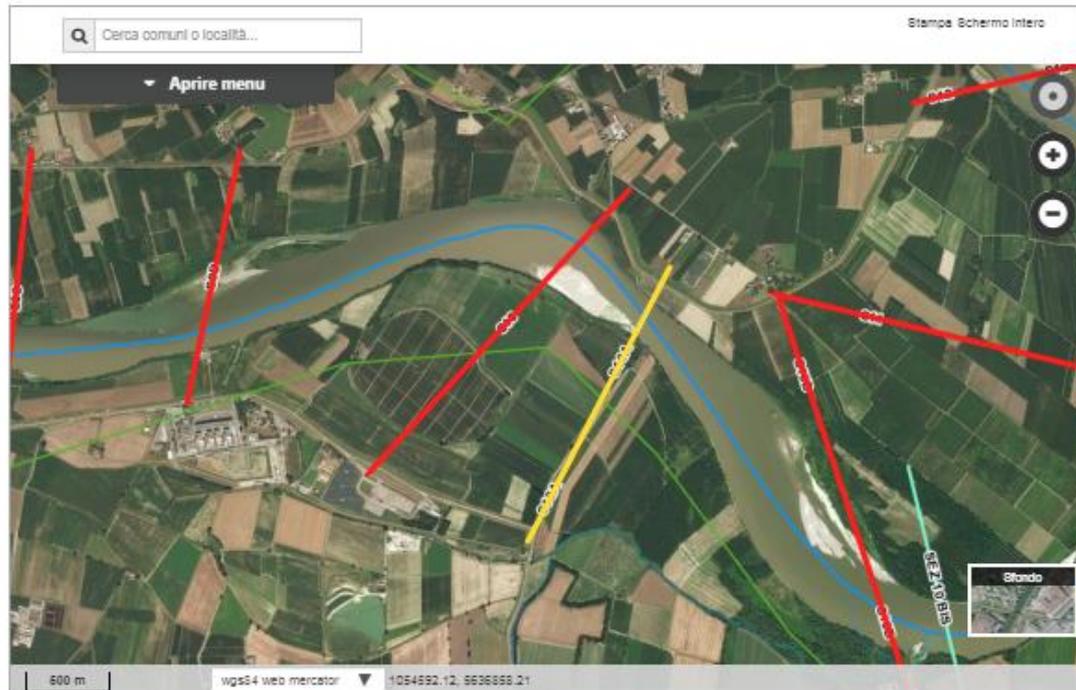


Figura 52: Sezione S10A da AIPO 2005

Tab. 4.2: portate di piena per il Po nel tratto da Isola Sant'Antonio (confluenza Tanaro) al Delta

Bacino	Corso d'acqua	Sezione			Superficie km ²	Q20 m ³ /s	Q ott 2000 m ³ /s	Q200 m ³ /s	Q500 m ³ /s	Idrometro Denominazione
		Progr. (km)	Cod.	Denomin.						
Po	Po	264.855	82	Becca	36770	9290	-	13600	15050	Po a Becca
Po	Po	322.250	67	Piacenza	42030	8970	12240	13000	14100	Po a Piacenza
Po	Po	367.640	57	Cremona	50726	10090	-	14300	15870	Po a Cremona
Po	Po	428.545	41	Boretto	55183	9380	11800	13700	14720	Po a Boretto
Po	Po	457.560	36	Borgoforte	62450	9600	11800	13100	14890	Po a Borgoforte
Po	Po	548.805	10	Pontelagoscuro	70091	9470	-	13000	14650	Po a Pontelagoscuro

Figura 53: Tabella 4.2 del PGRA 2016



Tab. 5.2: profili di piena per il Po nel tratto da Isola Sant'Antonio (confluenza Tanaro) al Delta (incile Po di Goro) per diversi scenari

Sez. PAI	Progr. PAI (km)	Sez. rilievo Brioschi	Sez. rilievo SIMPO '82	Sez. rilievo 1999	Sez. rilievo 2004-2005	Progr. rilievo (km)	T = 20	T = 200	SIMPO '82	profilo sx	profilo dx
							anni	anni		Piena ott.2000	Piena ott.2000
							Quota idrica (m s.m.)				
094	224.395	0-TER					-	-		77.35	78.25
093	227.230	PONTE S.S. 211			S00B1	-	-	-		75.43	76.50
092	230.065	0-BIS	255		S00C	-	-	-		73.14	73.94
091	235.000	PONTE GEROLA	252	00C2	S00C2	239.248	-	74.73	74.31	71.96	71.32
090	235.715	1	251	1	S1 Storica	239.930	-	74.67	73.82	71.18	72.46
				1A	S1AA	242.971	-	72.01	72.74	70.08	69.91
089	242.000	PONTE A7	249	1B	S1B	245.827	-	70.78	72.20	69.37	69.52
088	242.654	1BIS		1C	S1C	247.366	-	70.70	73.82	68.60	68.71
087	244.305	2	246	2	S2	249.354	-	70.31	69.33	67.88	67.83
				2A	S2A_BIS	250.913	-	69.94	69.00	67.57	67.65
				2B	S2B_BIS	252.103	-	69.58	68.68	67.53	67.25
				2C	S2C	254.920	-	68.68	67.88	66.98	66.85
086	252.585	3	242	3	S3_BIS	257.631	-	67.92	67.21	66.19	66.39
				3A	S3A_BIS	259.105	-	67.49	66.32	65.74	65.36
084	255.570	4	240	4	S4	260.237	-	67.31	66.11	64.86	64.75
				4A	S4A	262.115	-	66.16	65.55	64.39	64.55
083	259.030	5	238	5	S5_BIS	263.692	-	65.19	65.08	63.90	63.56
				5A	S5A	264.978	-	64.90	64.76	63.69	63.47
				5B	S5B	266.834	-	64.50	64.31	63.58	63.24
				5C		269.120	-	64.05	63.82	63.08	63.05
				6A		269.774	-	63.89	63.63	62.98	62.91
082	264.855	6-TICINO	234	6	S6	270.000	62.25	63.78	63.51	62.91	62.48
				6B	S6B	272.269	61.97	63.52	63.32	61.88	62.19
081	269.665	7	231	7	S7	274.536	61.69	63.24	63.12	61.84	61.83
				7A	S7A	274.154	61.56	63.01	62.89	61.82	61.53
				7B	S7B	277.427	61.46	62.79	62.68	61.78	61.33
				7C	S7C	279.385	61.28	62.31	62.22	61.76	60.83
				7D	S7D	281.253	61.02	62.09	62.00	61.10	60.74
080	276.570	8-PORT' AL-BERA	227	8	S8	281.437	60.98	62.07	61.98	61.10	60.73
				8A	S8A	282.474	60.80	61.90	61.79	61.08	60.74
				8B	S8B	284.376	60.48	61.50	61.32	60.33	60.33
079	281.895	9	224	9	S9	286.281	60.17	61.11	60.87	59.90	59.90
				9A	S9A	287.750	59.91	61.06	60.66	59.64	59.66
078	284.500	PONTE S.S. 412		9B	S9B	289.368	59.66	61.00	60.44	59.08	59.40
				9C	S9C	290.447	59.49	60.69	60.23	58.87	59.01
				9D	S9D	291.622	59.33	60.53	60.11	58.78	58.90
077	289.300	10	220	10	S10	293.906	58.96	59.87	59.65	58.52	58.60
				10A	S10A	294.475	58.93	59.71	59.53	58.08	58.45
				10B	S10B	297.274	58.14	58.94	58.95	57.20	58.15
076	294.780	11	217	11	S11	299.274	57.34	58.36	58.52	57.20	57.63
075	296.810	12	216	12	S12	301.455	56.88	57.93	58.11	56.80	56.13
				12A	S12A	303.082	56.45	57.79	57.83	56.45	55.96
074	300.760	13	213	13	S13	305.732	56.02	57.55	57.36	56.42	55.96
073	302.705	14	211	14	S14	307.531	55.74	57.33	56.86	56.40	55.96
				14A	S14A	308.598	55.68	57.12	56.69	55.62	55.58
072	305.980	15	209	15	S15	310.704	55.41	56.65	56.31	55.62	55.61
				15A	S15A	312.368	55.09	56.45	56.03	55.74	55.48
				15B	S15B	314.515	54.68	56.12	55.64	55.72	54.94
071	310.290	16	206	16	S16	314.985	54.62	56.05	55.55	55.65	54.85

Figura 54: Estratto della Tabella 5.2 del PGRA 2016

9 EFFETTI DI UN'IPOTETICA ROTTA ARGINALE INTORNO ALL'AREA DI STUDIO

Con riferimento al precedente capitolo 3, pur essendo la probabilità di accadimento che si verifichi una rotta arginale intorno all'area di progetto in concomitanza con una piena bicentenaria o di entità leggermente inferiore (come la piena SIMPO o la recente piena del 2000) non quantificabile esattamente e sicuramente corrispondente a tempi di ritorno superiori a 200 anni ovvero si tratterebbe di probabilità non paragonabile a quella che si può determinare nel caso in cui si abbiano scenari di inondazione per la piena di progetto o per eventi di poco superiori alla stessa, sono stati comunque valutati a completamento dell'analisi svolta gli effetti di un'ipotetica breccia lungo le difese che proteggono la Centrale Enel e il territorio circostante.

Nel seguito viene pertanto esaminata la regione delimitata in **Figura 55** per valutare l'accumulo dei volumi d'acqua che potrebbero fuoriuscire a seguito di una rotta arginale durante una piena del Po.

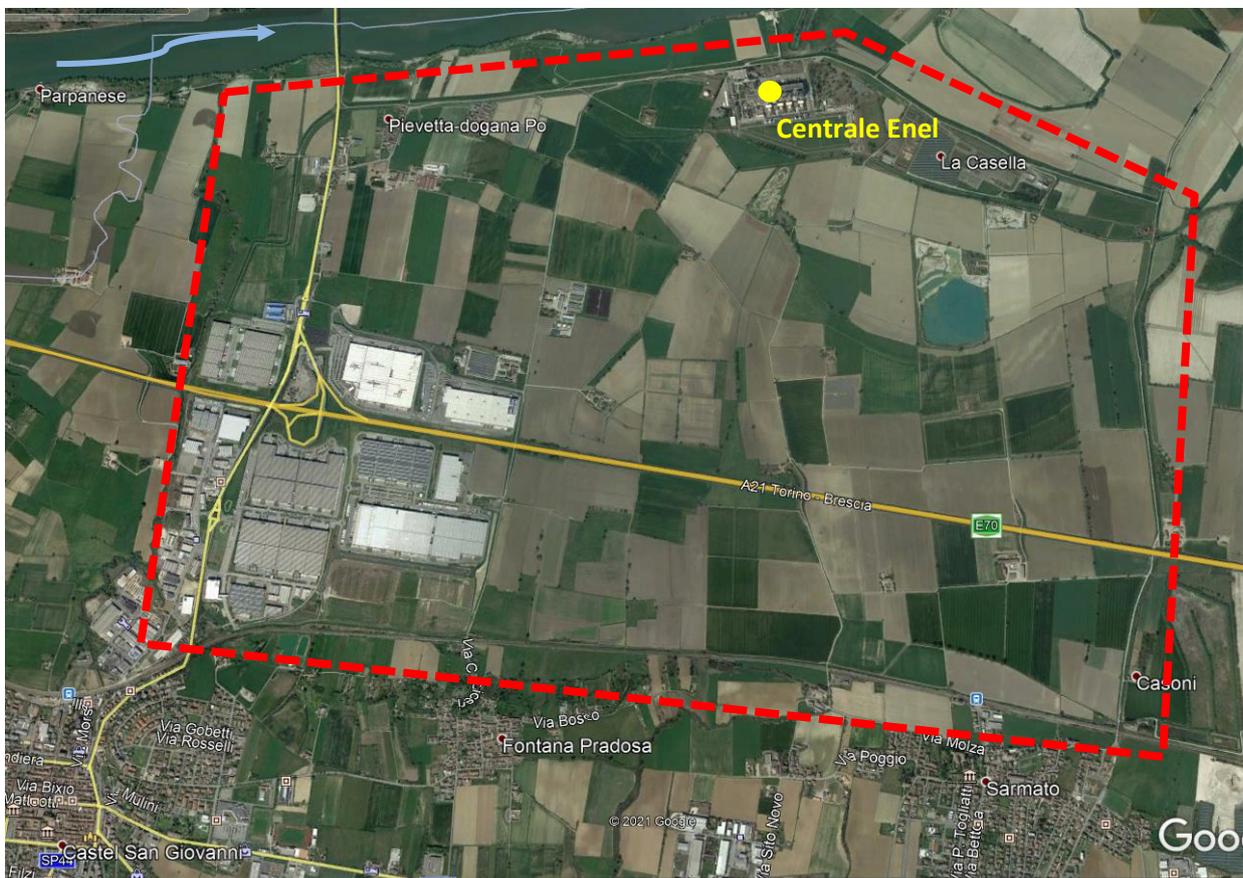


Figura 55: Area di studio su vista aerea Google Earth

Si osserva comunque, come già notato nel Cap. 6, come nel tratto fluviale studiato l'argine sinistro presenti ovunque quote inferiori a quelle dell'argine destro, pertanto eventuali sormonti durante una piena avverrebbero prima dalla parte opposta rispetto alla Centrale Enel. In tale frangente si avrebbe quindi modo di dare attuazione all'esecuzione delle opportune procedure di sicurezza della Centrale.

L'argine maestro che protegge la Centrale Enel (**Figura 40**) si sviluppa verso Ovest nel Comune di Castel San Giovanni, a proteggere le loc. Bosco Tosca e Pievevita-Dogana Po, interseca la SP 412 della Val Tidone per poi risalire il Rio Boriacco fino ad incontrare l'autostrada A21. Partendo dalla Centrale in direzione Est, nel comune di Sarmato costeggia la loc. La Casella e in corrispondenza dell'impianto idrovoro di

Casino dei Boschi risale il Rio Corniola (Strada Comunale del Porto di Veratto), anche in questo caso fino a incontrare l'autostrada A21.

Lo sviluppo complessivo di questo tratto di argine, chiuso alle estremità dal rilevato della A21, è di quasi 8 Km.

Le quote del coronamento arginale si attestano su valori compresi fra 62,4 m s.l.m. e 59,4 m s.l.m. [11]. Il deflusso delle acque attraverso un'ipotetica breccia dell'argine dipenderebbe, oltre che dalle dimensioni del varco e dalla morfologia del terreno, dal livello di piena del Po davanti alla breccia: per esempio 60,4 m s.l.m. lungo il lato Est del perimetro arginale, 50,5 m s.l.m. lungo il lato Ovest, facendo riferimento alla piena SIMPO 82 considerata nel PSC di Castel San Giovanni.

Le acque fluenti attraverso un'ipotetica, quanto improbabile, rotta arginale si riverserebbero e resterebbero contenute nell'area retinata in **Figura 56**, che mostra lo sviluppo dell'argine maestro in sponda destra del Po, prolungato seguendo lungo il terreno la quota di 60,50 m s.l.m..

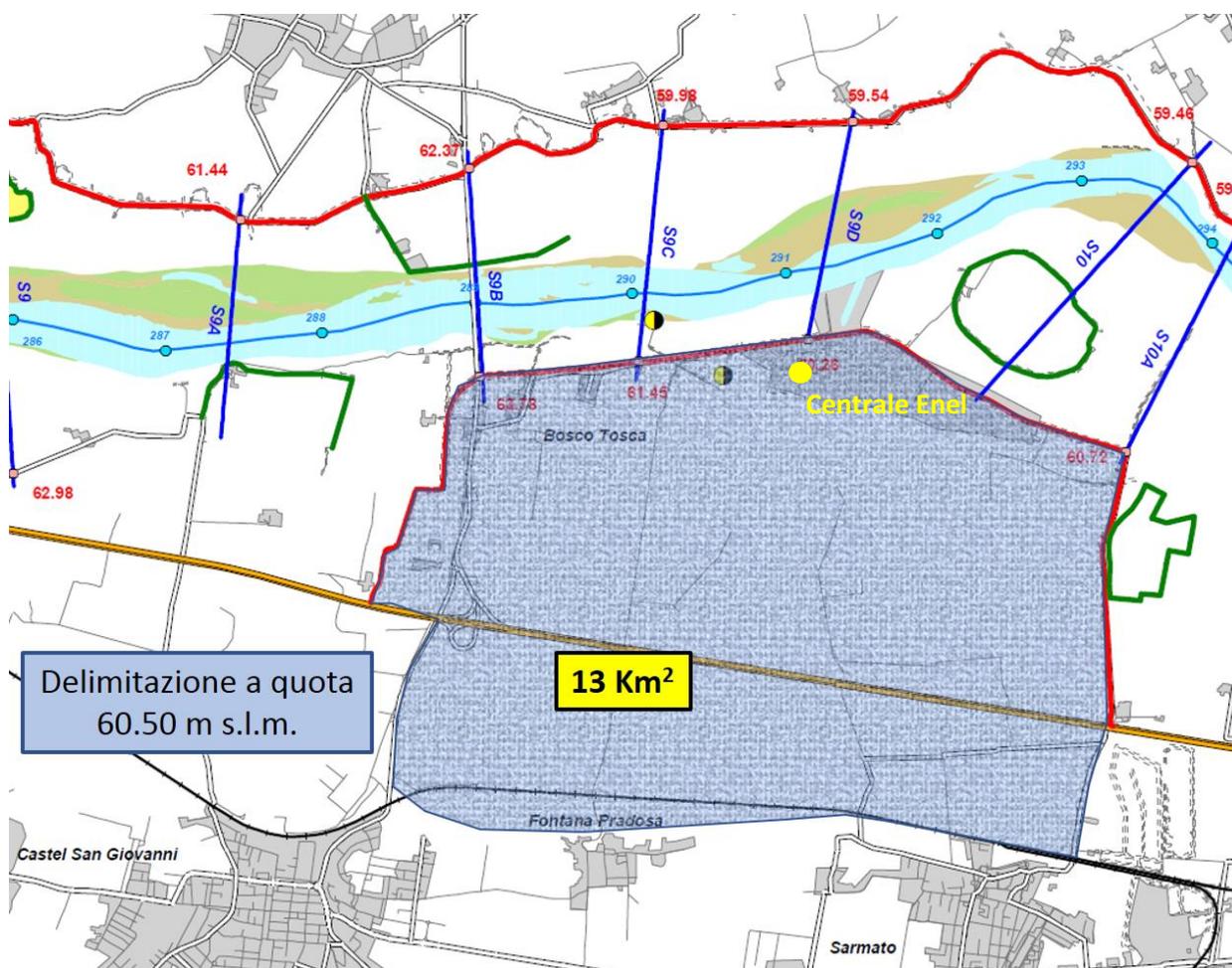


Figura 56: Area di contenimento delle acque fluenti attraverso un'ipotetica rotta arginale

Quest'area misura circa 13 Km² e come perimetro, procedendo in senso antiorario, presenta:

- il suddetto argine;
- un breve tratto di rilevato dell'autostrada A21;
- la SP142 della Val Tidone all'ingresso dell'abitato di Castel San Giovanni;
- un tratto di versante collinare;
- un tratto del rilevato ferroviario della linea Piacenza-Torino;

- un tratto di strada comunale del Porto di Veratto dall'abitato di Sarmato alla loc. Cascina Morandino.

Il principale rilevato che attraversa tale area è l'asse autostradale A21 Piacenza-Torino. Il profilo altimetrico del piano stradale è disegnato in **Figura 57**. Questo rilevato rappresenta un ostacolo al deflusso delle acque fino a quota 56,6 m s.l.m. (trascurando i tombini ed i sottopassi di Rio Sguazzo, Rio Panaro e di altri fossi).

Se il livello delle acque dovesse superare la quota di 56,6 m s.l.m. l'autostrada verrebbe quindi tracimata, interessando dapprima il tratto a quota inferiore, evidenziato in **Figura 58**.

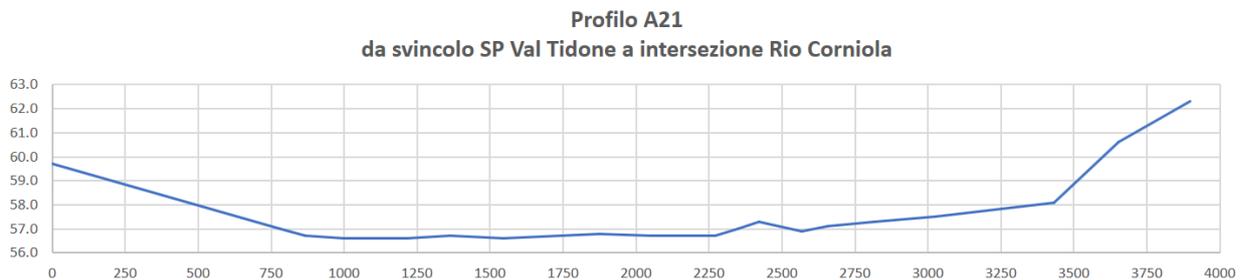


Figura 57

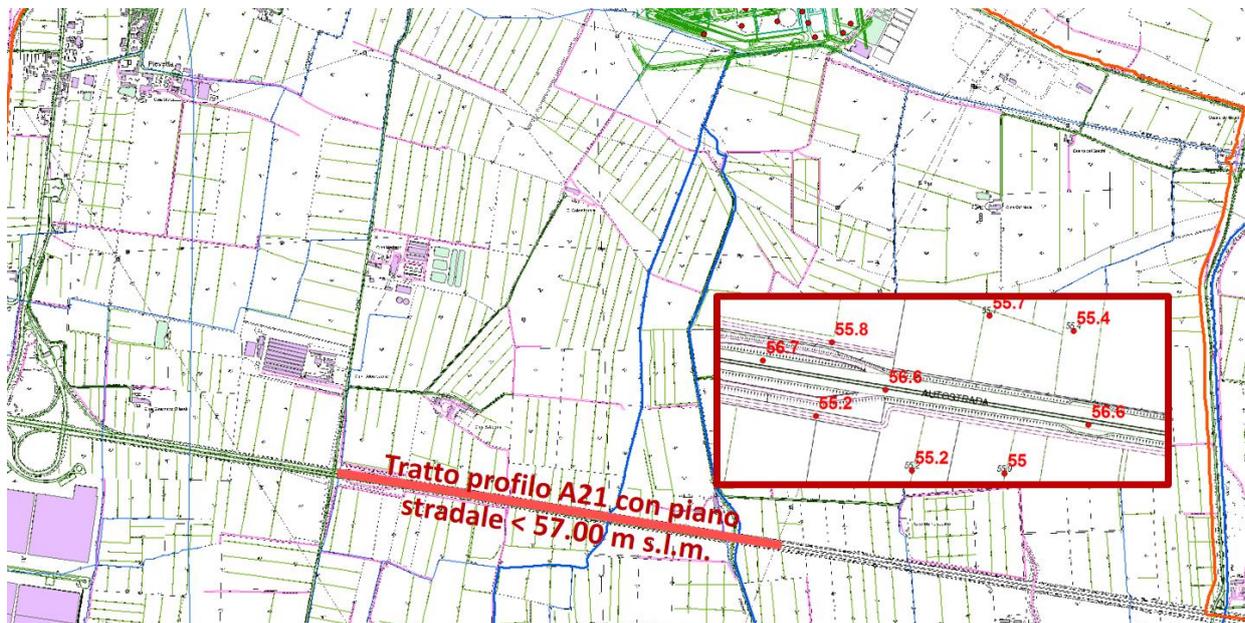


Figura 58

Trascurando la dinamica dettagliata della propagazione delle acque di piena fuoriuscite dalla breccia, che dipende dalla posizione del varco lungo l'argine, l'altimetria del terreno rappresentata in **Figura 59** mostra quali aree sarebbero più facilmente soggette ad allagamento e in quale progressione:

- dapprima la zona più depressa fra la Centrale elettrica ed il Rio Corniola,
- poi tutta l'area compresa fra l'argine e l'autostrada A21;
- infine, la fascia a Sud della A21, compresa fra l'autostrada stessa ed il rilevato ferroviario o il versante collinare.

I volumi complessivamente accumulabili esternamente all'argine sono stati calcolati dal modello del terreno di **Figura 59** e riportati in **Figura 60**. La discontinuità di pendenza della curva dei volumi di **Figura 60** è riferibile all'effetto del rilevato autostradale.

Con fuoriuscite di acqua fino a 20 Mmc la piattaforma sulla quale è costruita la Centrale rimarrebbe all'asciutto (si ricorda che la quota di costruzione è 57,05); volumi d'acqua maggiori potrebbero bagnare l'impianto, per esempio 30 Mmc darebbero luogo ad un livello idrico di 58,0 m s.l.m.

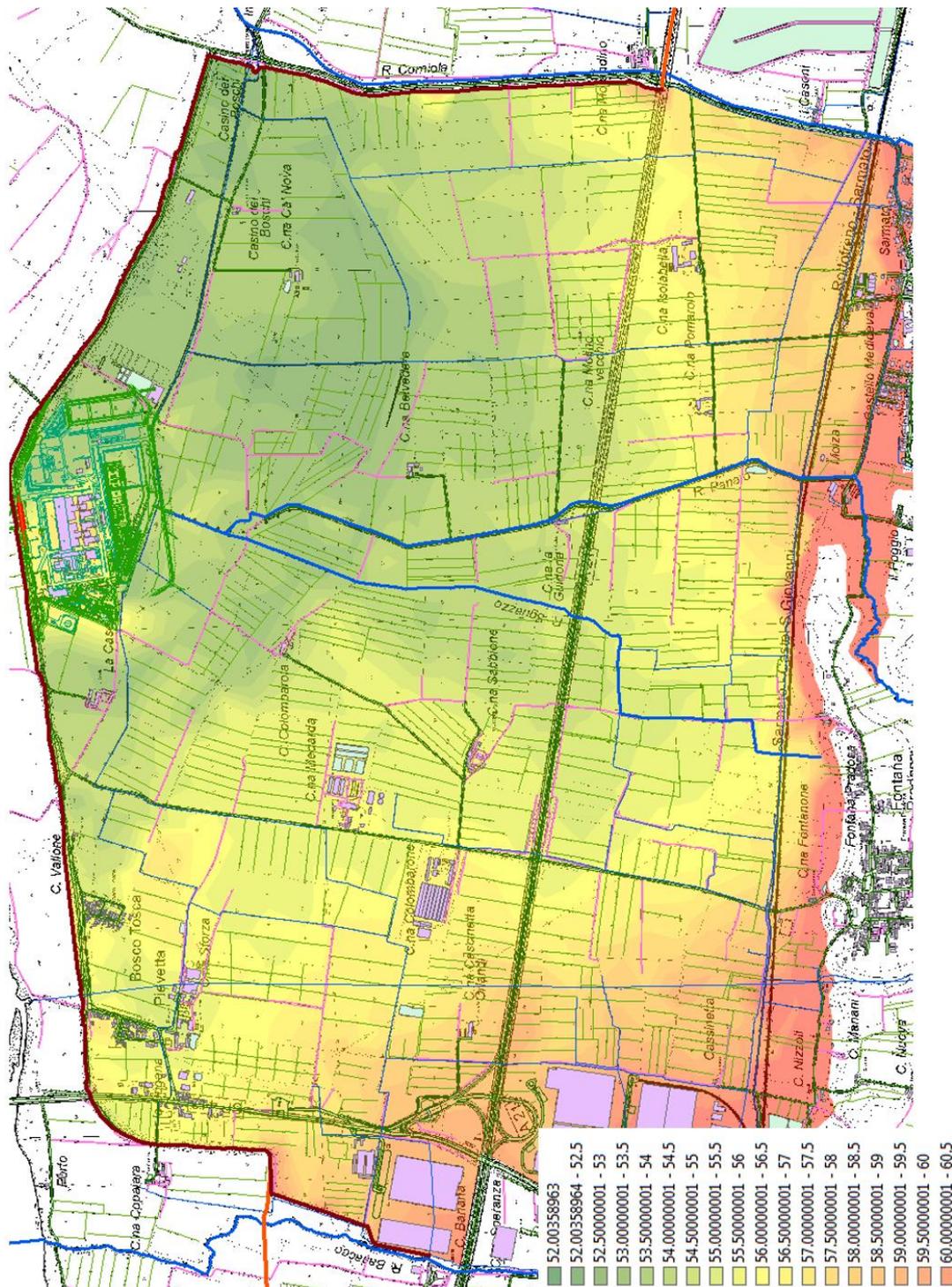


Figura 59: Modello del terreno della massima area allagabile in caso di rotta arginale

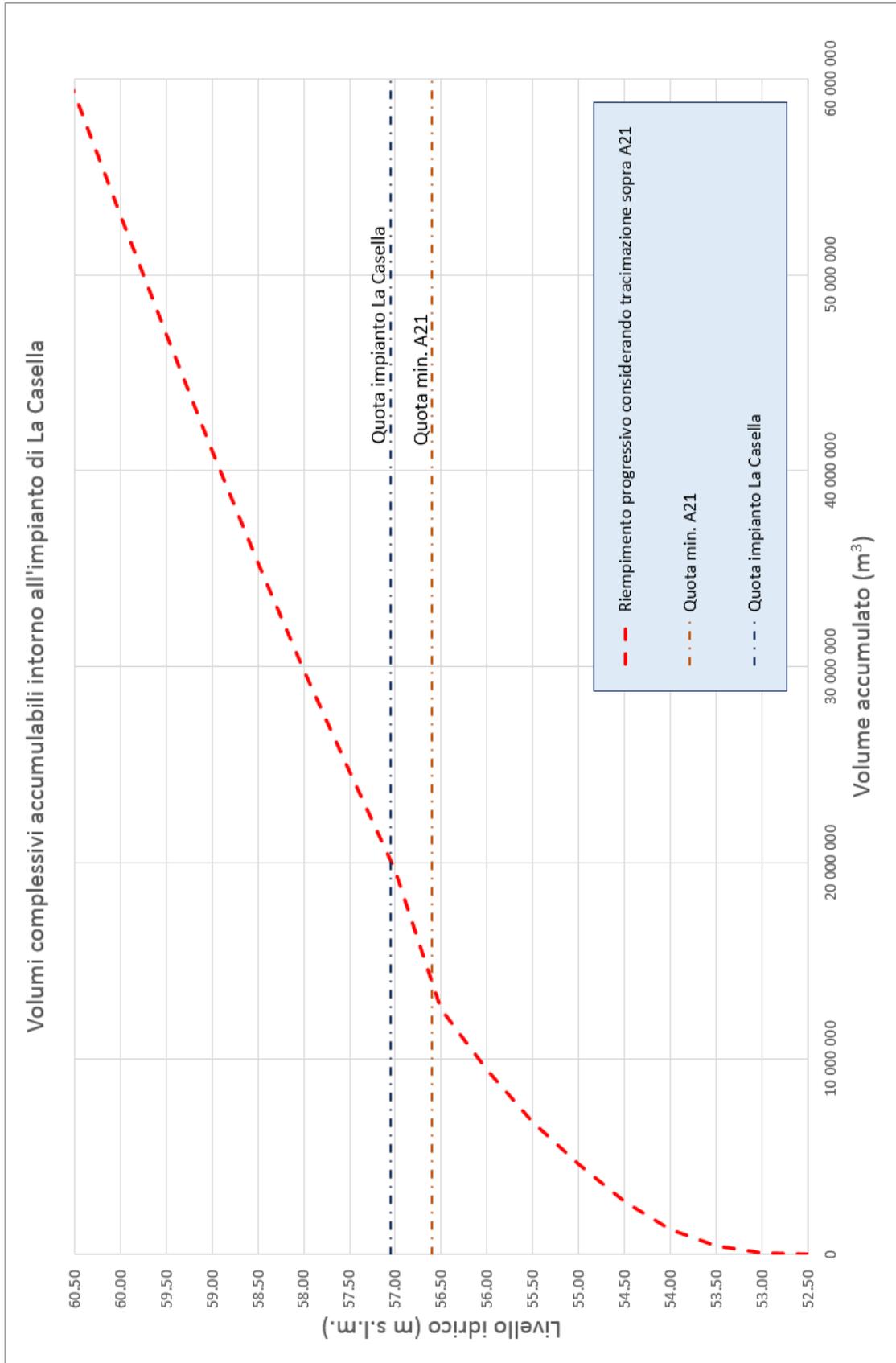


Figura 60: Volumi accumulabili nell'area compresa fra l'argine e la quota del terreno 60,5 m s.l.m.

Una volta innescato il meccanismo di formazione di una breccia arginale, questa si sviluppa fino alla sua massima profondità e larghezza nell'arco di qualche ora.

Le durate delle recenti piene storiche e delle piene di riferimento SIMPO e bicentenaria sono di qualche giorno, e anche i volumi di piena transitanti nel Po sono di almeno un ordine di grandezza maggiore; la frazione di acqua che potrebbe fuoriuscire dalla breccia dipende da larghezza e profondità del varco, oltre che dalla durata della piena; molto dipende anche dall'andamento del colmo di piena nel Po vicino alla breccia, che comanda il deflusso verso l'esterno dell'argine, e anche dal momento in cui la breccia si potrebbe aprire: prima, durante o dopo il transito del colmo.

Va sottolineato che i livelli idrici di riferimento delle piene SIMPO / bicentenaria ed i livelli delle piene storiche, sono sempre i massimi stimati o misurati e, pur nell'eventualità remota che si sta considerando, l'argine potrebbe collassare durante la crescita, il colmo o la fase calante dell'idrogramma.

10 CONCLUSIONI

Nel presente rapporto è stata esaminata la compatibilità idraulica della nuova unità a gas in progetto presso la Centrale termoelettrica Enel *Edoardo Amaldi* di Castel San Giovanni (PC), in località La Casella.

Le valutazioni sono state svolte con riferimento alle vigenti norme, in particolare il *Piano Strutturale Comunale* di Castel San Giovanni che recepisce le indicazioni del *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico* dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po e del *Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale* di Piacenza. Il tutto si affianca al quadro conoscitivo presente nel *Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni* dell'Autorità di Bacino.

L'area circostante l'impianto è stata conseguentemente inquadrata dal punto di vista del rischio idraulico.

È stata inoltre effettuata una ricognizione documentale sulle arginature maestre del fiume Po e sulle rotte storiche.

Infine, il terreno sul quale insiste l'impianto in progetto e il territorio circostante sono stati analizzati dal punto di vista morfologico in relazione alle mappe di rischio idraulico e sono state prefigurate le conseguenze della remota eventualità di una rotta arginale.

Tali ultimi approfondimenti sono stati effettuati al solo fine di fornire un'analisi quanto più completa possibile sull'opera in progetto, nonostante il tempo di ritorno di eventi di collasso arginale durante una piena sia ben superiore a quello di riferimento di 200 anni.

Riguardo le rotte storiche vale la pena sottolineare i seguenti punti:

- sul primitivo argine maestro del Po vi sono state 4 rotte certe e 5 rotte di ubicazione incerta, tutte in corrispondenza dell'evento del 1846;
- il nuovo argine, a causa della divagazione planimetrica del fiume Po, non coincide con il vecchio argine, tranne per un breve tratto ove è riportata una sola rotta;
- il meccanismo di rottura è attribuibile alla tracimazione dell'argine e non si registrano rotture per altre cause: sifonamento, erosione o altri meccanismi (a tale proposito si evidenzia che eventi di tracimazione dell'argine attuale presente nell'area di interesse hanno un tempo di ritorno superiore ai 200 anni); non sono stati osservati fontanazzi nella zona;
- l'argine non è in frodo, ma protetto da una fascia golenale non ampia fino alla sezione S9D e a valle di questa da un'area golenale molto ampia;
- le dimensioni delle brecce storiche variano da un minimo di 16 m ad un massimo di 176 m.

Dall'analisi effettuata nel presente documento, si riassumono di seguito degli elementi da cui si desume la compatibilità idraulica dell'opera in progetto facendo riferimento al rischio della piena bicentenaria, tale analisi è elaborata al fine di fornire supporto al Comune nell'ambito della valutazione delle condizioni di rischio idraulico locale così come previsto nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Piacenza.

- considerato il tratto di fiume Po per l'area di interesse e le piene di riferimento, la rotta arginale per sormonto (motivo di rottura arginale più frequente) risulterebbe più probabile per l'argine maestro sinistro rispetto a quello destro che protegge l'area dell'impianto in progetto. Infatti, il franco medio nel tratto analizzato risulta sempre positivo per la piena SIMPO, per la piena PAI Tr 200 e per la piena del 2000. Viceversa, in sinistra idrografica il franco risulta sempre negativo per la piena SIMPO e la piena PAI (tranne che in una sezione). In altre parole, l'argine sinistro è più vulnerabile al sormonto rispetto al destro. Questo significa che durante eventi catastrofici, aventi tempi di ritorno superiori rispetto ai valori considerati da AIPO, la probabilità di tracimazione in sinistra seguita da potenziale rottura

arginale, con conseguente laminazione della piena (limitando quindi i livelli in alveo), risulterebbe sicuramente più elevata che in sponda destra, rendendo quindi per quest'ultima ancora più improbabile tale tipo di accadimento.

- Eventuali piene del reticolo idraulico minore intorno alla Centrale non rappresentano fattori di rischio nemmeno nel caso di efflusso nel Po rigurgitato, data la posizione sopraelevata dell'impianto.
- La Centrale Enel e l'area circostante, ricadenti in Fascia C, zona C1 (protetta da arginature) interessata da inondazioni conseguenti a piene catastrofiche (**tempo di ritorno di almeno 500 anni**), e in area R2 (rischio medio, per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche), sono adeguatamente protette dall'argine maestro in destra idrografica del fiume Po per la piena SIMPO e, seppur con franchi più ridotti, per la piena bicentenaria.
- Il rischio idraulico risulta esclusivamente di natura residuale, in quanto connesso unicamente alla remota eventualità di breccia arginale concomitante con un evento di piena eccezionale (avendo anche minore rischio di rottura rispetto all'argine in sinistra idrografica, come già spiegato). Peraltro, l'impianto attuale e il progetto della nuova unità a ciclo combinato sono localizzati su un rilevato posto a quota 57,05 m s.l.m., rispetto all'area circostante, detto rilevato resterebbe asciutto per fuoriuscite d'acqua dall'argine del fiume Po di notevole entità fino a 20 Mmc.
- Le installazioni in progetto per il ciclo combinato, andando a collocarsi in un'area da lungo tempo impegnata dall'impianto Enel preesistente, non andrebbero a perturbare le condizioni di rischio idraulico complessive, garantendo l'invarianza idraulica.
- Gli argini sono periodicamente sorvegliati e mantenuti da AIPO, che ha elaborato peraltro un progetto emesso alla fine del 2020, che prevede la sistemazione dell'instabilità del paramento lato fiume in prossimità della Centrale elettrica al confine dei territori di Castel San Giovanni e di Sarmato; detto progetto è stato elaborato per risolvere fenomeni di franamento e smottamento che hanno interessato esclusivamente la prima scarpata arginale a partire dal piano golenale.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Comune di Castel San Giovanni (PC): *Piano Strutturale Comunale* (2012)
<https://www.comune.castelsangiovanni.pc.it/sottolivello.php?idsa=110&idbox=34&idvocebox=208>
- [2] Amministrazione Provinciale di Piacenza - Assessorato alla Programmazione Economica e Pianificazione Territoriale: *Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale* (2000)
<https://www.provincia.pc.it/PTCP/>
- [3] Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po: *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico*
<https://pai.adbpo.it/>
Mappatura delle fasce fluviali intorno all'impianto Enel – Foglio 161, Sez. III e Sez. II:
http://www.adbpo.it/PAI/8%20-%20Tavole%20di%20delimitazione%20delle%20fasce%20fluviali/8.3%20-%20Tavole%205000%20%28pdf%29/fascePAI_161_3_2006_16.pdf
- [4] Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po: *Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni* (2015 / 2021)
<https://pianoalluvioni.adbpo.it/>
- [5] Comune di Castel San Giovanni (PC): *Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) del distretto idrografico padano in rapporto alla pianificazione territoriale comunale vigente. Ricognizione della strumentazione urbanistica vigente e prime indicazioni operative*, Disposizione tecnico-organizzativa (DTO 19/2016)
https://www.comune.castelsangiovanni.pc.it/Allegati/SottoLivelli/DTO%2019-2016%20Il%20Piano%20di%20Gestione%20del%20Rischio%20Alluvioni%20in%20rapporto%20alla%20pianificazione%20territoriale%20comunale%20vigente_08102016-083445.pdf
- [6] Regione Emilia Romagna: *Prime disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni nel settore urbanistico*, Delibera Giunta Regionale n. 1300/2016
- [7] Ghilardi M. et al.: *Centrale Termoelettrica 'Edoardo Amaldi' di La Casella. Installazione di una Nuova Unità a gas. Studio di Impatto Ambientale (art.22 D.Lgs 152 e ss.mm. ii.)*, rapporto CESI C0013426 (2020)
- [8] Baldini, S.: *Lavori di ripristino banca a fiume dell'argine maestro di Po in Comune di Castelsangiovanni (PC)*, Progetto AIPO (2020)
<https://www.agenziapo.it/documentazione/95>
- [9] Ministero dell'Ambiente (MATTM). Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po. **PGRA 2015-2021**. *Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del Distretto del fiume Po. Area a rischio significativo (ARS) del fiume Po da Torino al mare. Analisi di fattibilità tecnico ed economica per il miglioramento delle condizioni di sicurezza rispetto al sormonto degli argini maestri del fiume Po. Relazione illustrativa*. Ottobre 2017
- [10] Ministero dell'Ambiente (MATTM). Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po. **PGRA 2015-2021**. *Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del Distretto del fiume Po. Area a rischio significativo (ARS) del fiume Po da Torino al mare. Analisi di fattibilità tecnico ed economica per il miglioramento delle condizioni di sicurezza rispetto al sormonto degli argini maestri del fiume Po. Allegato 1.2- Analisi delle criticità arginali per sormonto rispetto alla piena SIMPO, tratto Ticino- Pontelagoscura (sponda destra)*. Ottobre 2017
- [11] Ministero dell'Ambiente (MATTM). Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po. **PGRA 2015-2021**. *Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del Distretto del fiume Po. Area a rischio significativo (ARS) del fiume Po da Torino al mare. Analisi di fattibilità tecnico ed economica per il miglioramento delle*

condizioni di sicurezza rispetto al sormonto degli argini maestri del fiume Po. Allegato 2.2- Analisi delle criticità arginali per sormonto rispetto alla piena PAI, tratto Ticino- Pontelagoscuro (sponda destra). Ottobre 2017

- [12] CNR-Istituto di ricerca per la Protezione Idrogeologica- sezione Torino. *Quadro conoscitivo sulle rotte nell'arginatura maestra del Po documentate a partire dal 1800 lungo il percorso fluviale da Zerbo (PV) a Serravalle (FE)*, settembre 2004
- [13] Autorità di Bacino del fiume Po: *Fiume Po da Torino al mare. Censimento delle rotte storiche.*, giugno 2014.
- [14] Autorità di Bacino del fiume Po: *Fiume Po da Torino al mare. Analisi del livello di sicurezza delle arginature rispetto al sormonto*, giugno 2014.
- [15] Autorità di Bacino del fiume Po: *Fiume Po da Torino al mare. Analisi del livello di sicurezza delle arginature rispetto al sifonamento, allo sfiancamento e al rischio sismico*, giugno 2014.
- [16] CNR IRPI: *Database sulle rotte nell'arginatura maestra del Po* (2004)
<https://www.cnr.it/it/banche-dati-istituti/banca-dati/1004/database-sulle-rotte-nell-arginatura-maestra-del-po>
<http://geoclimalp.to.cnr.it/Rotte/indice.php>
- [17] Autorità di Bacino del Fiume Po: *Catasto delle arginature Maestre del fiume Po. Da foce Tanaro all'incile del Po di Goro. Atlante delle sezioni trasversali del corpo arginale*, novembre 2004.
http://www.adbpo.it/download/a-atlanti%20del%20Po/Po_Catasto_Arginature_Maestre_2004/
- [18] Autorità di Bacino del Fiume Po: *Aggiornamento catasto arginature maestre del fiume Po da foce Tanaro all'incile del Po di Goro*, anno 2004.
- [19] Autorità di Bacino del Fiume Po: *Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni. Profili di piena dei corsi principali*, marzo 2016.
- [20] AIPO – Agenzia Interregionale per il fiume Po
<https://www.agenziapo.it/>
- [21] Geoportale AIPO
<http://geoportale.agenziapo.it/web/index.php/it/rilievi-topografici>
- [22] P. Mignosa. *Le rotte nel tratto emiliano del fiume Po*, settembre 2004
(<http://www.idrologia.unimore.it/orlandini/web-archive/un%20po%20di%20carte/capitolo-7.pdf>)
- [23] A. Domeneghetti. *Modellistica idraulico-matematica per la definizione di strategie di mitigazione del rischio alluvionale*, tesi di Dottorato di ricerca in Ingegneria strutturale ed idraulica, Ciclo XXIV, Università degli studi di Bologna, anno 2012
- [24] C. Covelli. *Sulla formazione di brecce nei rilevati arginali: implicazioni relative alla protezione idraulica del territorio*, tesi di Dottorato di ricerca in Ingegneria delle reti Civili e dei Sistemi territoriali, Indirizzo Ingegneria Idraulica, XVIII ciclo, Università degli studi di Napoli Federico II.
- [25] Govi e Turitto: *Grandi inondazioni lungo il fiume Po: scenari che si ripetono*, CNR-IRPI, in Luino F. (a cura di), *La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica*, Atti Convegno Internazionale, Alba (CN), 5-7 novembre 1996, II, pp. 143-156.

ALLEGATI

Allegato 1: Tavola di progetto PBITC0094103-NUOVO-REV04