

CASSA DI ESPANSIONE DEL TORRENTE BAGANZA NEI COMUNI DI FELINO, SALA BAGANZA, COLLECCHIO E PARMA (PR-E-1047)

PROGETTO ESECUTIVO

00	07/2019	Prima emissione	CROCI	PAOLETTI	BERTERO
01	07/2020	Revisione per osservazioni DGD e validazione	CROCI	PAOLETTI	BERTERO
REV.	DATA	MODIFICHE	REDAZIONE	VERIFICA	AUTORIZZ.

RELAZIONE IDROLOGICA

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE

MANDATARIA:

MANDANTI:



IL R.U.P.:

 Dott. Ing. Mirella Vergnani
 (documento firmato digitalmente)

 Progettista responsabile integrazioni
 prestazioni specialistiche e Direttore Tecnico
 della mandataria.
 Hydrodata S.p.A.
 Ord. Ing. Torino N°7570L
 Dott. Ing. Roberto Bertero
 (documento firmato digitalmente)

 Progettista/Progettisti responsabili elaborato
 Etatec Studio Paoletti S.r.l.
 Ord. Ing. Milano N°8580

 Prof. Ing. Alessandro Paoletti
 (documento firmato digitalmente)


CODICE ELABORATO:

B	A	G	3	0	2	I	D	R	R	R	E	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

ID (1)

CAP. (2)

TIPO (3)

DOC. (4)

PROGR. (5-6) REV. (7)

SCALA

 LUGLIO
 2019

INDICE

1. PREMESSA	3
2. CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE ED IDROLOGICHE DEL SISTEMA PARMA – BAGANZA.....	5
2.1 IDROGRAFIA	5
2.2 IDROLOGIA.....	10
2.3 IDRAULICA FLUVIALE.....	13
2.3.1 Torrente Baganza da Calestano alla confluenza con il torrente Parma	13
2.3.2 Torrente Parma da Marano alla confluenza con il torrente Baganza	14
2.3.3 Torrente Parma a valle della confluenza Parma - Baganza	14
3. PORTATE DI RIFERIMENTO E SCENARI DI COMBINAZIONE DELLE PIENE CONSIDERATI NEL PROGETTO DEFINITIVO.....	21
3.1 TORRENTE BAGANZA.....	21
3.1.1 Portate al colmo - BAG	21
3.1.2 Idrogrammi di piena - BAG	21
3.2 TORRENTE PARMA A MONTE DELLA IMMISSIONE DEL TORRENTE BAGANZA	25
3.2.1 Portate al colmo - PR.....	25
3.2.2 Idrogrammi di piena - PR.....	25
3.3 TORRENTE PARMA A VALLE DELLA IMMISSIONE DEL TORRENTE BAGANZA.....	25
3.3.1 Portate al colmo – BAG+PR	25
3.3.2 Idrogrammi di piena – BAG TR100 +PR TR100	26
3.3.2.1 Onde artificiali – scenario 1.C.F e 1.C.M.....	26
3.3.2.2 Onde artificiali – scenario 2.B.F e 2.B.M	27
3.3.2.3 Onde artificiali – scenario 3.P.F e 3.P.M.....	28
3.3.3 Idrogrammi di piena – BAG TR200 + PR TR100	29
3.3.4 Idrogrammi di piena – BAG TR200 + PR TR200	31
3.4 CONCLUSIONI	31
3.4.1 Onde di piena naturali.....	31
3.4.2 Onde di piena artificiali	31
4. ELENCO DOCUMENTI DI RIFERIMENTO PER L’AGGIORNAMENTO DELLE ANALISI IDROLOGICHE	33
5. SINTESI DEI CONTENUTI DEGLI STUDI PREGRESSI.....	34
5.1 “RELAZIONE IDROLOGICA” DELLO “STUDIO DELLA MESSA IN SICUREZZA DEL TERRITORIO PARMENSE, CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLA REALIZZAZIONE DELLA CASSA DI ESPANSIONE DEL TORRENTE BAGANZA”	34
5.2 “AGGIORNAMENTO DELLE ANALISI IDROLOGICHE E REVISIONE DEL PROGETTO PRELIMINARE DELLA CASSA DI ESPANSIONE SUL TORRENTE BAGANZA”	37

5.3	“RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA DELLA CASSA DI ESPANSIONE” (ELABORATO BAG202IDRRRE02B) DEL PROGETTO DEFINITIVO DELLA “CASSA DI ESPANSIONE DEL TORRENTE BAGANZA NEI COMUNI DI FELINO, SALA BAGANZA, COLLECCHIO E PARMA (PR-E-1047)”	38
5.4	“RELAZIONE IDROLOGICA” (DICEMBRE 2015) REDATTA DA ARPAE – SERVIZIO IDROMETEOROLOGIA – AREA IDROLOGIA	39
5.5	“RELAZIONE TECNICA” (MAGGIO 2019) REDATTA DA ARPAE-SIMC SERVIZIO IDROGRAFIA E IDROLOGIA REGIONALE E DISTRETTO PO NELL’AMBITO DELLE “ATTIVITÀ DI STUDIO FINALIZZATE ALLA RICOSTRUZIONE IDROLOGICA DELL’EVENTO DI PIENA DEL 11-12 DICEMBRE 2017 E ALL’AGGIORNAMENTO DELL’IDROLOGIA DI PIENA DEL TORRENTE ENZA”.	40
6.	RIDEFINIZIONE DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA DEL T. BAGANZA A PONTE NUOVO	42
6.1	PORTATA EVENTO REALE PER ANALISI DEL COMPORTAMENTO DEL SISTEMA SOTTOPOSTO AD UNA SOLLECITAZIONE A DOPPIO PICCO	48
7.	DEFINIZIONE DELLE PORTATE DI PIENA PER IL DIMENSIONAMENTO E LA VERIFICA IDRAULICA DELLE OPERE PROVVISORIE	50
7.1	DEFINIZIONE DELLA PORTATA DI PIENA DEL T. BAGANZA PER T=2 ANNI	51
8.	DEFINIZIONE DELLA PORTATA MEDIA ANNUA DEL T. BAGANZA A PONTE NUOVO	53

1. PREMESSA

La presente relazione idrologica riporta, oltre ad una sintesi dei contenuti delle analoghe relazioni redatte nei precedenti livelli di progettazione, le attività svolte per aggiornare le onde di piena di riferimento per il presente progetto. Tali analisi sono state condotte a partire dagli idrogrammi già definiti in precedenza nell'ambito del progetto preliminare e del progetto definitivo e dalle valutazioni effettuate da ARPAE relativamente alla definizione delle portate di piena al colmo, che considerano anche gli effetti dei cambiamenti climatici.

Il suddetto aggiornamento degli idrogrammi di piena risponde a quanto richiesto nell'ambito del procedimento per l'approvazione tecnica ex art.1, co.1, D.L.507/1994 conv. L.584/1994 e art.5 D.P.R.1363/1959 da parte del Dipartimento per le Infrastrutture, i Sistemi Informativi e Statistici - Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche - Div. 4 – Coordinamento istruttorie progetti e vigilanza lavori. In particolare, nell'ambito della relazione istruttoria allegata alla nota DG Dighe n. 18150 del 09.09.2017 e del voto dell'Assemblea generale del Consiglio Superiore dei LL.PP. n. 57/17 del 15.12.2017, sono state formulate le seguenti prescrizioni e raccomandazioni relative agli aspetti idrologici:

“Prescrizioni e raccomandazioni sugli aspetti idrologici

- Sulle portate/idrogrammi di piena di progetto di assegnato T_r (stabilito dalle vigenti NTD) deve essere acquisito il parere del competente Servizio idrografico (ora ARPA Emilia Romagna) ai sensi dell'art.5 del DPR 1363/1959 e ai sensi della Circ. RID n.6729 del 24.9.2007. Al riguardo si conferma la necessità che il parere di ARPA Emilia Romagna, già reso al Proponente in fase di progettazione indipendentemente dalla normativa citata, sia rilasciato formalmente ai sensi dell'art.5 del citato DPR 1363/1959. Ciò in quanto le raccomandazioni contenute nel parere ARPA PGSIM/2015/1575 del 23.12.2015 circa la necessità di adottare “opportuni accorgimenti nonché franchi e coefficienti di sicurezza sovradimensionati per tutte quelle opere, impianti o parte di essi che abbiano particolare attinenza con la pubblica incolumità” non sembrano considerare esplicitamente che per le “grandi dighe” i margini di sicurezza e, in particolare i franchi idraulici, sono definiti dalle norme tecniche di settore (NTD 2014 sostitutive del DM 24.3.1982) (R/26).

- Ferma restando la competenza dell'ARPA Emilia Romagna, ai fini dell'acquisizione di tale parere, risulta opportuno (in relazione alla numerosità del campione di dati disponibili in rapporto ai tempi di ritorno cui l'extrapolazione si riferisce) ricorrere anche ai disponibili metodi di regionalizzazione delle portate per la zona omogenea di interesse individuata dal VA.PI. o eventualmente da studi più aggiornati (R/26).

- “Il valore della portata al colmo, così come ricostruito tramite modellazione idraulica inversa, dell'evento dell'ottobre 2014 deve essere comunque considerato in modo completo nell'analisi statistica per giungere ad una stima del valore di portata millenaria che sia comunque cautelativa e utilizzabile per la determinazione del tempo di ritorno ‘nominale’ dell'intervento e per la corretta valutazione del rischio residuo”. “Si raccomanda che nel successivo sviluppo progettuale ciò possa essere implementato, anche al fine di verificare le assunzioni adottate dai progettisti”. Gli idrogrammi di progetto andrebbero conseguentemente “riscalati” considerando la curva di crescita delle portate comprensiva dell'evento del 2014 (V/90-91).”

Relativamente alla prima prescrizione si precisa che in data 01/06/2018 ARPAE ha trasmesso ad AIPO il parere di competenza espresso ai sensi dell'art. 5 del regolamento di cui al DPR 1363/1959, relativo alle analisi idrologiche/idrauliche sul Progetto dei *“Lavori di realizzazione della cassa di espansione del Torrente Baganza nei comuni di Felino, Sala Baganza, Collecchio e Parma (PR-E-1047)”*.

Con riferimento al secondo punto, invece, si precisa che il suddetto parere di ARPAE contiene la definizione delle portate di piena al colmo per diversi valori del tempo di ritorno, utilizzando la metodologia VAPI con distribuzione TCEV assumendo parametri a scala di bacino e parametri calcolati con la serie storica, comprendente anche l'evento di piena del 2014. Inoltre, la stima effettuata da ARPAE ha portato a definire valori di portata maggiori, a parità di tempo di ritorno, rispetto a quelle ricavate dalle curve di crescita valide per la zona omogenea di interesse per il bacino Parma-Baganza (D e Bologna) del rapporto VAPI.

Infine, con riferimento all'ultima prescrizione, si specifica che le analisi di seguito esposte nel capitolo 6 sono relative alla richiesta secondo cui *“Gli idrogrammi di progetto andrebbero conseguentemente “riscaldati” considerando la curva di crescita delle portate comprensiva dell'evento del 2014 (V/90-91).”* I nuovi idrogrammi di piena di riferimento determinati dagli scriventi sono caratterizzati da:

- valore di portata di piena al colmo, per i diversi valori del tempo di ritorno considerati, pari ai valori definiti da ARPAE e riportati nel parere di competenza ai sensi dell'art. 5 del regolamento di cui al DPR 1363/1959;
- volume dell'idrogramma di piena complessivo (nelle 72 ore) pari al volume degli idrogrammi definiti dal DICATEA dell'Università degli Studi di Parma e utilizzati nei precedenti livelli di progettazione della cassa di espansione del T. Baganza.

La presente relazione è così strutturata:

- nel capitolo 2 viene riportata una descrizione delle caratteristiche idrografiche e idrogeologiche del sistema Parma – Baganza, dedotta dalle relazioni idrologiche dei precedenti livelli di progettazione,
- nel capitolo 3 sono riportati gli idrogrammi di piena di riferimento definiti nell'ambito del progetto definitivo;
- nel capitolo 4 sono elencati i documenti e le relazioni che sono state consultate e utilizzate nell'ambito del presente livello di progettazione per la definizione dei nuovi idrogrammi di piena di riferimento;
- nel capitolo 5 sono riportati, in sintesi, i principali dati ricavati da tali documenti/relazioni;
- nel capitolo 6 sono riportate le analisi effettuate dagli scriventi nell'ambito del presente progetto esecutivo e i risultati ottenuti;
- nel capitolo 8, infine, è riportata la stima della portata media annua del T. Baganza in prossimità dell'invaso di laminazione in progetto, che è stato utilizzato nell'ambito del presente progetto per effettuare la calibrazione, in regime stazionario, del modello di filtrazione delle acque sotterranee.

2. CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE ED IDROLOGICHE DEL SISTEMA PARMA – BAGANZA

2.1 IDROGRAFIA

Si riprende nel seguito dalla relazione “AIPO – DICATeA – Completamento delle attività propedeutiche alla realizzazione della cassa di espansione sul torrente Baganza – luglio 2015” una sintetica descrizione della idrografia del sistema Parma – Baganza.

“Come riportato in Figura 3-1 il bacino del torrente Parma si estende dall’Appennino Tosco-Emiliano fino alla Pianura Padana: i suoi confini naturali sono a sud lo spartiacque appenninico che lo separa dal bacino del fiume Magra, a est e sud-est lo spartiacque che lo separa dal bacino del torrente Enza, ad ovest e nord-ovest lo spartiacque che lo divide dalla valle del fiume Taro, infine a nord e nord est il corso stesso del fiume Po. Il bacino ha una forma decisamente stretta ed allungata; nella parte a monte della città di Parma i sottobacini del torrente Parma e del torrente Baganza sono pressoché paralleli sino alla loro confluenza, che avviene proprio in città.

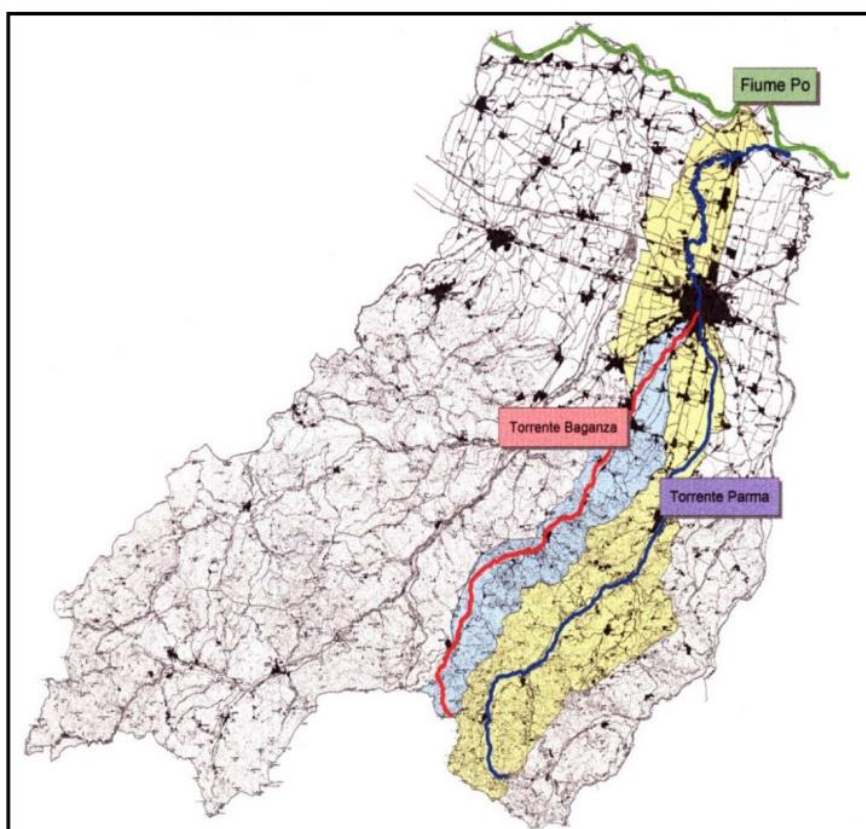


Figura 1 - Figura 3-1 Rappresentazione dei bacini idrografici del torrente Parma e del torrente Baganza

Il bacino può essere suddiviso in due parti:

- una parte montana – collinare, che si estende dal crinale appenninico (con quote massime di 1830 m s.l.m. del Monte Orsaro) sino alla città di Parma (Figura 3-2);

- una parte più pianeggiante, che comprende la zona a valle della città di Parma sino alla foce in Po, con quote da 60 m a 20 m s.l.m. per una lunghezza dell'asta torrentizia di circa 37 km.

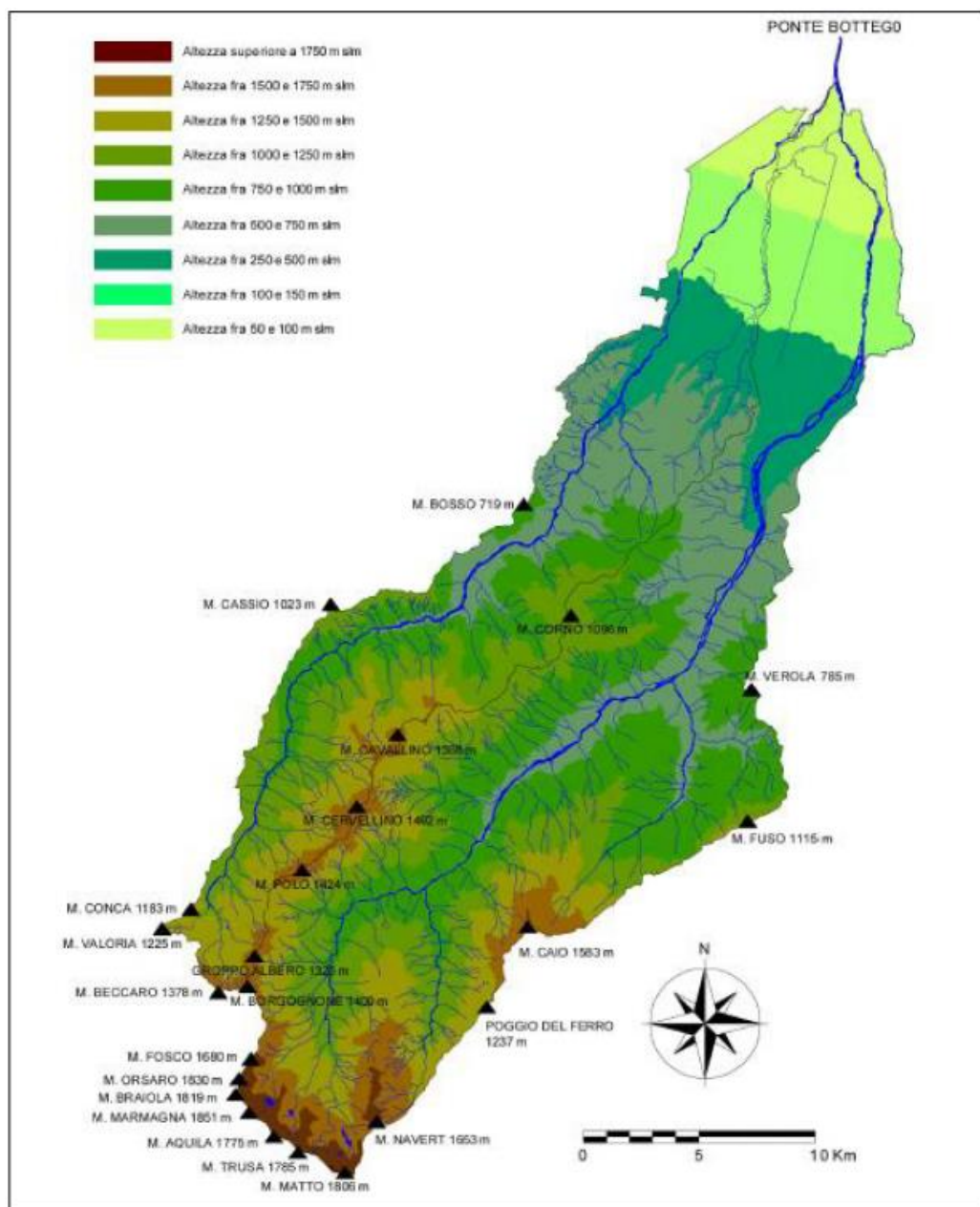


Figura 2 - Figura 3-2 Altimetria e rilievi principali del bacino Parma – Baganza

La parte montano-collinare, a causa della sua maggiore estensione, pendenza e altitudine (quindi interessata da precipitazioni generalmente più abbondanti), può ritenersi responsabile della formazione della quasi totalità (in termini di portate e volumi) di ciascun evento di piena che transita per la città di Parma. Viceversa la parte di bacino a valle della città ha pendenze modestissime, è composta da una rete fitta di canali artificiali, alcuni dei quali (finalizzati al drenaggio di bacini urbani di quartieri periferici) scaricano esigue portate in tempi piuttosto brevi; altri drenano terreni pianeggianti di campagna con deflussi piuttosto lenti.

Le parti alte dei due bacini presentano alcune affinità: un sostanziale parallelismo delle aste torrentizie, alcune comuni caratteristiche idrogeologiche, altitudini elevate, pressoché identici regimi pluviometrici. Questo non significa che necessariamente i due bacini vengano sollecitati da eventi meteorici contemporanei ed uniformi. In effetti, a causa anche delle discrete altitudini raggiunte dello spartiacque interno: (monte Borgognone 1401 m s.l.m. da cui nasce il torrente Baganza e poi, verso la pianura, il monte Polo 1419 m s.l.m., monte Cervellino 1492 m s.l.m., monte Montagnana 1313 m s.l.m. ed infine, come ultimo contrafforte montuoso a circa 25 km dalla confluenza, il monte Sporno 1058 m s.l.m.) si registrano spesso sollecitazioni meteoriche differenti.

Tuttavia, gli eventi meteorici intensi verificatisi negli ultimi decenni che hanno dato origine ad eventi di piena particolarmente gravosi sia per la città di Parma sia per il tratto di pianura del torrente Parma, hanno sempre interessato, anche se con precipitazioni differenti, entrambi i bacini montani o medio collinari.

Questo, di fatto, determina la generazione di due onde di piena distinte sui torrenti Parma e Baganza. Ne consegue che un aspetto importante è costituito dalla eventuale coincidenza temporale dei due colmi di piena alla confluenza che, come già ricordato, avviene proprio nel tratto di attraversamento della città di Parma.

3.1.1 Il torrente Parma

Il torrente Parma nasce dal complesso montuoso formato dal Monte Orsaro (1831 m s.l.m.) e dal Monte Marmagna (1851 m s.l.m.) che fa da spartiacque con il bacino del torrente Magra in provincia di Massa Carrara, dalla confluenza di tre rami iniziali: il torrente Parma del Lago Santo, delle Guadine e di Badignana. Ad est la quota più alta dello spartiacque con la valle del torrente Enza è quella del Monte Caio (1580 m s.l.m.), mentre ad ovest il Monte Borgognone (1401 m s.l.m.) fa da spartiacque con il bacino del torrente Baganza. Poco a valle di Corniglio confluisce nel Parma, in destra idraulica dalla omonima valle, il torrente Bratica (bacino di 33.6 km²), il più importante affluente per il tratto montuoso; nel tratto successivo non ci sono altre confluenze significative, ma solo rii secondari fino a Capoponte dove confluisce, sempre in destra idraulica, il torrente Parmossa (bacino di 32.6 km²). Appena a monte di Langhirano, in sinistra idraulica sfocia in Parma il rio Fabiola (bacino di 15.7 km²), ultimo affluente degno di nota. Successivamente tra Langhirano e Torrechiara sfociano in Parma solo rii secondari che sottendono bacini di piccola superficie; inoltre, in questa zona hanno inizio le maggiori derivazioni di canali irrigui verso la zona di media e bassa collina: in località Stadirano il canale Maggiore, il canale Comune poco più a valle e la canaletta di Monticelli in prossimità di Mariano.

A valle di Capoponte l'alveo è costituito da uno strato di ghiaie alluvionali di spessore rilevante e con dimensioni trasversali notevoli (fino a 600 m) e pendenza che si riduce rispetto al tratto montano: è la classica situazione in cui il corso d'acqua, abbandonando il fondovalle montano, genera una conoide alluvionale depositando materiale solido a causa della diminuzione della velocità della corrente.

All'altezza di Marano è ubicata la cassa di espansione sul torrente Parma. Il torrente entra nella zona dell'invaso attraverso quattro briglie, che ne riducono la quota del fondo alveo di circa otto metri. La cassa, in linea, è in grado di invasare, alla quota del ciglio sfiorante, circa dieci milioni di metri cubi).

Alla periferia sud della città confluisce nel torrente Parma, in destra idraulica, il cavo Ariana; poco più a valle, in sinistra idraulica, immediatamente a monte del Ponte Italia, si ha la confluenza con il torrente Baganza. La superficie del bacino idrografico, chiuso immediatamente prima della confluenza, è pari a circa 376 km².

Il tratto urbano del torrente Parma si sviluppa per una lunghezza di poco inferiore a 4 km e presenta un andamento pressoché rettilineo e canalizzato. Si riscontrano diversi progressivi restringimenti della sezione trasversale, dovuti alla presenza di ponti ma anche alla progressiva antropizzazione del territorio: è il caso della zona di ponte Dattaro, dove però l'altezza del piano stradale e dell'impalcato del ponte non provocano un'eccessiva ostruzione al moto della corrente.

Diversamente accade in prossimità del ponte di Mezzo, che collega il centro storico della città con la zona dell'Oltretorrente: l'esigua larghezza della sezione e l'ingombro delle pile del ponte ne fanno uno dei punti più critici del tratto cittadino.

A monte di Baganzola in sponda sinistra vi è l'immissione del Cavo Abbeveratoio, regolata da un manufatto di intercettazione, che adduce le acque di scarico della parte della città posta in sinistra idraulica del Torrente Parma provenienti dall'impianto di trattamento acque "Parma Ovest". La presenza di terreni impermeabili fa sì che le acque freatiche vengano in superficie talvolta in forma di fontanili ma più spesso per mezzo di piccole sorgenti che adducono le acque direttamente nell'alveo (il torrente Parma a valle di Baganzola difficilmente si trova in secca anche in periodo estivo).

Il tratto di corso d'acqua a valle della città è caratterizzato da pendenze modeste, con alcuni tratti in contropendenza in prossimità della foce.

Questo fatto provoca un progressivo rallentamento della corrente idrica che nel tempo ha determinato una situazione di alveo pensile rispetto al piano di campagna. Si distingue fino alla foce una morfologia caratterizzata da un alveo di magra con thalweg ad andamento meandriforme, da golena piuttosto alte e quasi ovunque aperte, invase solo in occasione di piene rilevanti, e da arginature maestre continue.

È proprio in questo tratto che si realizza una evidente laminazione del colmo di piena, effetto dovuto alla presenza di zone di golena che invasano consistenti volumi idrici. Già in prossimità di Colorno, e fino alla foce in Po, l'alveo si restringe ulteriormente divenendo ancor più pensile e perdendo gran parte delle aree golenali.

A Colorno confluiscono nel Parma i tre più importanti canali di pianura: il Lorno, il Galasso ed il Naviglio Navigabile. Durante gli eventi di piena più gravosi Colorno, per la presenza di questi quattro corsi d'acqua, diventa un nodo idraulico critico perché di frequente i suddetti canali sono soggetti ad evidenti fenomeni di rigurgito provocati dagli elevati livelli idrometrici del Parma che non permettono di scaricare le acque se non molto lentamente. Per evitare eccessivi rigurgiti, recentemente sono stati installati dei portoni vinciani prima dello sbocco in Parma, che vengono chiusi quando i livelli di quest'ultimo sono particolarmente elevati.

Il torrente Parma confluisce in Po in località Croce di Mezzani, circa 7 km a valle di Colorno.

Il regime delle precipitazioni, di tipo sub-litoraneo appenninico con piene nei periodi autunnali e primaverili¹ e magre più accentuate nel periodo estivo, è contraddistinto da elevata piovosità solo nelle zone prossime al crinale, dovuta alla particolare intensità dei fronti, che per ragioni orografiche e per la vicinanza del mar Ligure tendono ad amplificare la loro azione. Nella parte collinare e di pianura la piovosità è invece piuttosto modesta. Le portate più elevate risultano più ricorrenti nella stagione autunnale. In relazione alla forma particolarmente allungata e stretta del bacino, il torrente Parma è tipicamente soggetto a idrogrammi di piena con rami di concentrazione ripidi e colmi elevati. Nel bacino idrografico le precipitazioni medie variano da 800 mm/anno a circa 2.000 mm/anno con una media annua di circa 1100 mm, con valori gradualmente crescenti passando dalla pianura, alla collina ed infine alla zona montuosa, dove si registrano appunto le precipitazioni maggiori.

3.1.2 Il torrente Baganza

Il torrente Baganza ha origine dal complesso del Monte Borgognone (1375 m s.l.m.) e confluisce, dopo un percorso di circa 57 km, nel torrente Parma nella città omonima, poco a valle di Ponte Nuovo. La superficie del bacino del torrente Baganza, chiuso alla sezione di Ponte Nuovo, è di circa 230 Km². Lungo il suo percorso il torrente attraversa, in sequenza da monte verso valle, i comuni di: Berceto, Calestano, Terenzo, Sala Baganza, Collecchio, Felino e Parma.

Le caratteristiche idrologiche e morfologiche del bacino, caratterizzato da un regime pluviometrico sublitoraneo - appenninico, danno origine ad un corso d'acqua a carattere torrentizio. L'analisi morfometrica del bacino consente di individuare due tratti sostanzialmente omogenei: il tratto montano, dalla sorgente sino a Marzolarà, ed il successivo di bassa collina fino alla confluenza con il torrente Parma.

Il bacino del torrente Baganza presenta una forma allungata con direzione prevalente sud-ovest – nord-est. Nella morfologia del bacino si riscontra una sostanziale asimmetria tra destra e sinistra idrografica, che si riflette in un altrettanto asimmetrica distribuzione delle aree drenate e della struttura del reticolo idrografico. Il corso d'acqua, soprattutto nella sua parte montana, scorre infatti molto più vicino alla Val Taro che alla Val Parma; lo spartiacque che lo separa dalla Val Taro presenta altitudini più modeste (Monte Formigare 1205 m s.l.m., Monte Marino 1068 m s.l.m.) rispetto allo spartiacque con il torrente Parma (Monte Cervellino 1492 m s.l.m., Monte Montagnana 1313 m s.l.m.). Ne consegue che nel tratto che va da Berceto a Calestano i versanti di sinistra sono poco estesi e molto pendenti: da questi si generano rii scoscesi e brevi in cui prevale il ruscellamento superficiale.

Le formazioni geologiche prevalenti sono di origine sedimentaria con elevate componenti argillose facilmente erodibili che danno origine nella alta e media collina ad una valle con profilo a "V" con versanti ripidi (calanchi argillosi).

In sponda destra i versanti sono più dolci, il reticolo afferente all'asta principale in fondovalle è ordinato in modo piuttosto elementare e presenta una maggiore densità di drenaggio rispetto al versante sinistro. A valle di Marzolarà l'alveo del torrente si allarga, per restringersi nuovamente a San Martino Sinzano fino alla confluenza, raggiungendo valori minimi di circa 50 m in prossimità di Ponte Nuovo. Poco a monte di Sala Baganza cessa completamente la

¹ Sempre più spesso, però, si assiste a precipitazioni intense, e corrispondenti piene, nel periodo invernale. A parte la piena del 13 ottobre 2014, nel mezzo della stagione autunnale, la più rilevante degli ultimi anni si è verificata infatti il 25 dicembre 2009.

funzione drenante del torrente nei confronti dei versanti e già da Marzolaro hanno inizio le derivazioni idriche superficiali quali il Canale del Vescovo ed il Canale di Felino. Unico ulteriore affluente degno di nota è lo scolmatore artificiale del torrente Cinghio, che si immette nel torrente Baganza nei pressi di Gaione.

Poco a monte di Ponte Nuovo, confluisce in sinistra lo scolmatore del Cavo Baganzale. Circa 500 m a valle di Ponte Nuovo il Baganza si immette nel torrente Parma, immediatamente a monte di Ponte Italia. Il bacino del torrente Baganza è contraddistinto da elevata piovosità, dovuta alla particolare intensità dei fronti, solo nelle zone prossime al crinale, che per ragioni orografiche e per la vicinanza al mar Ligure tendono ad amplificare la loro azione; nella parte collinare e di pianura la piovosità è invece piuttosto modesta. Quantitativamente, sul bacino idrografico le precipitazioni variano da 800 mm/anno a circa 2000 mm/anno con una media annua di circa 1100 mm.

Il clima può essere classificato di tipo marittimo nella parte meridionale, di tipo padano o sub-litoraneo appenninico in quella media e di alta collina, di tipo padano o sub-litoraneo padano nella zona pedecollinare e di pianura.

Il regime dei deflussi del torrente Baganza, come gli altri che hanno origine dagli Appennini, è di tipo torrentizio, con piene nei periodi autunnali e primaverili e magre più accentuate nel periodo estivo. Le portate più elevate risultano più ricorrenti nella stagione autunnale.

In relazione alla forma particolarmente allungata e stretta del bacino, il corso d'acqua è tipicamente soggetto a idrogrammi di piena con rami di concentrazione ripidi e colmi elevati.

Il bacino, per le formazioni litologiche di cui è costituito, è da classificare tra quelli poco permeabili. Per questa caratteristica, la parte delle acque meteoriche che perviene negli alvei della rete idrografica minore, e da questi viene condotta all'alveo recipiente del Baganza, ha un tempo di corrivazione relativamente breve, cui corrispondono elevate velocità di scorrimento superficiale e di deflusso nello stesso. Da queste condizioni e dalla conformazione del bacino (notevole pendenza dei versanti, degli affluenti minori e dell'alveo maggiore) deriva la rapida formazione delle piene ed il loro rapido trasferimento nelle parti inferiori del bacino.

2.2 IDROLOGIA

Di seguito si riporta il contenuto di una parte della “Relazione idrologica e idraulica dell'asta fluviale” (elaborato BAG2_02IDR_R_RE_01_B) del progetto definitivo.

Ai fini progettuali, occorre prendere in esame gli idrogrammi di piena che caratterizzano le seguenti sezioni della rete idrografica:

- *sezione del torrente Parma a monte della confluenza del torrente Baganza, la quale per la sua vicinanza al manufatto regolatore della cassa di espansione delle piene del torrente Parma a Marano, per l'assenza di significative affluenze, per la mancanza di capacità di laminazione nel tratto sotteso, può essere identificata con la sezione di rilascio delle portate a valle della cassa;*
- *sezione del torrente Baganza all'uscita dal bacino montano, all'altezza di Calestano;*
- *sezione del torrente Baganza a monte della cassa di espansione di Casale; anche in questo caso, per il ridotto potere di laminazione del Baganza da Calestano a Casale e per la modestia degli apporti dei versanti collinari, a favore di sicurezza gli idrogrammi di piena a Casale possono essere estesi all'intero tratto Casale-Calestano;*

- sezione del torrente Baganza a valle della cassa di Casale;
- sezione del torrente Baganza alla confluenza nel torrente Parma;
- sezione del torrente Parma dalla confluenza del torrente Baganza al termine del tratto canalizzato di attraversamento della città di Parma (ponte della ferrovia Milano-Bologna);
- sezione di Vicomero, al termine del tratto arginato caratterizzato dalla presenza di ampie golene, le quali con la loro significativa capacità di invaso (alcuni milioni di metri cubi) favoriscono la laminazione delle portate di piena al colmo in uscita dal tratto canalizzato cittadino, a favore della sicurezza idraulica a valle di Vicomero;
- sezione di Colorno-ponte di piazza Garibaldi, posta al termine del tratto arginato di bassa pianura del torrente Parma, privo di golene di estensione significativa e di conseguente capacità di laminazione delle piene;
- sezione di confluenza del torrente Parma nel fiume Po, al termine del tratto arginato lungo il quale le condizioni idrauliche sono condizionate non solo dalle portate in transito, ma anche dai livelli idrici nel ricettore finale e delle condizioni di manutenzione dell'alveo, variabili in funzione della vegetazione e di dissesti sulle sponde.

Le piene naturali del torrente Parma a Marano e del torrente Baganza a Casale definiscono gli input idrologici alle estremità di monte del sistema idrografico interessato dall'inserimento della cassa di espansione di progetto proposto lungo il torrente Baganza a Casale; per l'idrologia del torrente Parma a Marano occorre fare riferimento ai risultati delle analisi a suo tempo sviluppate in fase di progetto della cassa di espansione esistente ed in funzione da una decina di anni.

Le condizioni al contorno di valle del sistema sono determinate dai livelli idrici nel fiume Po che possono presentarsi in occasione delle piene nel sistema Parma-Baganza; a tale proposito, è opportuno segnalare che anche in assenza di portata nel tratto terminale del torrente Parma, a valle del ponte di Piazza Garibaldi a Colorno potrebbe essere superato il livello del coronamento del muro in sponda destra (32,05 m s.m. – vedi foto tratta da AIPO-DICATeA_modellazione 2D del torrente Parma – luglio 2012) in caso di transito nel fiume Po di una portata di circa 12.500 mc/s).



Figura 3-10: Punto a monte del ponte di piazza Garibaldi a Colorno utilizzato per l'elaborazione dei risultati della simulazione (Foto P. Mignosa).

Figura 3



Figura 3-11: Punto a valle del ponte di piazza Garibaldi a Colorno utilizzato per l'elaborazione dei risultati della simulazione

Figura 4

All'interno del sistema idrografico, sono tuttora presenti due significative capacità di invaso, in grado di garantire apprezzabili riduzioni dei colmi di piena trasferiti a valle: si tratta della cassa di espansione di Marano, di capacità utile di circa 12 Mmc, sul torrente Parma a monte della città capoluogo (il cui attraversamento tollera il passaggio al massimo di circa 1000 mc/s), e delle golene comprese fra la ferrovia Milano-Bologna e la località Vicomero, di capacità

utile di alcuni milioni di metri cubi, in grado di decapitare i colmi di piena in arrivo dal tratto canalizzato di attraversamento dell'abitato, contribuendo a mettere in sicurezza il tratto arginato di bassa pianura, fino a Colorno, ed il ponte di piazza Garibaldi, la cui officiosità idraulica in condizioni di alveo "pulito" a valle non supera i 600 mc/s (con franchi pressoché azzerati e senza poter rispettare il tirante di aria minimo di un metro sotto l'intradosso del ponte di Colorno imposto dalla normativa del PAI).

2.3 IDRAULICA FLUVIALE

Di seguito si riporta il contenuto di una parte della "Relazione idrologica e idraulica dell'asta fluviale" (elaborato BAG2_02IDR_R_RE_01_B) del progetto definitivo.

Il tema dell'idraulica fluviale viene trattato considerando separatamente il torrente Baganza da Calestano alla confluenza nel torrente Parma, il torrente Parma dalla cassa di espansione di Marano alla confluenza del torrente Baganza, lo stesso torrente Parma dalla suddetta confluenza allo sbocco nel fiume Po.

2.3.1 Torrente Baganza da Calestano alla confluenza con il torrente Parma

Tale tratto si sviluppa per circa 28 km nella ampia fascia di fondovalle all'interno di versanti collinari e termina all'altezza del ponte di Felino – Sala Baganza, il quale segna il passaggio al tratto che solca il territorio di alta pianura.

Nel tratto da Calestano a Felino-Sala Baganza l'alveo di piena scorre con forte pendenza (1.5-2%) all'interno di terrazzi alluvionali caratterizzati dalla presenza di materiali grossolani sovrapposti ad un substrato praticamente impermeabile; la larghezza dell'alveo attivo è rilevante (normalmente superiore a 100 m, con massimi di quasi 250 metri) mentre l'altezza del bankfull è modesta (solitamente intorno a 2-3 m); l'aridità del greto e la violenza delle piene ostacolano la crescita della vegetazione entro l'alveo attivo, a differenza dei terrazzi, raramente interessati dal passaggio delle acque, i quali presentano invece condizioni favorevoli allo sviluppo di boschi ripariali.

La particolare morfologia dell'alveo non offre significative capacità di invaso, tali da garantire la laminazione naturale delle portate di piena (come dimostrato da recenti verifiche idrauliche effettuate per lo studio del fenomeno di disalveamento nel terrazzo destro ai piedi di Felino e dal confronto fra le condizioni di propagazione delle piene nell'alveo del torrente nella sua configurazione rilevata nel 1972 ed in quella rilevata dopo la piena del 2014).

La evoluzione morfologica dell'alveo attivo negli ultimi decenni, con frequenti restringimenti dovuti alla antropizzazione progressiva dei terrazzi e con abbassamento del fondo con punte fino ad un metro, è invece responsabile della accentuazione dei fenomeni di erosione spondale, restando invece sostanzialmente stabile il profilo di fondo.

Resta da considerare il tratto a valle del ponte di Felino-Sala Baganza, lungo il quale l'alveo scorre sempre inciso di due/tre metri almeno sotto la pianura.

L'andamento meandriforme del filone di corrente è responsabile di intensi fenomeni di erosione spondale: la demolizione delle "botte di corrente" del cordone di inerti grossolani che delimitano l'alveo attivo può favorire il disalveamento e la riattivazione di paleoalvei, i quali con tracciati radiali a partire dalla sezione di monte del torrente solcano il territorio di alta pianura e raggiungono il tracciato della tangenziale sud di Parma.

Entrando nell'abitato di Parma, l'alveo si restringe fortemente, fino ad un minimo di circa 40 m, e presenta due brusche variazioni di direzione, passando dal limite orientale di strada Farnese al limite occidentale di Via Montanara; sono infine presenti gli ostacoli costituiti dal ponte della Navetta (crollato durante la piena del 2014 e ricostruito) e del ponte di Via Verdi.

Anche considerando gli effetti dei pronti interventi di sistemazione idraulica eseguiti dopo la piena del 2014, si può assegnare al tratto di torrente Baganza che attraversa il territorio di alta pianura una officiosità idraulica non superiore a 500 mc/s, corrispondente ad un tempo di ritorno di circa quarant'anni.

Per l'analisi di rischio, devono infine essere considerati i pericoli di erosione spondale e di disalveamento: tali dissesti sono collegati non solo ai livelli idrici, ma anche alle velocità della corrente, la quale anche in caso di decapitazione dei colmi di piena per l'intervento della cassa di Casale resta molto elevata (anche sopra i 4 m/s nel tratto cittadino) e tale da provocare profonde fosse di erosione ai piedi delle sponde in "botte di corrente".

2.3.2 Torrente Parma da Marano alla confluenza con il torrente Baganza

Tale tratto si sviluppa per 7 km nel territorio di alta pianura, a monte dell'abitato di Parma e solo nel tratto terminale attraversa l'area urbana.

Il largo greto ghiaioso e la forte pendenza del fondo assicurano una elevata officiosità idraulica, tale da garantire con franchi adeguati il trasferimento verso valle delle portate rilasciate a valle della cassa di espansione di Marano, la quale permette di decapitare il colmo della piena centenaria in arrivo alla cassa, generato da una pioggia di durata pari a dodici ore, da 850 a 350 mc/s; non si segnalano nel tratto considerato particolari problemi di erosione spondale e rischi di disalveamento.

2.3.3 Torrente Parma a valle della confluenza Parma - Baganza

Il tratto canalizzato del torrente Parma che attraversa la città di Parma presenta una officiosità idraulica del tutto inadeguata rispetto alle portate naturali al colmo provenienti dal bacino imbrifero dello stesso torrente e dal bacino del torrente Baganza, la cui confluenza è collocata poco a monte del ponte Italia.

Le grandi piene del 1968 e del 1969 hanno indotto nei primi anni '70 il Magistrato per il Po a verificare su modello fisico la officiosità idraulica di tale tratto canalizzato.

Le prove su modello hanno indicato in 900-1000 mc/s la massima portata smaltibile, sia pure con franchi ridotti, dall'alveo che attraversa la città.

Nel 1983 fu completato il progetto generale di massima della sistemazione idraulica del torrente, che, nella impossibilità di accrescere la portata smaltibile attraverso il tratto canalizzato urbano, proponeva il ricorso alla realizzazione a monte dello stesso tratto di un dispositivo di laminazione delle piene in arrivo dal torrente Parma e dal torrente Baganza, costituito da due serbatoi di piena.

Nel 1985, fu ultimata la progettazione della sola cassa di espansione sul torrente Parma in località Marano, pochi chilometri a monte della città.

Il progetto fu approvato dal Consiglio Superiore dei LL.PP. – IV Sezione – Servizio Dighe, che raccomandava di associare alla realizzazione della cassa di espansione sul torrente Parma quella della cassa di espansione sull'affluente torrente Baganza.

Alle controdeduzioni formulate dal Magistrato per il Po, favorevole alla costruzione della sola cassa sul torrente Parma, faceva seguito nel 1987 la presentazione di una soluzione alternativa, basata sull'incremento della capacità di invaso della cassa di Marano a valori tali, da rendere superflua la cassa sul torrente Baganza per limitare la portata in transito attraverso l'abitato.

Dopo ulteriori approfondimenti, il Magistrato per il Po si orientò per la soluzione di una sola cassa sul torrente Parma, avente le seguenti caratteristiche:

- capacità di invaso: 12 Mmc;
- tre luci fisse dello scarico di fondo, di officiosità idraulica con livello nella cassa pari a quello di massima ritenuta: 380 mc/s; in realtà, la Relazione generale del progetto dell'Ing. G. M. Susin del 05.12.1988 precisa: "le 3 luci sono fornite di paratoie a scopo di collaudo, di presidio, controllo durante l'esercizio (Consiglio Superiore dei LL.PP. voto n° 343 del 18/07/85) e per possibili future calibrature delle luci stesse."

Con la completa apertura delle tre luci, la portata scaricata a valle della cassa di Marano potrebbe essere incrementata fino a 510 mc/s.

La cassa di espansione sul torrente Parma in località Marano è stata ultimata nel 2005 ed è entrata più volte in funzione.

L'evento più gravoso che ha sollecitato la cassa di Marano è risultato certamente quello del 13 e 14 ottobre 2014, durante il quale la cassa ha avuto un ruolo fondamentale nel ridurre le portate rilasciate a valle del manufatto regolatore e nel limitare la portata in transito attraverso Parma (comprendente il contributo della piena del torrente Baganza) a circa 1000 mc/s, corrispondente al limite ammissibile indicato dal progetto della cassa di espansione di Casale per evitare esondazioni nell'area urbana.

È opportuno a tale riguardo richiamare per esteso la ricostruzione dell'evento e del funzionamento idraulico della cassa effettuato da AIPO e da DICATeA nel luglio 2015.

"Durante l'evento del 13 ottobre 2014 la cassa di espansione sul torrente Parma ha avuto un ruolo fondamentale nel ridurre le portate scaricate a valle. Anche l'imponente apporto di materiale fluitato (tronchi, ramaglie, ecc.) è stato quasi completamente trattenuto nell'invaso (Figura 2-5). Anche a seguito delle manovre effettuate da AIPO, la quota idrica nella cassa ha raggiunto i 104.25 m s.l.m., invasando circa 8.3 milioni di metri cubi.



Figura 2-5 – Cassa di espansione sul torrente Parma alle ore 18:13 del 13 ottobre 2014 (foto Francesca Aureli).

Figura 5

Nel grafico di Figura 2-6 sono riportati gli andamenti temporali delle: 1) manovre alle tre paratoie che presidiano le luci del manufatto regolatore, 2) portata totale uscente dalle luci, 3) quote idriche nell'invaso e 4) portate entranti nella cassa. A parte le manovre e le quote idriche, oggetto di misura, tutti gli altri andamenti sono stati ricostruiti dal DICATeA.

1. Fino alle ore 12:00 del 13 ottobre 2014 le tre paratoie a presidio delle luci di fondo del manufatto regolatore erano aperte a 1.50 m, valore di poco inferiore al set-point (1.70 m). In previsione dell'onda di piena che sarebbe pervenuta alla cassa, i tecnici AIPO hanno provveduto, poco dopo le ore 12:00, a portare l'apertura al valore di set-point (1.70 m) per evitare il precoce ed inutile riempimento dell'invaso. Invasare la cassa precocemente, quando le portate in uscita sono ancora del tutto compatibili con l'alveo di valle, avrebbe infatti comportato lo "spreco" di parte del volume invasabile, che non sarebbe stato più disponibile per la decapitazione del colmo della piena, riducendo di conseguenza l'efficienza della cassa stessa. Quando, poco dopo le ore 15:00, si è avuta contezza della severità dell'evento che si stava manifestando sul torrente Baganza, i tecnici AIPO hanno provveduto a chiudere progressivamente – ma abbastanza rapidamente – tutte e tre le paratoie, che alle ore 16:00 presentavano un'apertura residua di soli 0.80 m. Le paratoie sono poi state ulteriormente parzializzate fino a 0.50 m (ore 17:00) e 0.25 m (ore 18:00). Si ricorda che il colmo della piena è transitato a Ponte Verdi alle ore 17:00 e che esso è stato quindi in massima parte alimentato dalle portate provenienti dal torrente Baganza, così come pressoché tutto il materiale fluitato, parte del quale si è addossato alle pile dei ponti cittadini, proveniva dal Baganza. Poco dopo le 19:00, continuando a salire i livelli nell'invaso a causa della quasi totale chiusura delle luci, ancora parzializzate a soli 0.25 m, i tecnici AIPO hanno provveduto gradualmente a riaprire le paratoie fino a portarle, alle ore 20:10, a 1.10 m. Ciò ha stabilizzato i livelli nella cassa, che hanno smesso di crescere. Al progressivo ridursi delle portate in ingresso, scongiurato il rischio di tracimazione del manufatto, i tecnici

AIPO hanno provveduto a richiudere le paratoie fino a portarle nuovamente a 0.50 m, per evitare di alimentare inutilmente la coda della piena. Le paratoie sono poi state mantenute, con piccole e irrilevanti variazioni, al medesimo grado di apertura fino alle ore 13:00 del 14 ottobre.

2. Le portate in uscita dal manufatto regolatore della cassa sono state ricostruite sulla base delle scale delle portate delle luci di fondo, ottenute attraverso prove su modello fisico effettuate dal DICATeA per conto di AIPO. Esse sono riportate nella medesima Figura 2-6 e sono funzione, ovviamente, sia del grado di apertura delle paratoie che del livello nell'invaso. I valori massimi sono di poco inferiori ai 300 m/s (ore 15:40 del 13 ottobre 2014). In concomitanza con il transito del picco di piena a Ponte Nuovo sul torrente Baganza (16:40) la portata scaricata dalle luci di fondo del manufatto era compresa tra i 180 m/s (ore 16:00) e 130 m/s (ore 17:00).

Si è poi ridotta a meno di 100 m/s tra le 18:00 e le 19:00, per poi risalire a 250 m/s, a seguito della parziale riapertura della paratoia, poco dopo le 20:00. Ciò conferma, come sarà meglio evidenziato più avanti, che il contributo proveniente dal torrente Parma alla piena in città, a valle della confluenza con il torrente Baganza, è stato percentualmente poco rilevante. Ciò grazie alla presenza della cassa e alle manovre di chiusura effettuate sulle paratoie.

3. L'andamento registrato delle quote idriche nella cassa è riportato nella medesima Figura 2-6 e va letto con riferimento all'asse delle ordinate riportato sulla destra. I livelli hanno cominciato a salire piuttosto rapidamente verso le ore 14:00 del 13 ottobre 2014 ed hanno continuato a crescere, con andamenti dettati dalle portate in ingresso e dalle manovre sulle paratoie, fino alle ore 21:00 dello stesso giorno, raggiungendo il valore di 104.15 m s.l.m. È seguito poi un lungo periodo di debolissime variazioni con un massimo assoluto alle ore 23:10 pari a 104.25 m s.l.m., al quale corrisponde un invaso stimato di 8.3×10^6 mc. Ha fatto poi seguito un lento svuotamento. Alle ore 14:00 del 14 ottobre la quota idrica era ancora assestata a 101.06 m s.l.m., con un volume di invaso residuo di circa 5×10^6 mc. Dalla sua entrata in funzione, si tratta sicuramente dell'evento più severo manifestatosi in ingresso alla cassa di espansione.

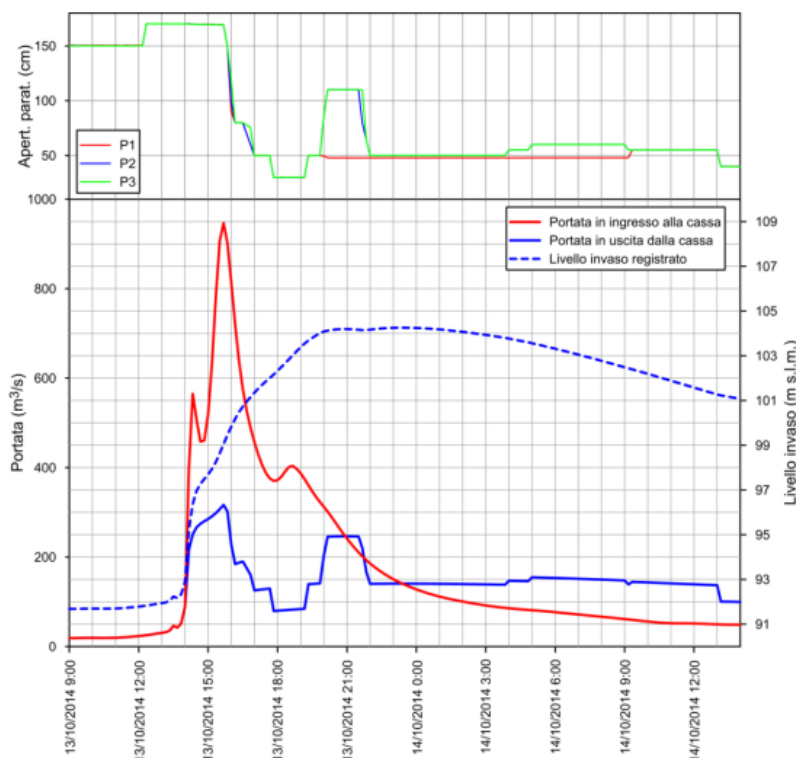


Figura 2-6 – Portate in ingresso, in uscita e livelli registrati nella Cassa di espansione sul torrente Parma nell’evento del 13-14 ottobre 2014.

Figura 6

4. L’andamento delle portate in ingresso alla cassa di espansione, riportato anch’esso nella Figura 2-6, è stato ricostruito, a partire dalle portate uscenti dal manufatto regolatore e dalle quote idriche nell’invaso, attraverso una procedura di de-laminazione basata su una tecnica Baresana originale sviluppata appositamente per queste problematiche. L’andamento presenta un picco principale, pari a circa 950 mc /s, intorno alle ore 15:40, in anticipo di circa un’ora rispetto al colmo del Baganza a Ponte Nuovo (16:40). Considerato però che tempi di percorrenza tra la cassa e la confluenza sono di circa 30 minuti, mentre tra Ponte Nuovo e la confluenza sono trascurabili, il reale anticipo del colmo dell’onda di piena sul torrente Parma è valutabile in soli 30 minuti.

È a questo punto il caso di sottolineare che, in assenza di manovre sulle paratoie le portate in uscita avrebbero raggiunto, nelle ore cruciali per il transito della piena a Ponte Verdi (ore 16:00-17:00 del 13 ottobre 2014) valori decisamente più elevati, provocando sicuramente un’esondazione molto più rilevante in destra idraulica, a valle del ponte della ferrovia MI-BO, rispetto a quella manifestatasi e, forse, anche modeste esondazioni in altri punti. La Figura 2-7 riporta l’onda di piena in uscita dal manufatto regolatore che si sarebbe verificata se le paratoie fossero sempre state mantenute all’apertura di riferimento (1.70 m).

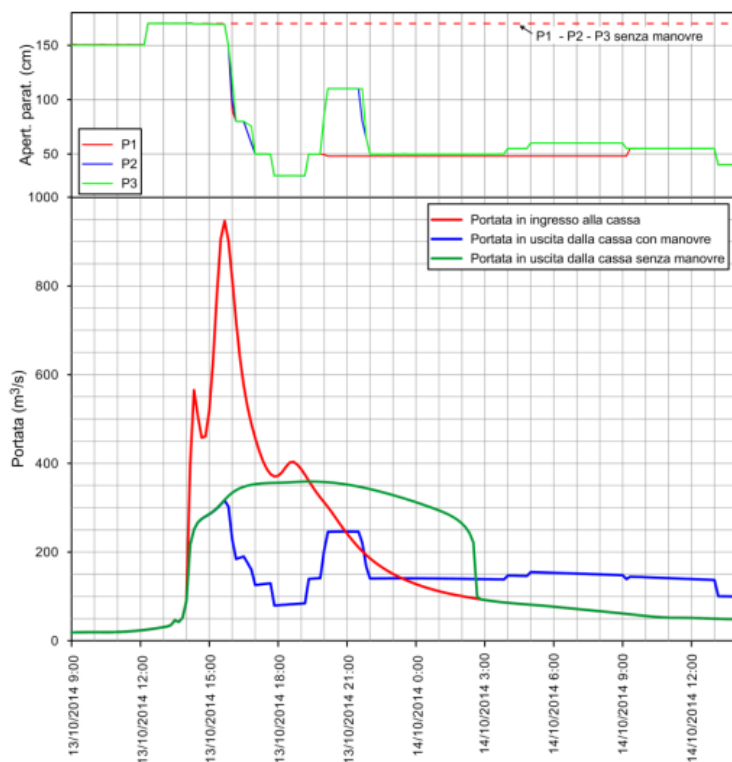


Figura 2-7 – Portate in ingresso e portate in uscita dal manufatto regolatore 1) in presenza delle manovre effettuate durante l'evento del 13 ottobre 2014 e 2) mantenendo le paratoie ad apertura costante di 1.70 m.

Figura 7

L'andamento è stato ricostruito a partire dalle portate in ingresso ipotizzando, appunto, di mantenere fissa l'apertura delle paratoie. Nel periodo critico, per la sovrapposizione con il colmo che stava provenendo dal torrente Baganza, le portate in uscita si sarebbero mantenute tra i 330 (16:00) e i 350 (17:00) mc/s, a fronte dei 220 (16:00) e i 125 (17:00) mc/s effettivamente esitati dal manufatto. Ciò mette in luce l'importanza di disporre di organi manovrabili sulle luci di fondo e, naturalmente, l'importanza di una ottimale, per quanto possibile in corso di evento, manovra delle paratoie."

L'evento di piena nel sistema Parma-Baganza del 13 e 14 ottobre 2014 può rappresentare un caso di studio rappresentativo del funzionamento idraulico del tratto canalizzato del torrente Parma nella configurazione "senza" progetto, cioè in assenza della cassa di espansione delle piene del torrente Baganza.

Nella configurazione "con" progetto, ovviamente, la condizione non potrà che migliorare, sia per la limitazione della portata laminata dalla cassa sul torrente Parma (380 mc/s massimi attraverso le tre luci fisse, incrementabili fino a 510 mc/s), che per la moderazione del colmo di piena proveniente dal torrente Baganza (con rilascio a valle della cassa attraverso gli scarichi di fondo di soli 300 mc/s, incrementabili fino a 460 mc/s).

Con la gestione combinata delle due casse di Marano e di Casale, sarà quindi possibile limitare a non più di 990 mc/s la portata in transito lungo l'attraversamento dell'abitato di Parma, regolando i dispositivi di scarico delle due casse in modo da conservarne il più possibile le capacità di invaso disponibili. Tale esigenza dovrà essere conciliata con quella di ridurre la durata del colmo di piena trasferito a valle del tratto cittadino con portate inferiori a 990 mc/s, ma superiori

a 600 mc/s circa, poiché le ampie golene presenti fra il ponte della Ferrovia Mi-Bo e Vicomero potrebbero esaurire la loro funzione di laminazione prima che si sia raggiunto il valore di 600 mc/s a valle di Vicomero in grado di evitare esondazioni nel tratto arginato di bassa pianura del torrente Parma e la crisi delle difese idrauliche all'altezza di Colorno e del ponte di piazza Garibaldi.

Si segnala che la officiosità idraulica di 600 mc/s, individuata da AIPO-DICATeA nella ricostruzione dell'evento alluvionale del dicembre 2009, con alveo arginato non interessato da vegetazione di alto fusto, cioè in una situazione caratteristica del tardo autunno e dell'inverno, o di periodi successivi ad interventi di manutenzione dell'alveo con esportazione della vegetazione infestante, deve essere convenientemente ridotto se si fa riferimento a condizioni tardo-primaverili, estive e di primo autunno, con prolungata assenza di manutenzione delle sponde e delle golene.

3. PORTATE DI RIFERIMENTO E SCENARI DI COMBINAZIONE DELLE PIENE CONSIDERATI NEL PROGETTO DEFINITIVO

Di seguito si riporta il contenuto di una parte della “Relazione idrologica e idraulica dell’asta fluviale” (elaborato BAG2_02IDR_R_RE_01_B) del progetto definitivo.

3.1 TORRENTE BAGANZA

3.1.1 Portate al colmo - BAG

Le portate naturali del torrente Baganza sono quelle individuate nelle analisi idrologiche a cura dell’Università degli Studi di Parma (Dipartimento DICATeA, Prof. P.Mignosa) che hanno costituito la base di riferimento per la progettazione preliminare e confermate nella presente fase di progettazione definitiva (si rimanda alla lettura della relazione BAG2_02IDR_R_RE_02 per ulteriori chiarimenti).

Per le portate al colmo si fa quindi riferimento ai picchi degli idrogrammi di piena sintetici alla sezione di Ponte Nuovo e di seguito riportati in tabella.

Tabella 1 – Portate al colmo naturali - sezione di Ponte Nuovo

Portate al colmo naturali - BAG								
TR	5	10	20	50	100	200	500	1000
Qmax (mc/s)	227	306	397	542	676	835	1093	1332

Ai fini di aumentare la resilienza degli interventi, e visto il limitato contributo idrologico del bacino del Baganza a valle di Marzolaro, le portate ricostruite a Ponte Nuovo sono state considerate valide dalla sezione di Calestano.

Le portate al colmo artificiali a valle della nuova cassa di espansione sono invece quelle individuate nelle simulazioni statiche del funzionamento della cassa di espansione (relazione BAG2_02IDR_R_RE_02).

Tabella 2 – Portate al colmo artificiali - sezione di Ponte Nuovo

Portate al colmo artificiali - BAG		
TR	100	200
Qmax (mc/s) - luci parzializzate	445	460
Qmax (mc/s) - luci mobili	300	430

3.1.2 Idrogrammi di piena - BAG

Come per le portate al colmo, per gli idrogrammi di piena naturali si fa riferimento alle analisi idrologiche dell’Università degli Studi di Parma (Dipartimento DICATeA, Prof. P.Mignosa) relative alla progettazione preliminare.

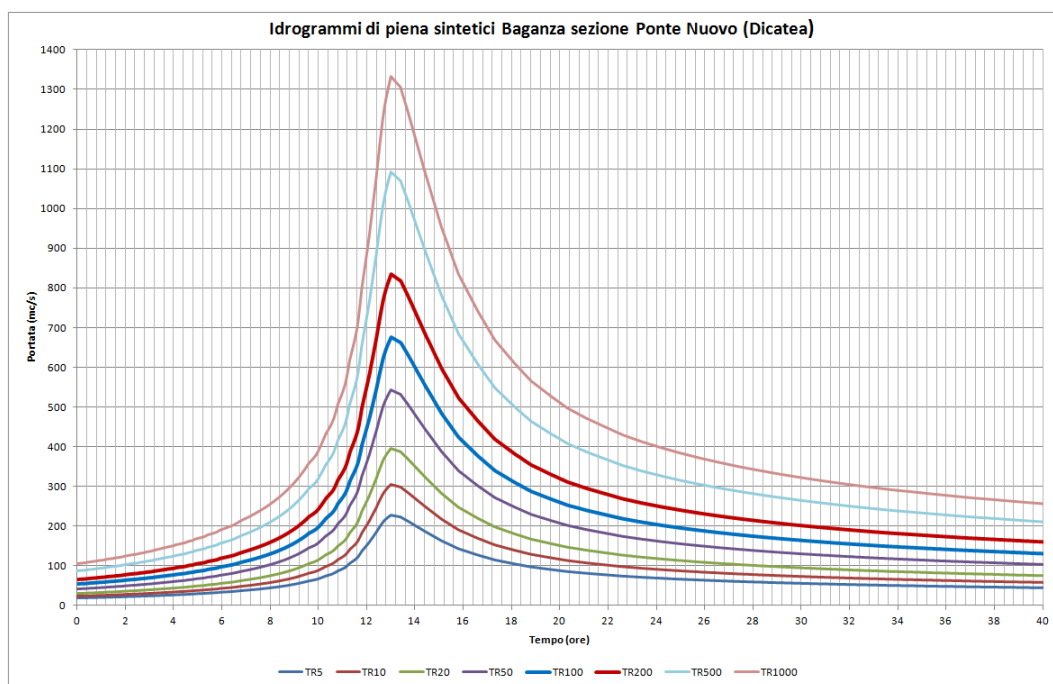


Figura 8 – Idrogrammi di piena sintetici portate naturali Baganza sezione di Ponte Nuovo

Ulteriori idrogrammi di piena utili per la calibratura del modello per le simulazioni a supporto dello studio geomorfologico dell'asta sul Baganza, sono quelli reali più gravosi registrati sul Baganza, in particolare quello ricostruito per l'evento di piena del 13 ottobre 2014 (DICATeA, 2015).

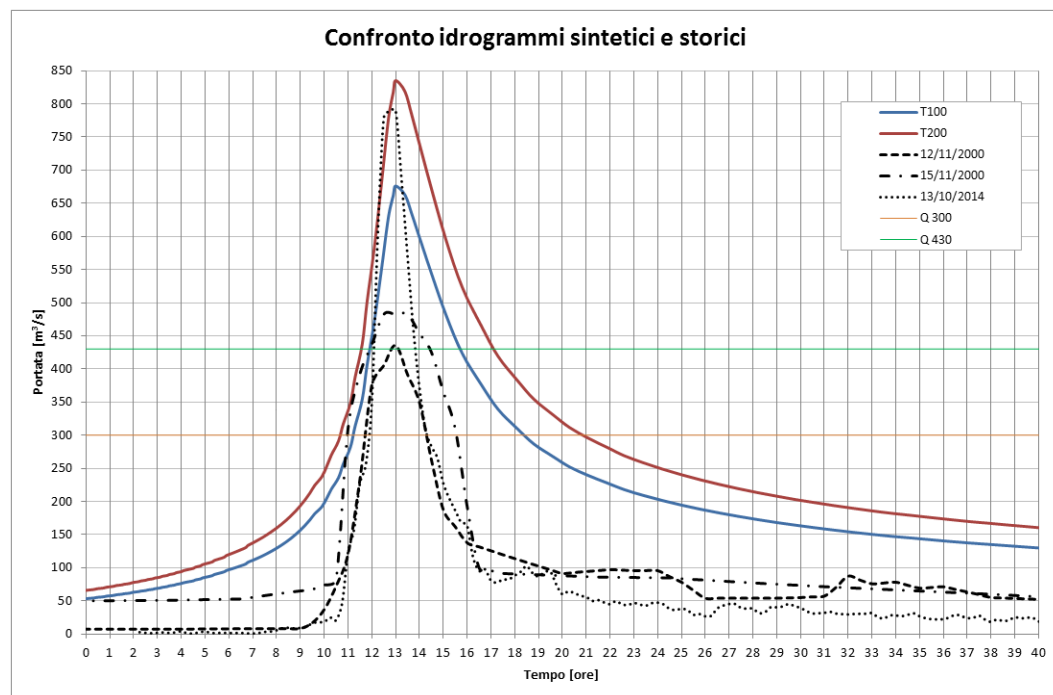


Figura 9 – Idrogrammi storici reali Baganza (2000 e 2014) sovrapposti a quelli sintetici T100 e T200

Gli idrogrammi di piena artificiali a valle della nuova cassa di espansione sono invece quelli ricavati dallo studio dell'idraulica dei manufatti (simulazioni statiche del funzionamento della cassa di espansione - relazione BAG2_02IDR_R_RE_02), con paratoie ad apertura prefissata ovvero variabile.

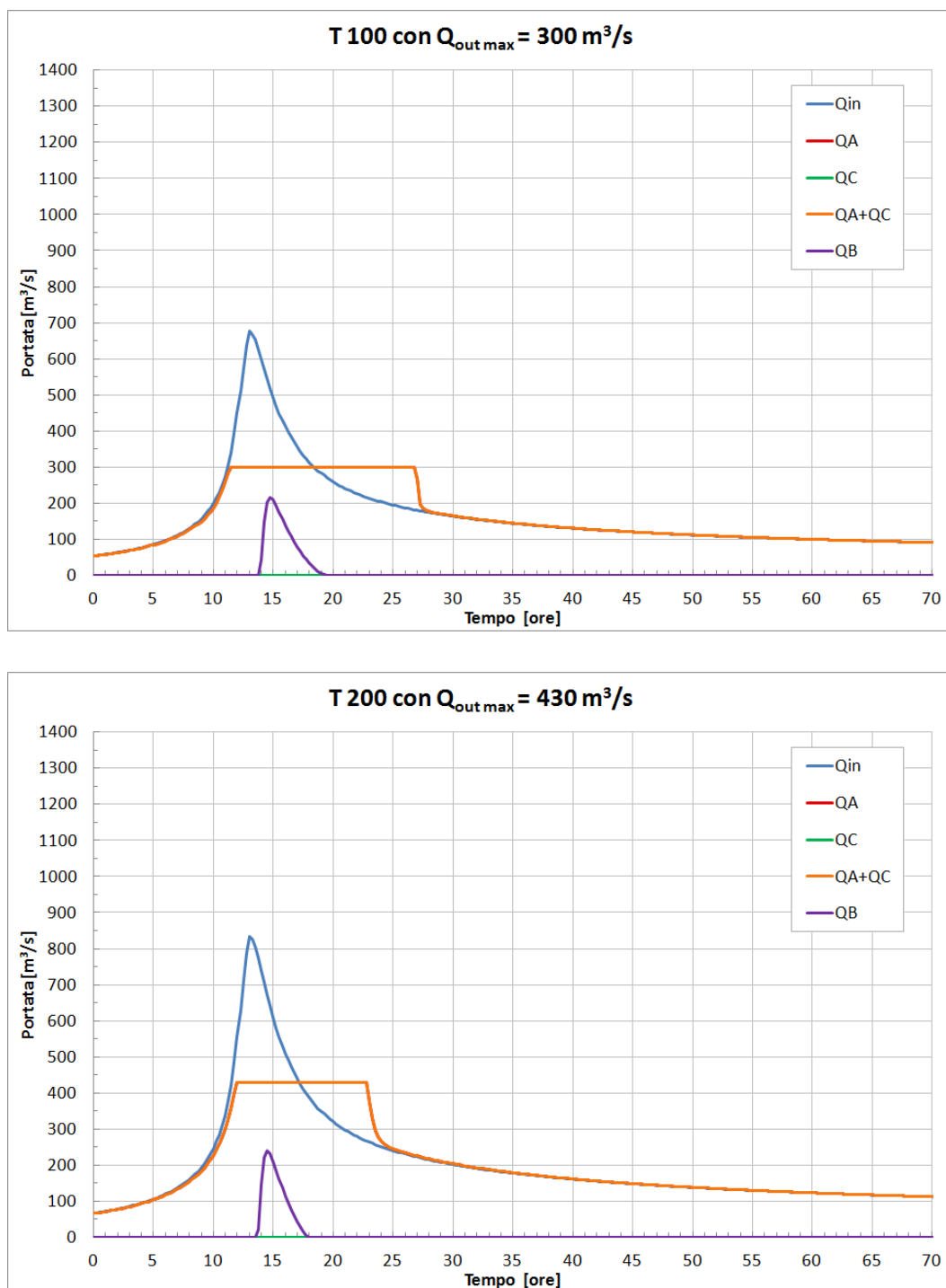


Figura 10 – Idrogrammi di piena artificiali Baganza luci mobili in uscita dalla cassa QA+QC
 (vedi relazione BAG2_02IDR_R_RE_02_Relazione idraulica della cassa di espansione allegata progetto definitivo)

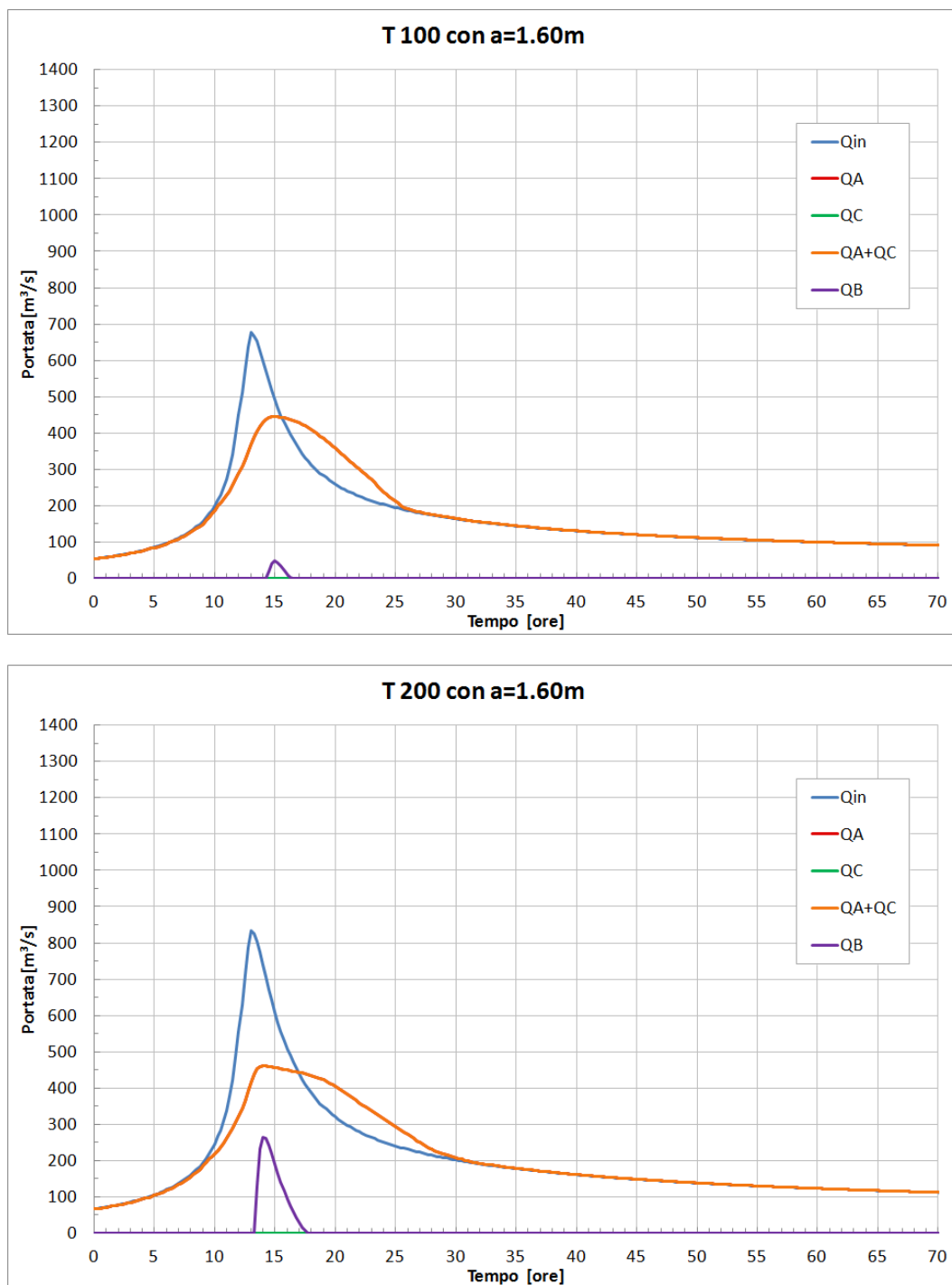


Figura 11 – Idrogrammi di piena artificiali Baganza luci parzializzate fisse in uscita dalla cassa QA+QC
(vedi relazione BAG2_02IDR_R_RE_02_Relazione idraulica della cassa di espansione allegata progetto definitivo)

3.2 TORRENTE PARMA A MONTE DELLA IMMISSIONE DEL TORRENTE BAGANZA

3.2.1 Portate al colmo - PR

Il valore di portata al colmo nella sezione immediatamente a valle della cassa di espansione assunto a base delle verifiche idrauliche di asta è quello indicato nelle relazioni tecniche allegate al progetto esecutivo dell'opera (ing. G.M. Susin, 1988) per un evento con tempo di ritorno 100 anni e tempo di pioggia 12 ore, ovvero **350 mc/s**.

3.2.2 Idrogrammi di piena - PR

L'idrogramma di piena assunto di riferimento alla base delle simulazioni è quello corrispondente alla scala di deflusso delle portate in uscita dalle luci di fondo della cassa nella sua configurazione più gravosa (ing. G.M. Susin, 1988, fig. 9 pag. 26 relazione generale progetto esecutivo Cassa Parma).

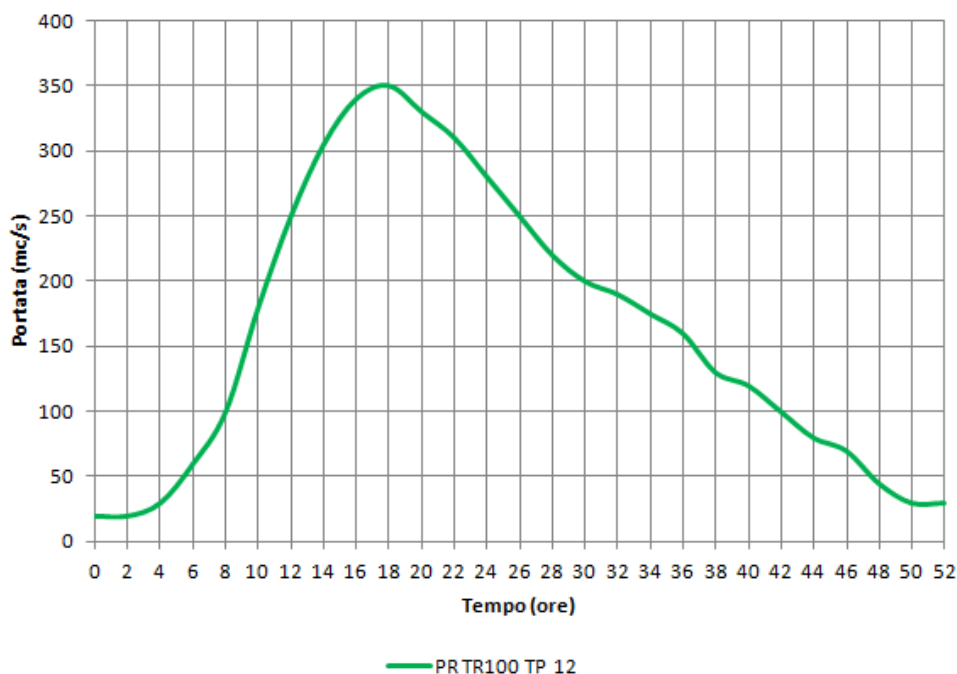


Figura 12 – Idrogramma di piena onda laminata TR 100 anni, tempo di pioggia 12 ore (Susin, 1988)

3.3 TORRENTE PARMA A VALLE DELLA IMMISSIONE DEL TORRENTE BAGANZA

3.3.1 Portate al colmo – BAG+PR

Le portate al colmo dello stato di fatto a valle della confluenza Parma-Baganza, derivano dalla somma tra le portate in arrivo dal Baganza e dalla cassa sul Parma, nell'ipotesi (a favore di resilienza degli interventi) di permanenza del colmo della portata monosecolare in arrivo dal tratto di Parma a monte della confluenza.

Tabella 3 – Portate al colmo a valle della confluenza Parma-Baganza

Portate al colmo a valle della confluenza Parma Baganza								
TR BAG	5	10	20	50	100	200	500	1000
Qmax (mc/s) BAG	227	306	397	542	676	835	1093	1332
Qmax (mc/s) PRmonte	350	350	350	350	350	350	-	-
Qmax (mc/s) PRvalle	577	656	747	892	1026	1185	-	-

3.3.2 Idrogrammi di piena – BAG TR100 +PR TR100

Nell'ipotesi di moto vario e in condizioni di progetto (onde di piena artificiali in arrivo dal Baganza TR100 anni, e ovviamente dalla cassa esistente sul Parma per TR100 anni e Tp 12 ore), gli scenari considerati sono sei.

3.3.2.1. Onde artificiali – scenario 1.C.F e 1.C.M

Lo scenario 1.C rappresenta il caso in cui i picchi di portata in uscita dalle casse siano contemporanei, nell'ipotesi di luci fisse sulla cassa del Baganza (scenario 1.C.F) e di luci mobili (scenario 1.C.M).

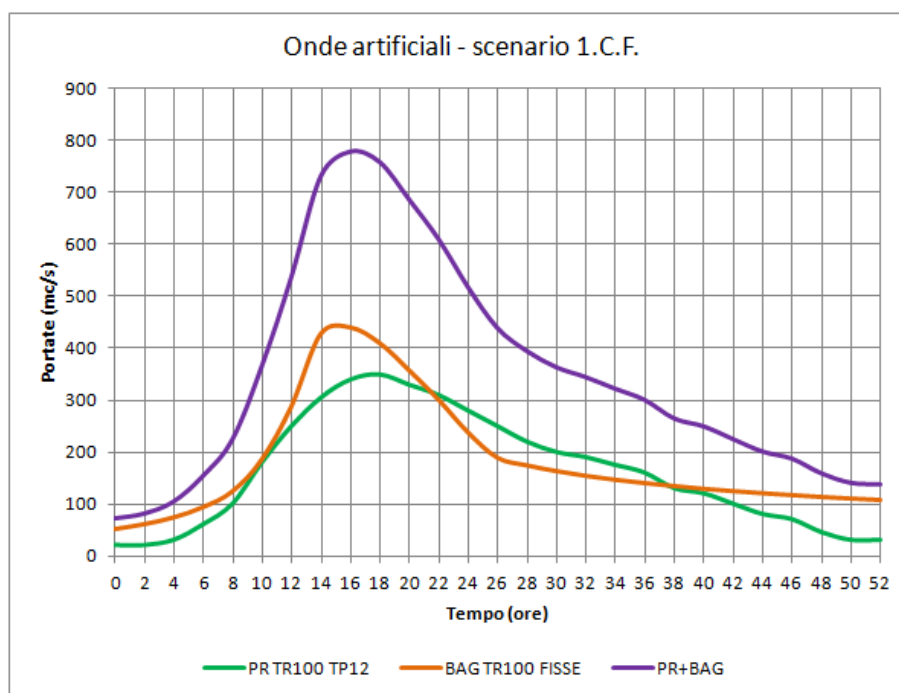


Figura 13 – Idrogramma di piena onde laminate TR 100 anni (Cassa Baganza a luci fisse), sovrapposizione colmi.

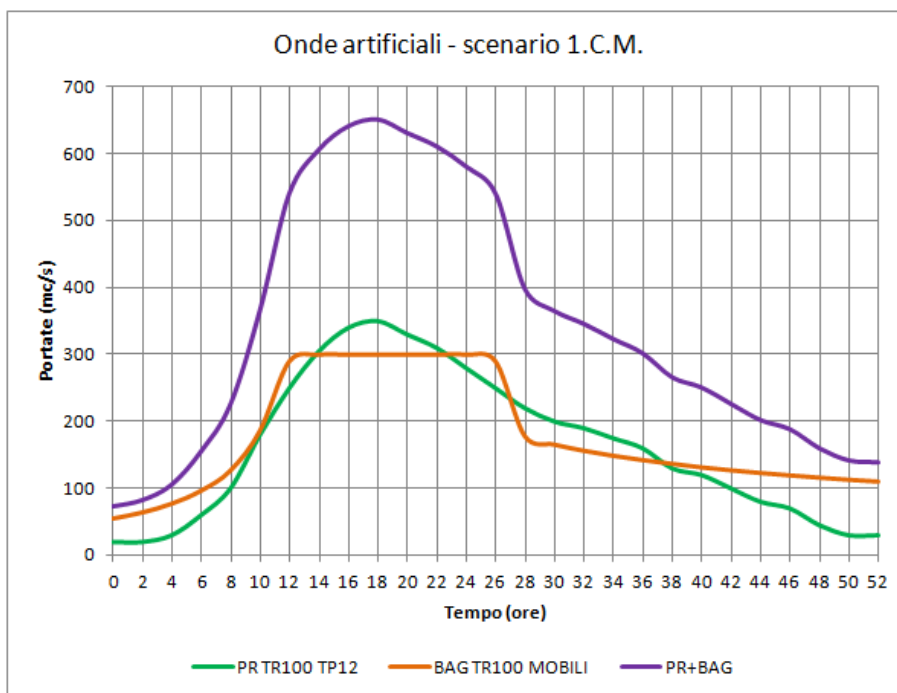


Figura 14 – Idrogramma di piena onde laminate TR 100 anni (Cassa Baganza a luci mobili), sovrapposizione colmi.

3.3.2.2. Onde artificiali – scenario 2.B.F e 2.B.M

Lo scenario 2.B rappresenta il caso in cui il picco di portata del Baganza preceda quello del Parma, nell'ipotesi di luci fisse sulla cassa del Baganza (scenario 2.B.F) e di luci mobili (scenario 2.B.M).

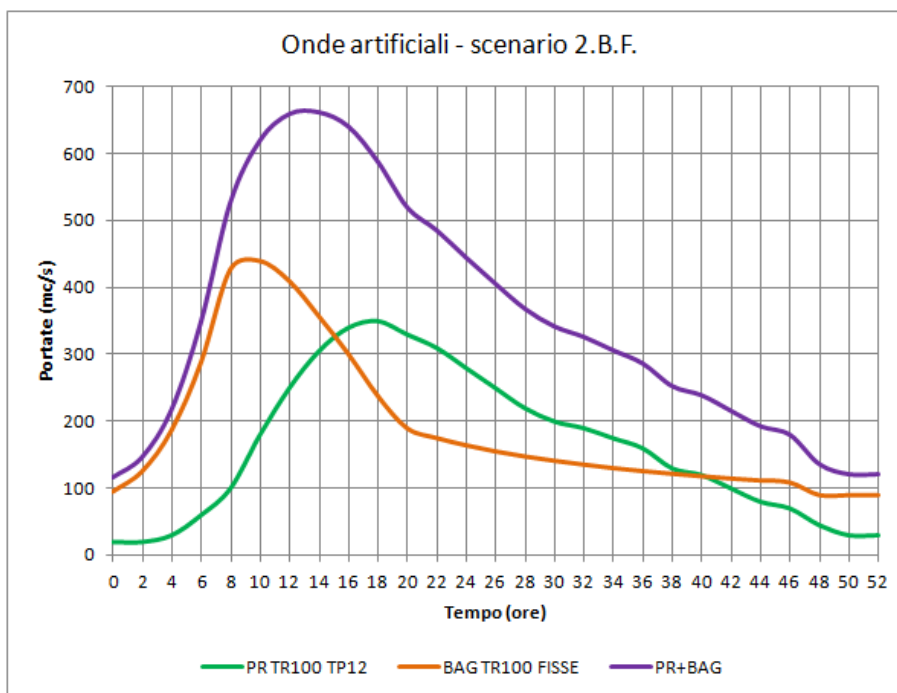


Figura 15 – Idrogramma di piena onde laminate TR 100 anni (Cassa Baganza a luci fisse), colmo Baganza in anticipo rispetto a Parma.

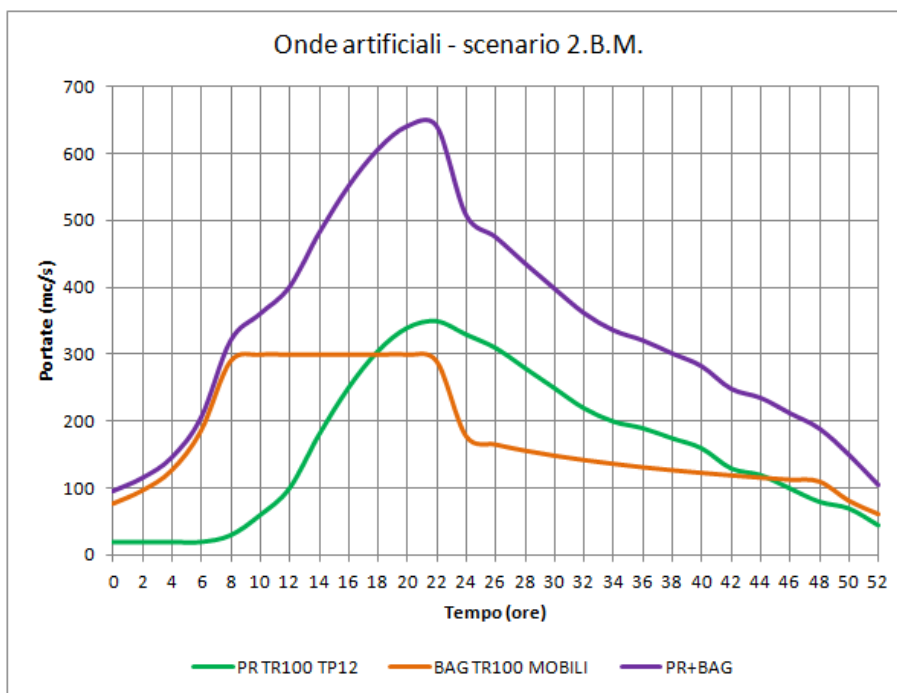


Figura 16 – Idrogramma di piena onde laminate TR 100 anni (Cassa Baganza a luci mobili), colmo Baganza in anticipo rispetto a Parma.

3.3.2.3. Onde artificiali – scenario 3.P.F e 3.P.M

Lo scenario 3.P rappresenta il caso in cui il picco di portata del Parma preceda quello del Baganza, nell'ipotesi di luci fisse sulla cassa del Baganza (scenario 3.P.F) e di luci mobili (scenario 3.P.M).

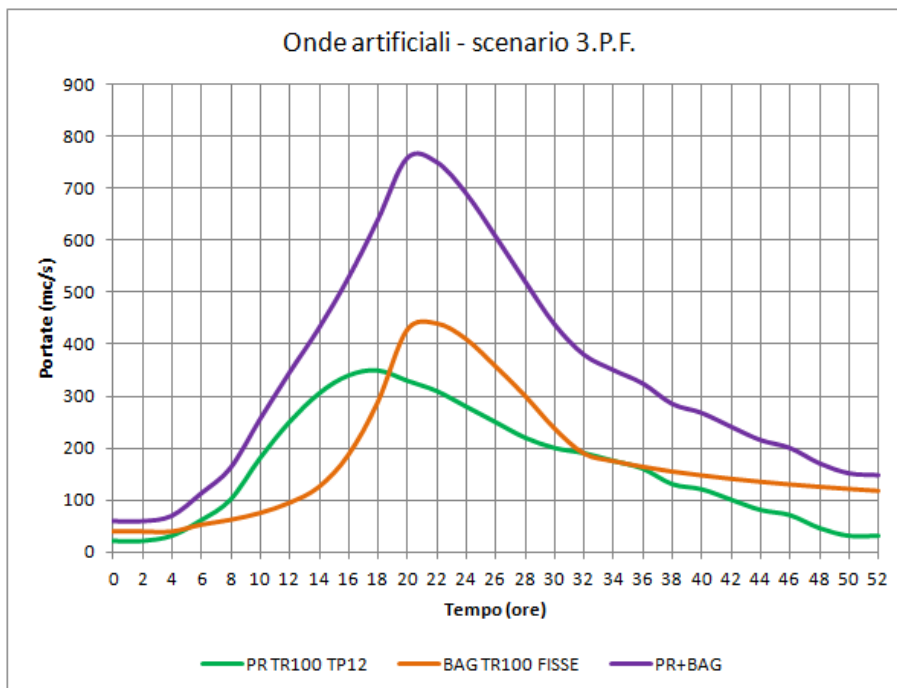


Figura 17 – Idrogramma di piena onde laminate TR 100 anni (Cassa Baganza a luci fisse), colmo Parma in anticipo rispetto a Baganza.

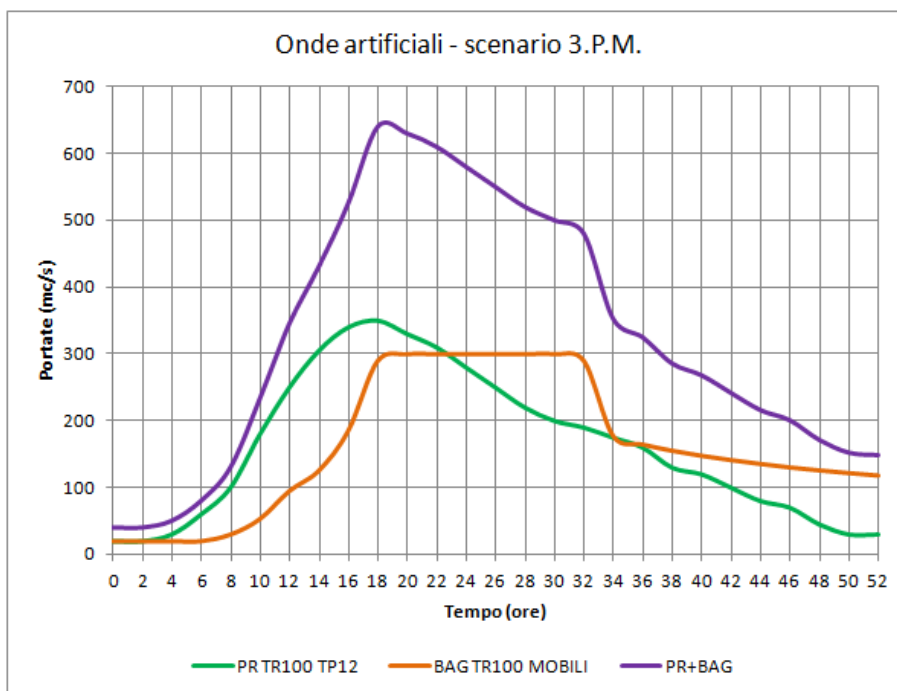


Figura 18 – Idrogramma di piena onde laminate TR 100 anni (Cassa Baganza a luci mobili), colmo Parma in anticipo rispetto a Baganza.

3.3.3 Idrogrammi di piena – BAG TR200 + PR TR100

Nell'ipotesi di moto vario e in condizioni di progetto (onde di piena artificiali in arrivo dal Baganza TR200 anni, e ovviamente dalla cassa esistente sul Parma per TR100 anni e T_p 12 ore), gli scenari considerati sono due, i più gravosi.

- lo scenario 1b.C.F rappresenta il caso in cui i picchi di portata in uscita dalle casse siano contemporanei, nell'ipotesi di luci fisse sulla cassa del Baganza;
- lo scenario 3b.P.F. rappresenta il caso in cui il picco di portata del Parma preceda quello del Baganza, nell'ipotesi di luci fisse sulla cassa del Baganza.

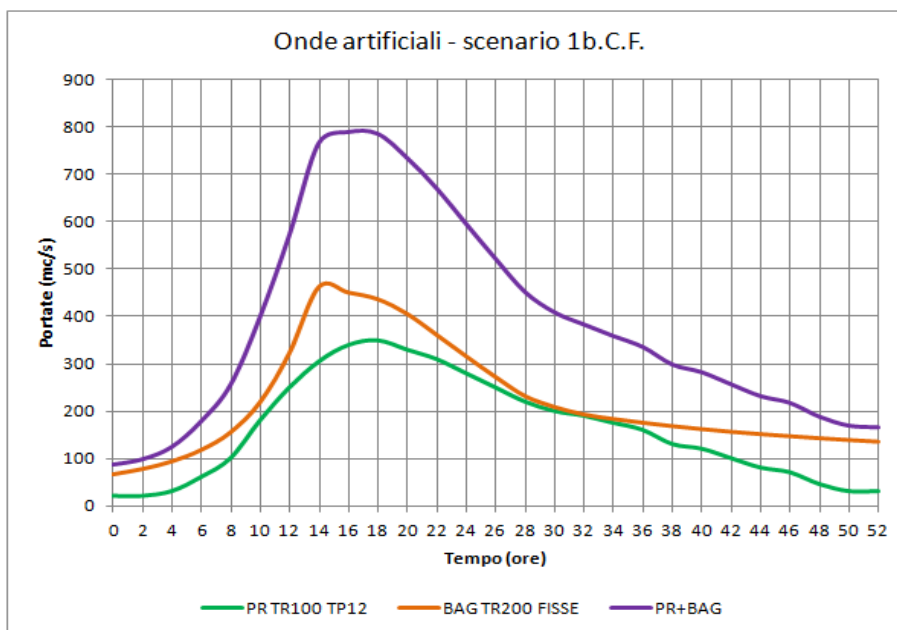


Figura 19 – Idrogramma di piena onde laminate TR 200 anni Cassa Baganza a luci fisse e TR100 Parma, sovrapposizione colmi.

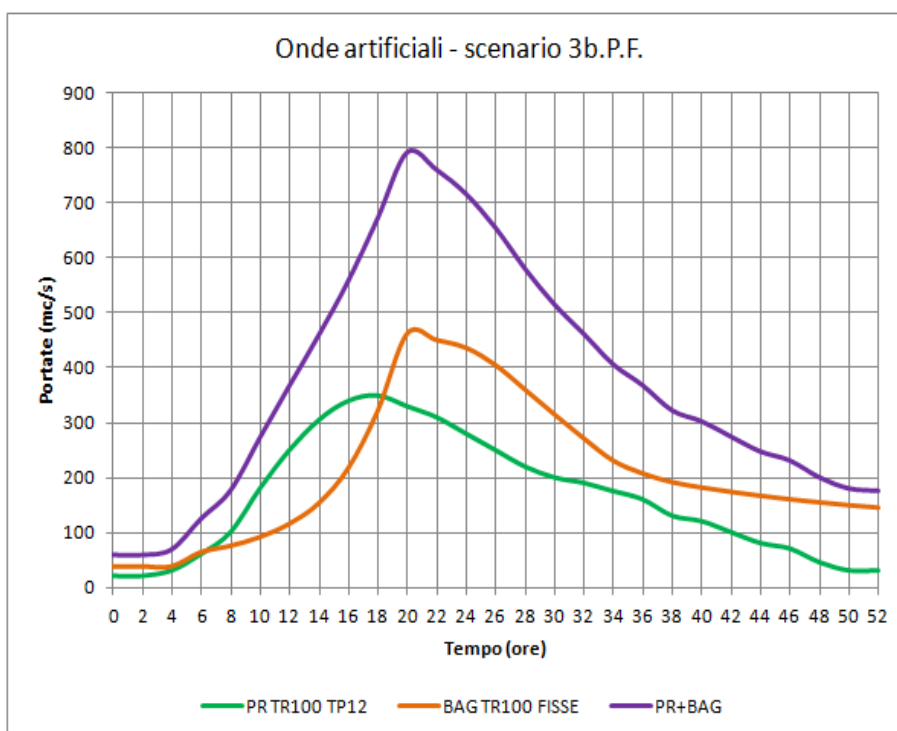


Figura 20 – Idrogramma di piena onde laminate TR 200 anni Cassa Baganza a luci fisse e TR100 Parma, colmo Parma in anticipo rispetto a Baganza.

3.3.4 Idrogrammi di piena – BAG TR200 + PR TR200

Un'ultima combinazione di portate, la più gravosa, è quella derivante dalla sovrapposizione degli idrogrammi di piena in uscita dalla cassa del Baganza per TR200 anni e luci fisse e dalla cassa del Parma per TR200 anni (idrogramma deflusso da studi DICATeA).

Lo scenario, a cui può essere associato complessivamente un tempo di ritorno superiore a 200 anni, può essere comunque preso in considerazione per valutazioni in merito alla resilienza dell'intervento.

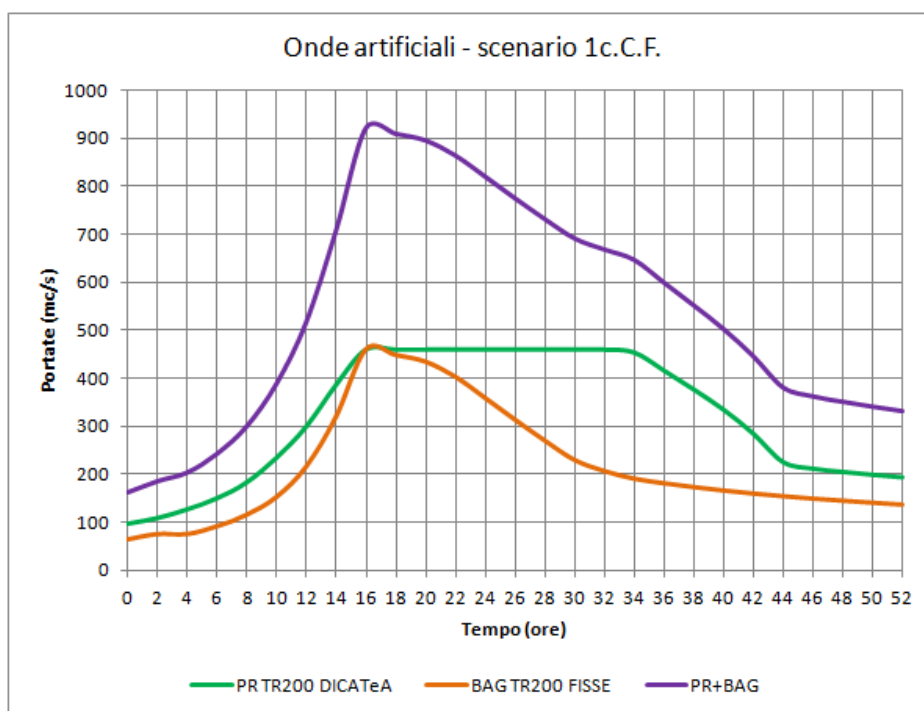


Figura 21 – Idrogramma di piena onde laminate TR 200 anni Cassa Baganza (luci fisse) e TR200 Parma (luci fisse), con sovrapposizione dei colmi (Qmax 920 mc/s).

3.4 CONCLUSIONI

3.4.1 Onde di piena naturali

Le onde di piena naturali sono quelle derivanti dagli idrogrammi di piena sintetici per il Baganza, e dalle onde di piena regolate dalla cassa di Marano per il Parma.

Le simulazioni più cautelative sono quelle con la sovrapposizione dei colmi. Si rimanda al capitolo seguente per i risultati.

3.4.2 Onde di piena artificiali

Gli scenari più gravosi, in funzione di diversi tempi di ritorno e combinazione dei colmi di piena su Baganza e Parma sono riportati nel grafico seguente, tutti relativi al rilascio delle portate a valle della cassa del Baganza mediante luci

“fisse”, rispettivamente con colmi di portata in uscita dalle casse di Parma e Baganza contemporanei, o con colmo del Parma in anticipo di alcune ore rispetto a quello del Baganza.

I colmi di portata in entrambi i casi sono di poco inferiori agli 800 mc/s; la durata del picco arriva fino a 4 ore e le portate si mantengono sopra i 600 mc/s per 12 ore, in un moto assimilabile a un permanente.

I restanti scenari elencati nei paragrafi precedenti determinano picchi di portata a valle della confluenza di Parma e di Baganza compresi fra 650 e 680 mc/s, con portate comunque superiori ai 400-450 mc/s anche di 18-20 ore in condizioni di luci mobili.

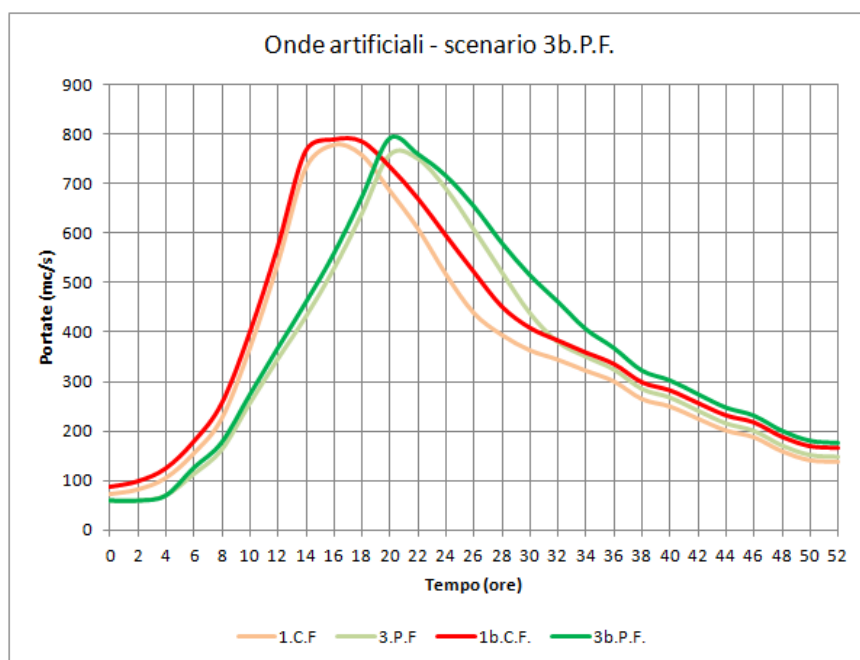


Figura 22 – Idrogramma di piena onde laminate TR 200 anni Cassa Baganza a luci fisse e TR100 Parma, colmo Parma in anticipo rispetto a Baganza.

4. ELENCO DOCUMENTI DI RIFERIMENTO PER L'AGGIORNAMENTO DELLE ANALISI IDROLOGICHE

Nel presente capitolo sono elencati i documenti utilizzati come base per le successive valutazioni e analisi riportate nel capitolo 6.

I documenti sono:

- "Relazione idrologica" dello "Studio della messa in sicurezza del territorio parmense, con particolare riferimento alla realizzazione della cassa di espansione del torrente Baganza", redatto dal Dipartimento di Ingegneria civile, dell'ambiente, del territorio e architettura dell'Università degli Studi di Parma, responsabile scientifico Prof. Ing. Paolo Mignosa, per conto di Regione Emilia Romagna - Servizio Provinciale Difesa del Suolo Risorse Idriche e Forestali (marzo 2003);
- "Aggiornamento delle analisi idrologiche e revisione del progetto preliminare della cassa di espansione sul torrente Baganza" redatto dal Dipartimento di Ingegneria civile, dell'ambiente, del territorio e architettura dell'Università degli Studi di Parma, nell'ambito della convenzione, stipulata con AIPO, "di ricerca per lo sviluppo di una serie di attività propedeutiche alla realizzazione della cassa di espansione del torrente Baganza" (dicembre 2012);
- "Relazione idrologica e idraulica della cassa di espansione" (elaborato BAG202IDRRRE02B – febbraio 2018) del progetto definitivo della "Cassa di espansione del Torrente Baganza nei Comuni di Felino, Sala Baganza, Collecchio e Parma (PR-E-1047)" redatta dal R.T.I. con mandataria Majone&Partners Engineering;
- "Relazione idrologica" (dicembre 2015) redatta da ARPAE – Servizio Idrometeorologia – Area Idrologia, allegata al parere espresso ai sensi dell'art. 5 del regolamento di cui al DPR 1363/1959 sulle analisi idrologiche/idrauliche sul Progetto dei "Lavori di realizzazione della cassa di espansione del Torrente Baganza nei comuni di Felino, Sala Baganza, Collecchio e Parma (PR-E-1047);
- "Relazione tecnica" (maggio 2019) redatta da Arpa-e-SIMC Servizio Idrografia e Idrologia Regionale e Distretto Po nell'ambito delle "Attività di studio finalizzate alla ricostruzione idrologica dell'evento di piena del 11-12 dicembre 2017 e all'aggiornamento dell'idrologia di piena del torrente Enza".

5. SINTESI DEI CONTENUTI DEGLI STUDI PREGRESSI

Nel presente capitolo sono riportati, in sintesi, gli aspetti principali contenuti nei documenti elencati nel capitolo precedente.

5.1 “RELAZIONE IDROLOGICA” DELLO “STUDIO DELLA MESSA IN SICUREZZA DEL TERRITORIO PARMENSE, CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLA REALIZZAZIONE DELLA CASSA DI ESPANSIONE DEL TORRENTE BAGANZA”

Nella relazione idrologica dello “Studio della messa in sicurezza del territorio parmense, con particolare riferimento alla realizzazione della cassa di espansione del torrente Baganza”, redatta dal Dipartimento di Ingegneria civile, dell'ambiente, del territorio e architettura dell'Università degli Studi di Parma, responsabile scientifico Prof. Ing. Paolo Mignosa, per conto di Regione Emilia Romagna - Servizio Provinciale Difesa del Suolo Risorse Idriche e Forestali (marzo 2003) sono riportate, tra l'altro, le procedure e i risultati delle elaborazioni statistiche sui campioni delle onde di piena storiche allo scopo di elaborare le onde di piena sintetiche in corrispondenza della sezione di misura di P.te Nuovo, sul torrente del Baganza. Rimandando a tale elaborato per i relativi dettagli, di seguito si riportano alcuni estratti utili alla presente relazione.

Dal punto di vista metodologico, per ricavare l'informazione necessaria all'individuazione di un idrogramma di progetto di assegnato tempo di ritorno a partire dall'analisi delle onde di piena storiche è stata effettuata un'elaborazione statistica delle massime portate medie in assegnata durata D

$$\bar{Q}_D = \max \left(\frac{1}{D} \int_{t-D}^t Q(\tau) d\tau \right)$$

dove il massimo è calcolato rispetto a tutte le possibili finestre temporali $(t-D, t)$ di ampiezza D contenute nel generico idrogramma di piena. Per ciascun idrogramma di piena viene calcolato il valore massimo assunto dalla portata media per n durate prefissate. Si ottengono così n serie di portate composte ciascuna da un numero di dati pari al numero di eventi. La scelta delle durate D deve essere fatta in base ad un'analisi preliminare della durata della porzione più significativa degli idrogrammi di piena storici. Le onde di piena del sistema Parma - Baganza presentano una durata significativa degli eventi che, nella maggior parte dei casi, non supera 1 o 2 giorni. Nelle elaborazioni sono state giudicate significative, per calcolo del valore massimo assunto dalla portata media, le durate pari a 0, 0.5, 1, 2, fino a 72 ore, con intervalli di un'ora, per un totale di 74 valori.

Lo scopo delle elaborazioni statistiche è la determinazione della legge $\bar{Q}_D = \bar{Q}_D(T)$ che esprime l'equazione della cosiddetta curva di riduzione dei colmi di piena di assegnato tempo di ritorno, dalla quale possono poi essere ricavati gli idrogrammi di riferimento in corrispondenza dei tempi di ritorno di interesse. Tale curva – analoga alla curva IDF (Intensità-Durata-Frequenza) per le precipitazioni – rappresenta la relazione che lega la portata media \bar{Q}_D alla corrispondente durata D , fissato il generico valore del tempo di ritorno T .

Per la stima indiretta della curva di riduzione delle portate medie è stato valutato, seguendo l'impostazione proposta dal NERC (1975), di porre in relazione i quantili $Q_D(T)$ con quelli della portata al colmo $Q_0(T)$ per mezzo del rapporto di riduzione $\varepsilon_D(T)$:

$$\varepsilon_D(T) = \frac{\overline{Q}_D(T)}{Q_0(T)}$$

In generale il rapporto di riduzione dipende dalla durata D , dal tempo di ritorno T e da un insieme di parametri rappresentativi delle caratteristiche del bacino idrografico che influenzano il fenomeno di piena.

L'ipotesi di base comune a tutte le formulazioni presentate in letteratura per il rapporto di riduzione è che esso possa essere considerato indipendente dal tempo di ritorno. Sotto questa ipotesi, che è verificata con approssimazione accettabile nella gran parte dei casi, si ha:

$$\varepsilon_D = \frac{\mu(\overline{Q}_D)}{\mu(Q_0)}$$

Tra i vari approcci proposti in letteratura per l'identificazione della forma della precedente legge di riduzione è stato adottato quello proposto da Bacchi et al. (1992). Da questa impostazione si ricava per il rapporto di riduzione l'espressione

$$\varepsilon_D = \sqrt{\frac{\theta}{2D} \left[2 + e^{-\frac{4D}{\theta}} - \frac{3\theta}{4D} \left(1 - e^{-\frac{4D}{\theta}} \right) \right]}$$

in cui il parametro temporale θ viene dedotto attraverso una interpolazione ai minimi quadrati. Una volta ricavato l'andamento di ε_D , l'equazione della curva di riduzione dei colmi di piena risulta essere:

$$\overline{Q}_D(T) = Q_0(T) \varepsilon_D$$

e richiede quindi la determinazione della distribuzione di probabilità della portata al colmo $Q_0(T)$.

Per ricostruire poi la forma dell'onda di piena è necessario ricavare dagli idrogrammi di piena storici l'informazione sulla posizione r che la portata al colmo assume all'interno della finestra temporale che contiene il valore massimo delle portate medie di assegnata durata. Per come è stato definito, il valore della posizione del picco r può variare tra 0 e 1. Si hanno così a disposizione tante serie temporali di posizione del picco quante sono le durate analizzate. Ai fini della ricostruzione dell'onda di piena è stato calcolato il valore medio di ogni serie. Per ottenere una forma il più possibile regolare dell'onda sintetica i punti (D, r) , ottenuti con la procedura sopra descritta, sono stati interpolati per la stazione di P.te Nuovo con una funzione del tipo:

$$r_D(D) = a + \frac{b}{c + (D)^d}$$

I valori delle quattro costanti a, b, c, d , sono stati determinati con il metodo dei minimi quadrati.

La costruzione dell'idrogramma sintetico si effettua imponendo che la massima portata media in ciascuna durata coincida con quella prevista dalla curva di riduzione dei colmi di piena; la forma dell'idrogramma è determinata dal coefficiente esprime la posizione del picco r .

le espressioni dei due rami dell'idrogramma $Q(t;T)$, prima e dopo il colmo sono pari a:

$$Q(t;T) = \frac{\frac{d}{dD} (r_D \bar{Q}_D(T) D) \Big|_{D=D(t)}}{\frac{d}{dD} (r_D D) \Big|_{D=D(t)}}, t = -r_D D \quad (-r_{D_f} D_f \leq t \leq 0)$$

$$Q(t;T) = \frac{\frac{d}{dD} ((1-r_D) \bar{Q}_D(T) D) \Big|_{D=D(t)}}{\frac{d}{dD} ((1-r_D) D) \Big|_{D=D(t)}}, t = (1-r_D) D \quad (0 \leq t \leq (1-r_{D_f}) D_f)$$

$$\theta = 4.3765 \text{ ore}$$

$$r_D(D) = 0.036017 + \frac{4.4682}{14.42 + (D)^{0.65384}}$$

La analisi in tal modo effettuate per la stazione di P.te Nuovo sul T. Baganza hanno portato ad ottenere i risultati riportati nella Tabella 4 e nella Figura 23.

Tabella 4 - Portate al colmo per assegnato tempo di ritorno stimate mediante la distribuzione GEV, dati 1975-2002 - sezione di Ponte Nuovo

T (anni)	Portata (m ³ /s)
5	227
10	306
20	397
50	542
100	676
200	835
500	1093
1000	1332
3000	1808

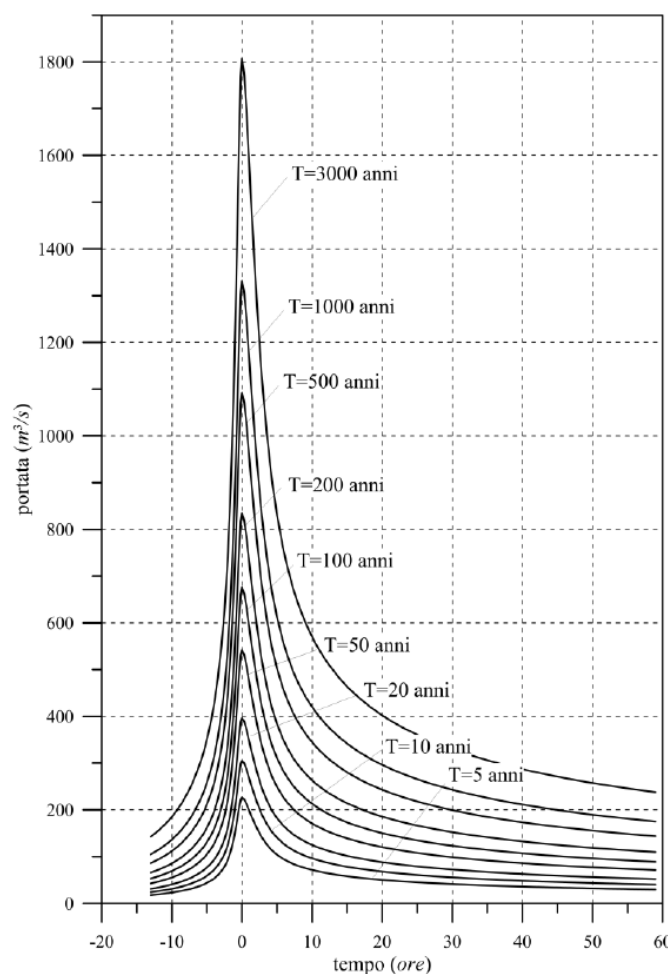


Figura 23 - Onde di piena sintetiche per la stazione di P.te Nuovo

5.2 “AGGIORNAMENTO DELLE ANALISI IDROLOGICHE E REVISIONE DEL PROGETTO PRELIMINARE DELLA CASSA DI ESPANSIONE SUL TORRENTE BAGANZA”

Nell'ambito della convenzione “di ricerca per lo sviluppo di una serie di attività propedeutiche alla realizzazione della cassa di espansione del torrente Baganza” tra AIPO e il Dipartimento di Ingegneria civile, dell'ambiente, del territorio e architettura dell'Università degli Studi di Parma, è stato effettuato l'aggiornamento delle analisi idrologiche effettuate nell'ambito dello studio di cui al precedente paragrafo 5.1. In particolare, nello studio citato erano stati definiti gli idrogrammi sintetici in corrispondenza di diverse sezioni di interesse del sistema Parma – Baganza, tra cui quella di P.te Nuovo sul T. Baganza, utilizzando le registrazioni delle onde di piena nel periodo 1975 – 2002. L'aggiornamento è stato condotto considerando anche i dati raccolti nel periodo 2003÷2011 nella stazione di Ponte Nuovo.

Le nuove stime delle portate al colmo per assegnato tempo di ritorno, sulla base della distribuzione GEV già utilizzata in precedenza, hanno portato a definire nuovi valori delle portate al colmo, riportati nella Tabella 5.

Tabella 5 - Portate al colmo per assegnato tempo di ritorno stimate mediante la distribuzione GEV, dati 1975-2011 - sezione di Ponte Nuovo

T (anni)	Portata (m³/s)
5	219
10	295
20	380
50	510
100	625
200	758
500	965
1000	1149
3000	1501

L'estensione della serie ha portato ad una generale riduzione dei colmi di piena, più marcata al crescere del tempo di ritorno. In particolare per l'evento di 100 anni di tempo di ritorno la portata al colmo passa da 676 a 625 m³/s, con una riduzione di 51 m³/s pari al 7.5%. Questa riduzione comporterebbe una diminuzione complessiva del volume dell'onda di piena sintetica e, conseguentemente, del volume da invasare nella cassa sul torrente Baganza secondo una laminazione ottimale. Visto che i dati del periodo 2003-2011 non sono stati validati e visto che le stime sui colmi di piena si riducono, è stato ritenuto di mantenere validi gli idrogrammi sintetici definiti in precedenza nell'ambito dello studio riassunto nel par. 5.1.

5.3 “RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA DELLA CASSA DI ESPANSIONE” (ELABORATO BAG202IDRRRE02B) DEL PROGETTO DEFINITIVO DELLA “CASSA DI ESPANSIONE DEL TORRENTE BAGANZA NEI COMUNI DI FELINO, SALA BAGANZA, COLLECCHIO E PARMA (PR-E-1047)”

Nella “*relazione idrologica e idraulica della cassa di espansione*” del progetto definitivo, oltre ad essere riportate le analisi e le valutazioni idrologiche già effettuate dall'Università degli Studi di Parma (cfr. par. 5.1. e par. 5.2), sono contenute alcune considerazioni sull'evento del 2014, in base a valutazioni effettuate dal DICATeA nel luglio 2015.

Secondo le valutazioni effettuate tale evento di piena è stato caratterizzato da una portata al colmo a Ponte Nuovo di circa 722 m³/s, che in base alla distribuzione GEV ottenuta in precedenza assume un valore del tempo di ritorno di circa 180 anni. Se si introducesse tale dato del 2014 nel campione delle portate al colmo a Ponte Nuovo, e si rivalutassero i parametri delle distribuzioni di probabilità, si otterrebbero i valori, per assegnati tempi di ritorno, riportati in Tabella 3. Come si può notare, l'inserimento del dato del 13 ottobre 2014 porta ad un innalzamento significativo di tutti i valori delle portate al colmo, a parità di tempo di ritorno, rispetto alle precedenti valutazioni.

Tabella 6 - Portate al colmo per assegnato tempo di ritorno stimate mediante distribuzioni di Gumbel, GEV e Lognormale, dati 1975-2014 – da DICATeA 2015 - sezione di Ponte Nuovo

T (anni)	Portata (m ³ /s)		
	Gumbel	GEV	Lognorm
5	269	229	234
10	354	324	327
20	435	438	430
50	541	628	587
100	619	809	721
200	698	1032	871
500	802	1409	1095
1000	880	1771	1286

Nella relazione si afferma che “a fronte delle suddette considerazioni si è ritenuto che, pur non potendo prescindere dal considerare l’evento del 13 ottobre 2014, la sua introduzione nella statistica dei colmi di piena a Ponte Nuovo porti ad una sovrastima complessiva delle portate di piena. Pertanto, per la costruzione degli idrogrammi sintetici di assegnato tempo di ritorno, si sono adottate le portate al colmo già riportate in Tabella 1-4 (quelle riportate nel par. 5.1.), valori comunque significativamente superiori a quelli ottenuti con l’aggiornamento delle sere storica al 2013 compreso”.

Quindi il progetto definitivo si basa sugli idrogrammi di piena e sulle portate al colmo definite in precedenza nell’ambito dello “Studio della messa in sicurezza del territorio parmense, con particolare riferimento alla realizzazione della cassa di espansione del torrente Baganza”, redatto dal Dipartimento di Ingegneria civile, dell’ambiente, del territorio e architettura dell’Università degli Studi di Parma, responsabile scientifico Prof. Ing. Paolo Mignosa, per conto di Regione Emilia Romagna - Servizio Provinciale Difesa del Suolo Risorse Idriche e Forestali (marzo 2003).

5.4 “RELAZIONE IDROLOGICA” (DICEMBRE 2015) REDATTA DA ARPAE – SERVIZIO IDROMETEOKLIMA – AREA IDROLOGIA

Nell’ambito dell’approvazione del progetto definitivo dei “Lavori di realizzazione della cassa di espansione del Torrente Baganza nei comuni di Felino, Sala Baganza, Collecchio e Parma (PR-E-1047)”, ARPAE – Servizio Idrometeoclima – Area Idrologia ha trasmesso il proprio parere di competenza ai sensi dell’art. 5 del regolamento di cui al DPR 1363/1959, allegando la “Relazione idrologica”, redatta nel dicembre 2015 a corredo del progetto preliminare del marzo 2015 della medesima cassa di espansione, nella quale vengono riportate le proprie valutazioni delle portate al colmo di piena per il T. Baganza con riferimento alla sezione di Ponte Nuovo. In particolare, ARPAE ha adottato un approccio regionalizzato basato sulla distribuzione TCEV, tenendo anche conto degli effetti dei cambiamenti climatici, in ottemperanza alla Direttiva Europea 2007/60/CE, sulla base dello scenario RCP 4.5 con proiezione al 2100. I valori delle portate al colmo per diversi valori del tempo di ritorno sono riportati nella successiva Tabella 7.

Tali valori risultano superiori a quelli assunti nella progettazione preliminare e definitiva della cassa di espansione del T. Baganza per tempi di ritorno compresi tra 5 e 500 anni, mentre per $T \geq 1000$ anni i valori calcolati da ARPAE sono inferiori a quelli utilizzati nella progettazione.

Tabella 7 - Portate al colmo del Baganza a Ponte Nuovo in condizioni di cambiamento climatico - da ARPAE 2015

T (anni)	Portata (m³/s)
5	350
10	461
20	585
50	752
100	872
200	992
500	1156
1000	1264

Per $T=3000$ anni $Q=1435$ m³/s

5.5 “RELAZIONE TECNICA” (MAGGIO 2019) REDATTA DA ARPAE-SIMC SERVIZIO IDROGRAFIA E IDROLOGIA REGIONALE E DISTRETTO PO NELL’AMBITO DELLE “ATTIVITÀ DI STUDIO FINALIZZATE ALLA RICOSTRUZIONE IDROLOGICA DELL’EVENTO DI PIENA DEL 11-12 DICEMBRE 2017 E ALL’AGGIORNAMENTO DELL’IDROLOGIA DI PIENA DEL TORRENTE ENZA”.

Nel presente paragrafo si riportano alcuni passaggi della relazione tecnica redatta da ARPAE-SIMC Servizio Idrografia e Idrologia Regionale e Distretto Po nell’ambito delle “Attività di studio finalizzate alla ricostruzione idrologica dell’evento di piena del 11-12 dicembre 2017 e all’aggiornamento dell’idrologia di piena del torrente Enza” utili all’aggiornamento degli idrogrammi di piena di riferimento per il T. Baganza, a partire dalle analisi e dalle valutazioni finora svolte e riportate sinteticamente nei paragrafi precedenti.

In particolare:

“4. Definizione degli idrogrammi di progetto

L’analisi e la definizione dei valori di portata al colmo risulta spesso un’informazione limitata per tutti i problemi riguardanti la protezione idraulica del territorio, soprattutto ogni qual volta i volumi in gioco rivestano un ruolo significativo, come ad esempio nel dimensionamento di invasi, opere di controllo delle piene o nella definizione di profili a valle di casse di espansione o laminazione; in questi casi infatti giocano un ruolo fondamentale non solo i volumi complessivi dell’onda di piena, ma anche la loro distribuzione temporale.

Affrontare questo tipo di problemi rende quindi necessario non solo poter stimare in modo consistente i valori di portata e volume attesi, ma anche la definizione di un idrogramma in grado di valutare adeguatamente l’andamento delle portate nel tempo.

Per rispondere a queste esigenze, ai fini di pianificazione e studio, come previsto nel Piano Operativo delle Attività (POA), si sono analizzate differenti metodologie per la definizione di idrogrammi di progetto con assegnato tempo di ritorno.

Principalmente i metodi di letteratura presi in considerazione sono due:

- Generazione degli idrogrammi sintetici di tipo SDH - Synthetic Design Hydrographs (Tomirotti M., Mignosa P. – A methodology to derive synthetic design hydrographs for river floods)
- Analisi bivariata di portata al colmo e volume e definizione degli idrogrammi mediante modelli idrologici o geometrici (De Michele C., Salvadori G., Canossi M., Petaccia A., Rosso R. – Bivariate statistical approach to check adequacy of dam spillway).

L'utilizzo di vari approcci, in particolare l'analisi bivariata delle coppie portate al colmo e volumi, genera una serie di possibili idrogrammi per ogni tempo di ritorno analizzato. Il risultato è costituito quindi da più idrogrammi di progetto statisticamente plausibili.

...

5.4. Idrogrammi e cambiamento climatico

Nell'ipotesi di cambiamento climatico, la ridefinizione degli idrogrammi può essere effettuata, per quanto riguarda il metodo delle copule, analogamente a quanto già descritto nel paragrafo 4.3, ridefinendo i valori delle coppie portata al colmo/volumi stimate mediante le distribuzioni di probabilità in proiezione climatica (Tab. 27).

Per quanto riguarda il metodo degli idrogrammi sintetici di tipo SDH, la loro ridefinizione può essere effettuata imponendo una variazione del colmo di piena congruente alla distribuzione di probabilità ottenuta in proiezione climatica e variando opportunamente il parametro θ nell'espressione di Bacchi della curva di riduzione in modo da mantenere invariato il volume dell'idrogramma in esame".

6. RIDEFINIZIONE DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA DEL T. BAGANZA A PONTE NUOVO

Nel presente capitolo sono riportate le analisi svolte dagli scriventi, finalizzate alla ridefinizione degli idrogrammi di piena di riferimento del T. Baganza da utilizzare nel progetto esecutivo della cassa di espansione. Tale aggiornamento si è reso necessario in seguito alle prescrizioni e raccomandazioni formulate nell'ambito del procedimento per l'approvazione tecnica ex art.1, co.1, D.L.507/1994 conv. L.584/1994 e art.5 D.P.R.1363/1959 da parte del Dipartimento per le Infrastrutture, i Sistemi Informativi e Statistici - Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche - Div. 4 – Coordinamento istruttorie progetti e vigilanza lavori. In particolare, nell'ambito della relazione istruttoria allegata alla nota DG Dighe n. 18150 del 09.09.2017 e del voto dell'Assemblea generale del Consiglio Superiore dei LL.PP. n. 57/17 del 15.12.2017, è stata formulata la seguente prescrizione: *“Gli idrogrammi di progetto andrebbero conseguentemente “riscalati” considerando la curva di crescita delle portate comprensiva dell’evento del 2014 (V/90-91).”*

Le analisi sono state svolte partendo dagli idrogrammi di piena definiti dal DICATEA dell'Università degli Studi di Parma nel 2003 (cfr. par. 5.1) e utilizzati nell'ambito della progettazione preliminare e definitiva della cassa di espansione oggetto della presente progettazione, che sono stati opportunamente modificati per rispettare i valori delle portate di piena al colmo definiti da ARPAE (cfr. par. 5.4), e riportati nel parere di competenza ai sensi dell'art. 5 del regolamento di cui al DPR 1363/1959, che considerano anche gli effetti dei cambiamenti climatici, come richiesto dalla Direttiva Europea 2007/60/CE. Infatti è di competenza di ARPAE, nelle funzioni di Servizio idrografico e nell'ambito della normativa tecnico e amministrativa in materia di dighe, il parere sul valore della portata di piena di progetto della cassa di espansione. Pertanto i nuovi idrogrammi di piena di riferimento determinati dagli scriventi sono caratterizzati da:

- valore di portata di piena al colmo, per i diversi valori del tempo di ritorno considerati, pari ai valori definiti da ARPAE, come detto già comprensivi degli effetti dei cambiamenti climatici, e riportati nel parere di competenza ai sensi dell'art. 5 del regolamento di cui al DPR 1363/1959;
- volume dell'idrogramma di piena complessivo (nelle 72 ore) pari al volume degli idrogrammi definiti dal DICATEA dell'Università degli Studi di Parma e utilizzati nei precedenti livelli di progettazione della cassa di espansione del T. Baganza.

Siccome gli idrogrammi di piena del T. Baganza sono stati determinati dal DICATEA dell'Università degli Studi di Parma attraverso la generazione di idrogrammi sintetici di tipo SDH - Synthetic Design Hydrographs, analogamente a quanto già effettuato da ARPAE nell'ambito delle *“Attività di studio finalizzate alla ricostruzione idrologica dell’evento di piena del 11-12 dicembre 2017 e all’aggiornamento dell’idrologia di piena del torrente Enza”*, per ridefinire gli idrogrammi in funzione dei nuovi valori di portata al colmo che tengono conto dei cambiamenti climatici, si è proceduto a variare opportunamente il parametro θ nell'espressione di Bacchi della curva di riduzione in modo da mantenere invariato il volume dell'idrogramma.

Di seguito si riportano i valori di riferimento considerati per la ridefinizione degli idrogrammi di piena del T. Baganza (portate al colmo definite da ARPAE e volumi degli idrogrammi definiti dal DICATEA dell'Università degli Studi di Parma) e i risultati ottenuti (nuovi idrogrammi di piena). In particolare, nella Tabella 8 sono riportati i valori delle portate

al colmo di riferimento, nella Tabella 9 sono riportati i volumi delle onde di piena da mantenere invariati nella ridefinizione degli idrogrammi e nelle Figure dalla 2 alla 10 sono riportati i nuovi idrogrammi di piena, confrontati con quelli definiti da DICATEA.

I nuovi idrogrammi di piena così definiti verranno utilizzati, in aggiunta a quelli già definiti nei precedenti livelli di progettazione, per il dimensionamento e le verifiche di funzionamento idraulico della cassa di espansione del T. Baganza.

Tabella 8 - Portate al colmo del T. Baganza a Ponte Nuovo in condizioni di cambiamento climatico - da ARPAE 2015

T (anni)	Portata (m³/s)
5	350
10	461
20	585
50	752
100	872
200	992
500	1156
1000	1264
3000	1435

Tabella 9 – Volumi degli idrogrammi di piena del T. Baganza e Ponte Nuovo - da DICATEA 2003

T (anni)	Volume (Mm³)
5	14.34
10	19.32
20	25.07
50	34.26
100	42.72
200	52.78
500	69.07
1000	84.18
3000	114.26

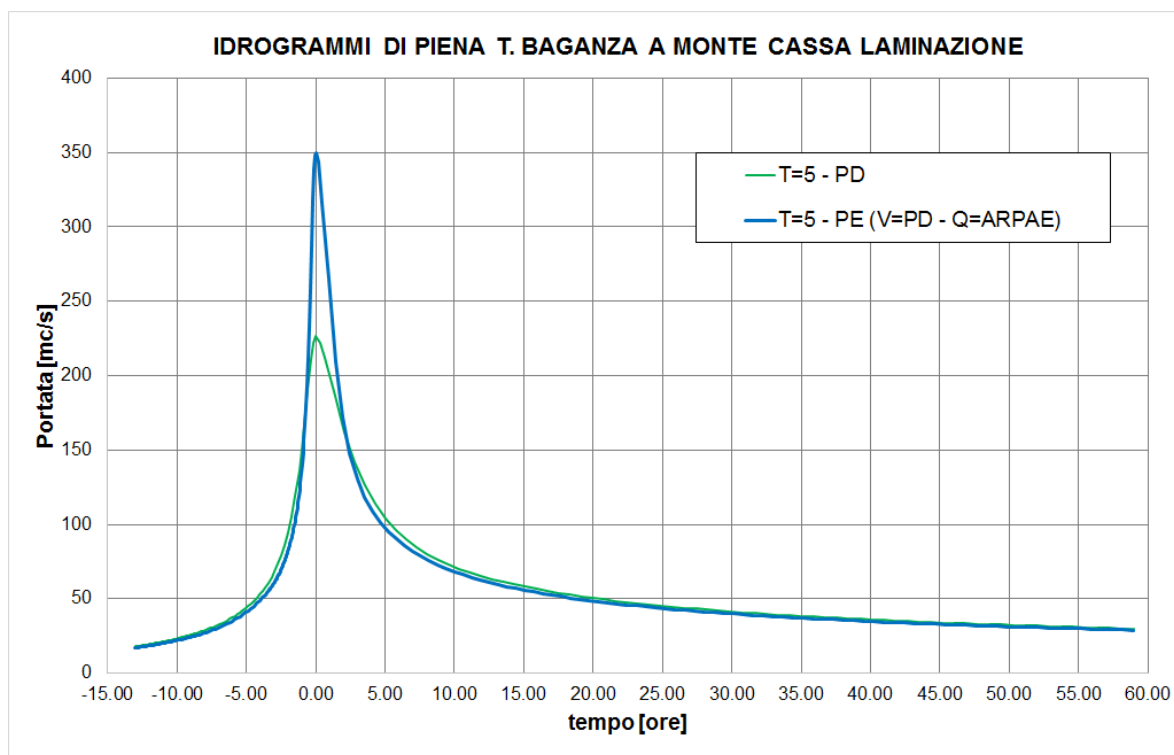


Figura 24 – Nuovo idrogramma di piena del T. Baganza a Ponte Nuovo (denominato in legenda PE) per T=5 anni e corrispondente idrogramma calcolato dal DICATEA nel 2003 (denominato in legenda PD)

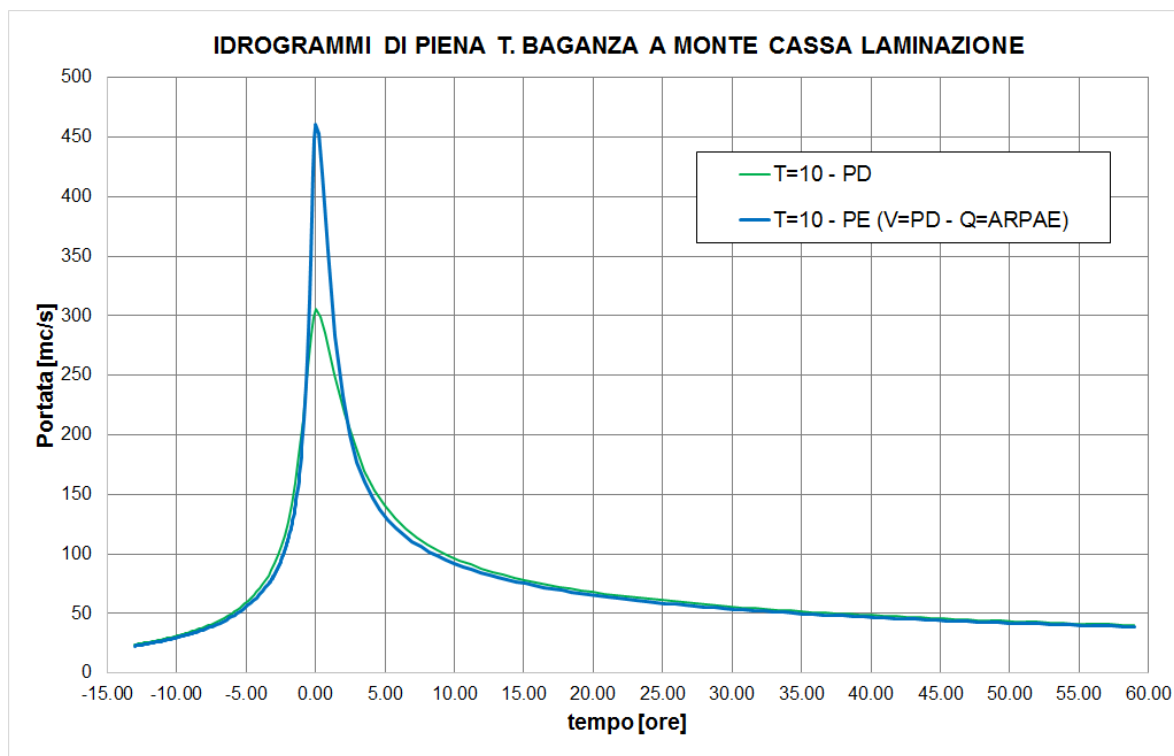


Figura 25 – Nuovo idrogramma di piena del T. Baganza a Ponte Nuovo (denominato in legenda PE) per T=10 anni e corrispondente idrogramma calcolato dal DICATEA nel 2003 (denominato in legenda PD)

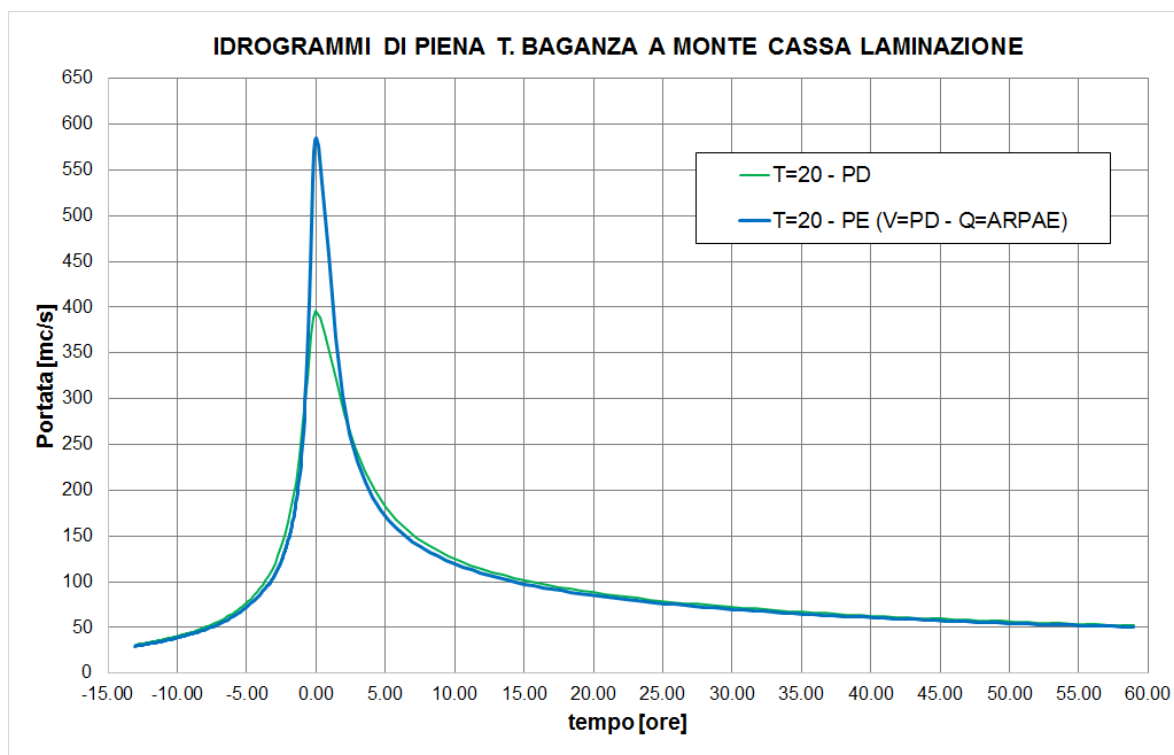


Figura 26 – Nuovo idrogramma di piena del T. Baganza a Ponte Nuovo (denominato in legenda PE) per T=20 anni e corrispondente idrogramma calcolato dal DICATEA nel 2003 (denominato in legenda PD)

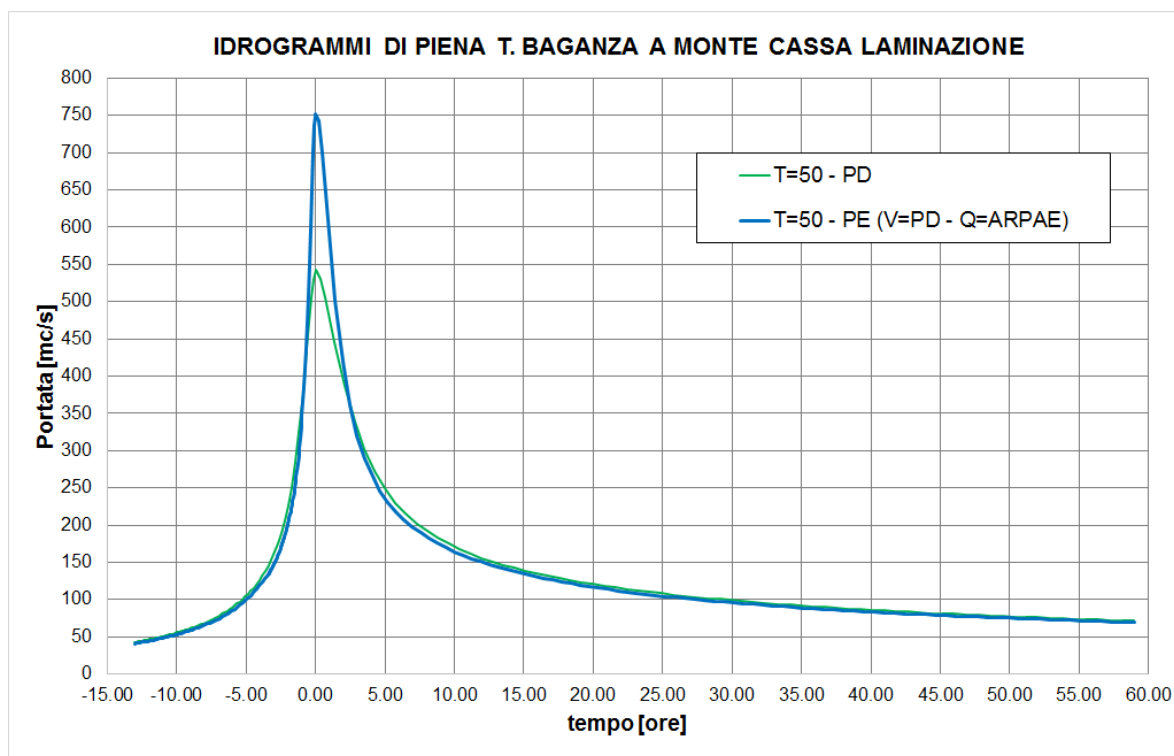


Figura 27 – Nuovo idrogramma di piena del T. Baganza a Ponte Nuovo (denominato in legenda PE) per T=50 anni e corrispondente idrogramma calcolato dal DICATEA nel 2003 (denominato in legenda PD)

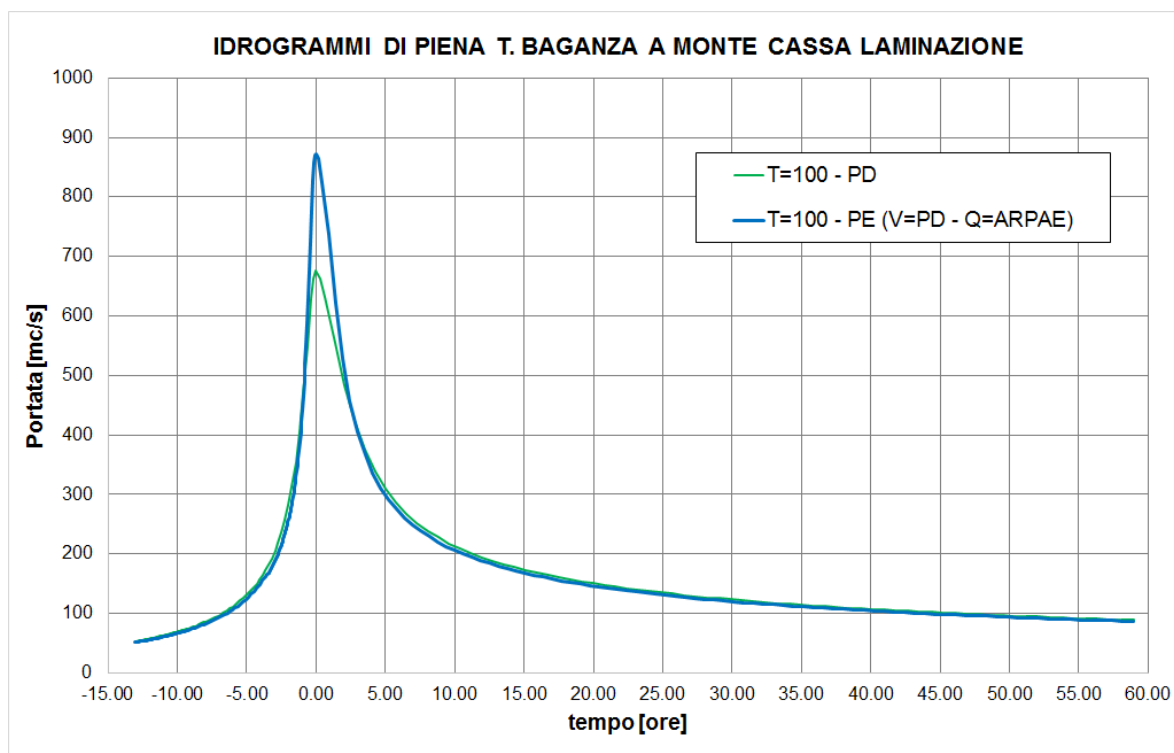


Figura 28 – Nuovo idrogramma di piena del T. Baganza a Ponte Nuovo (denominato in legenda PE) per T=100 anni e corrispondente idrogramma calcolato dal DICATEA nel 2003 (denominato in legenda PD)

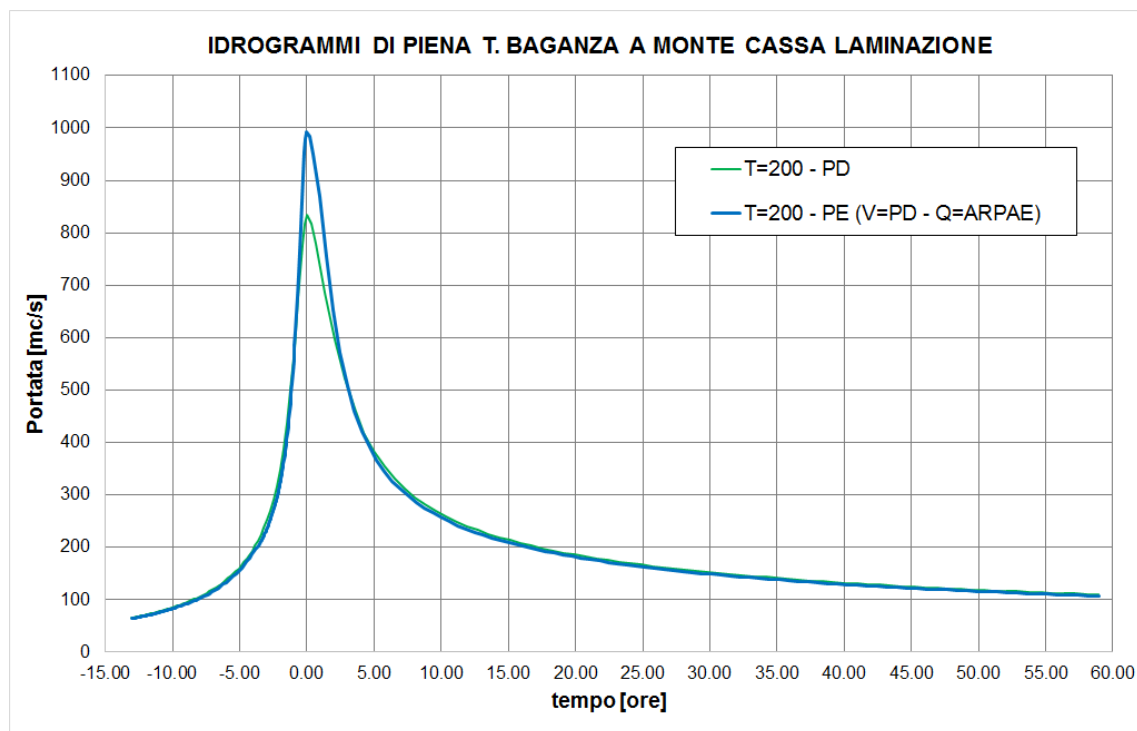


Figura 29 – Nuovo idrogramma di piena del T. Baganza a Ponte Nuovo (denominato in legenda PE) per T=200 anni e corrispondente idrogramma calcolato dal DICATEA nel 2003 (denominato in legenda PD)

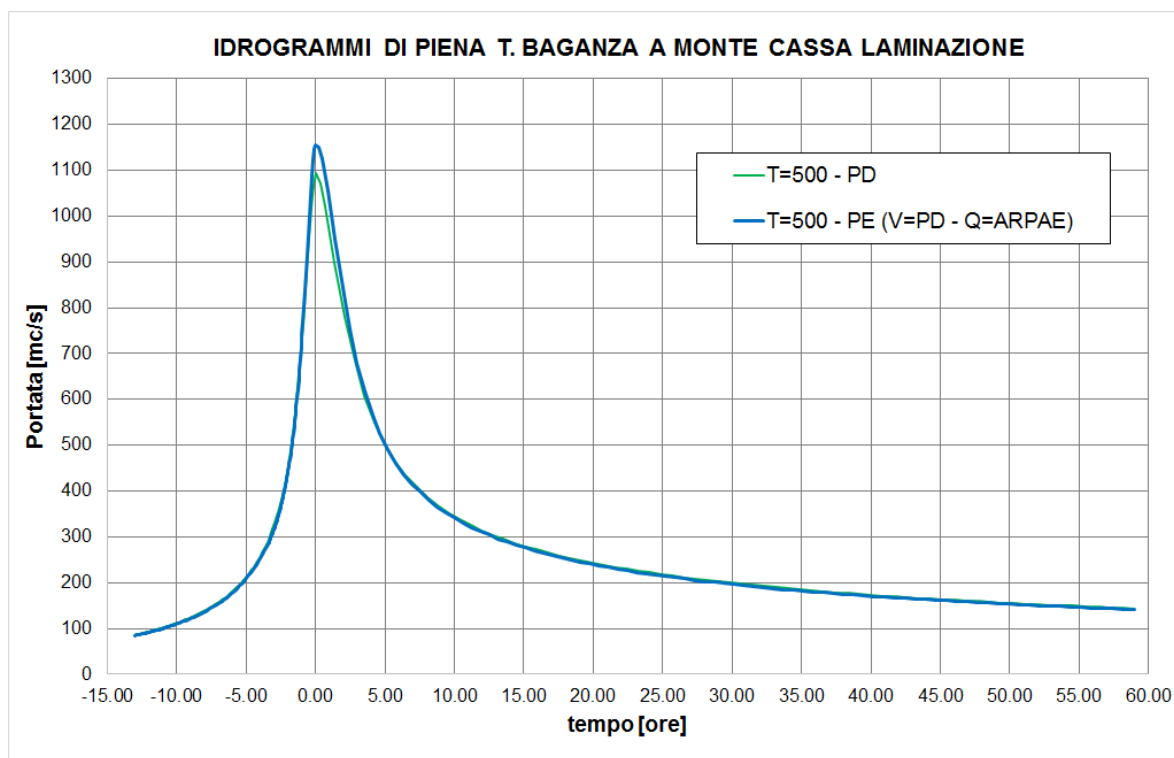


Figura 30 – Nuovo idrogramma di piena del T. Baganza a Ponte Nuovo (denominato in legenda PE) per T=500 anni e corrispondente idrogramma calcolato dal DICATEA nel 2003 (denominato in legenda PD)

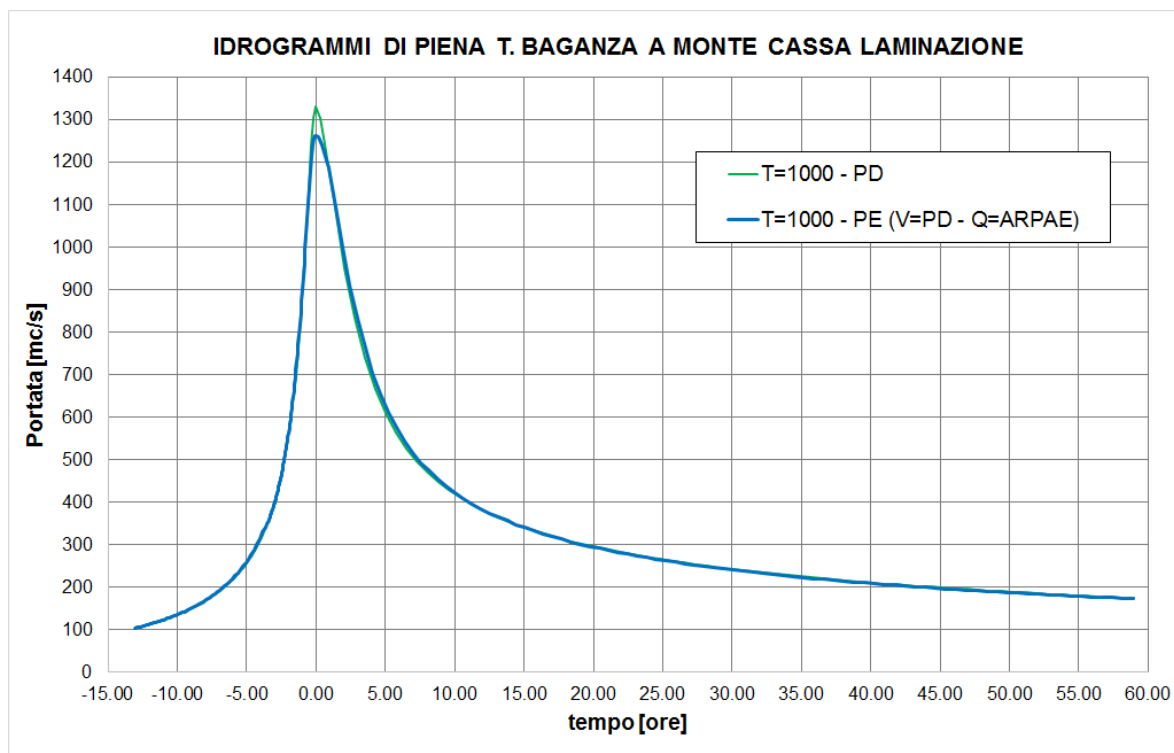


Figura 31 – Nuovo idrogramma di piena del T. Baganza a Ponte Nuovo (denominato in legenda PE) per T=1000 anni e corrispondente idrogramma calcolato dal DICATEA nel 2003 (denominato in legenda PD)

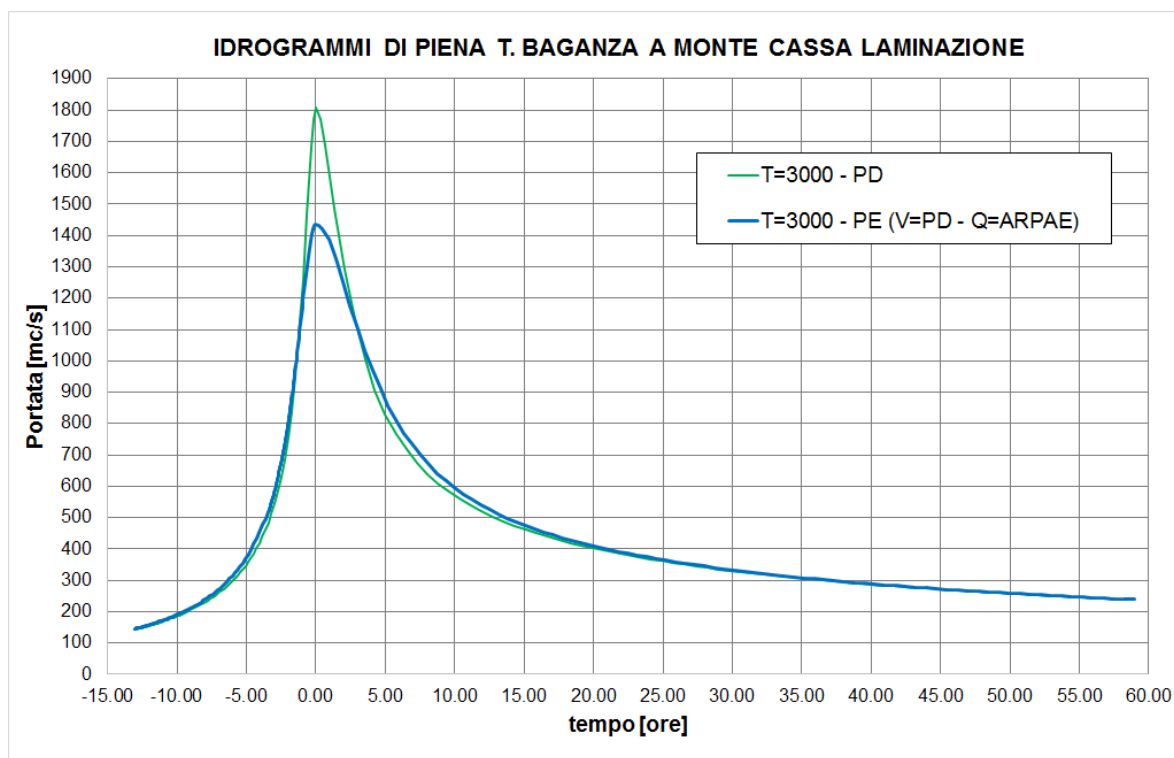


Figura 32 – Nuovo idrogramma di piena del T. Baganzo a Ponte Nuovo (denominato in legenda PE) per T=3000 anni e corrispondente idrogramma calcolato dal DICATEA nel 2003 (denominato in legenda PD)

6.1 PORTATA EVENTO REALE PER ANALISI DEL COMPORTAMENTO DEL SISTEMA SOTTOPOSTO AD UNA SOLLECITAZIONE A DOPPIO PICCO

Per valutare il comportamento del sistema in progetto nei confronti di un evento di piena caratterizzato da un doppio picco, di seguito si riporta l'idrogramma di piena relativo all'evento verificatosi a novembre del 2000, tra il 12 e il 16 novembre, che è appunto caratterizzato da due picchi di piena, il primo con portata al colmo prossimo a 430 m³/s, il secondo con portata di picco pari a circa 490 m³/s. Tale idrogramma è stato applicato al modello idraulico del sistema in progetto per verificare la capacità di laminazione residua della cassa tra il primo e secondo picco. Nella Figura 33 è riportato tale idrogramma. Si rimanda alla relazione idraulica (elaborato BAG3_02_IDR_R_RE_02_2) per l'analisi dei risultati ottenuti.

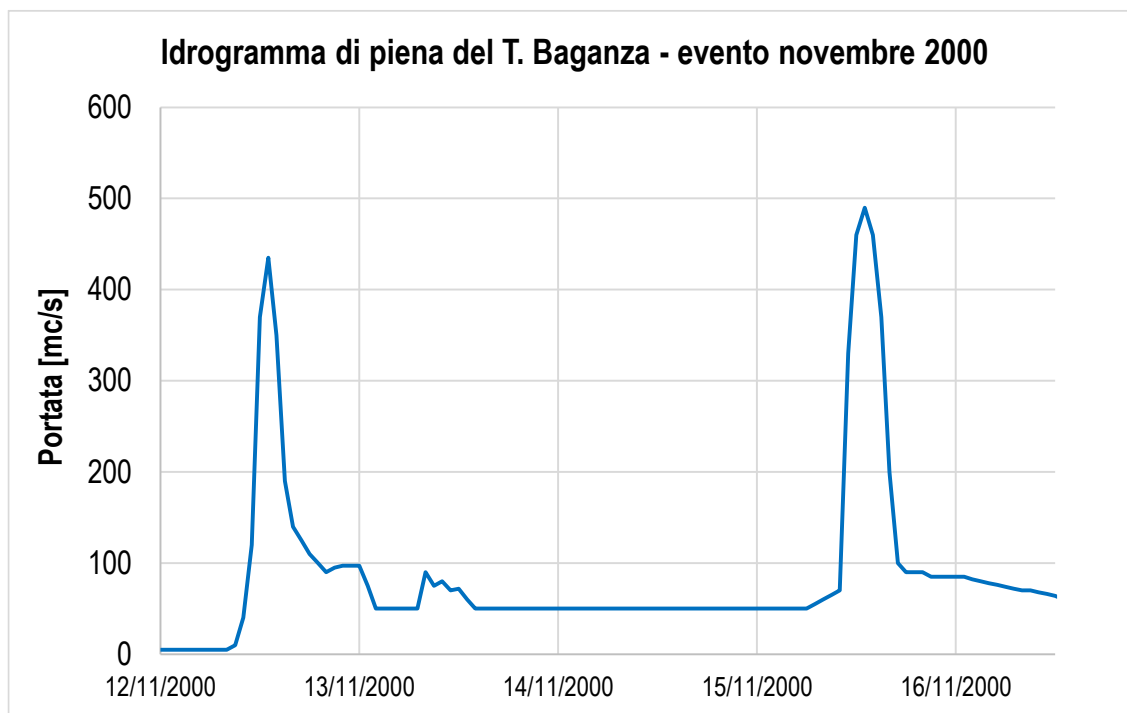


Figura 33 – Idrogramma di piena T. Baganza (novembre 2000) ricavato dalla relazione idraulica del progetto definitivo

7. DEFINIZIONE DELLE PORTATE DI PIENA PER IL DIMENSIONAMENTO E LA VERIFICA IDRAULICA DELLE OPERE PROVVISORIALI

Il valore del tempo di ritorno della piena di riferimento per il dimensionamento e la verifica idraulica delle opere provvisorie, necessarie per consentire la realizzazione delle opere in progetto, è quello la cui probabilità di essere raggiunto o superato una volta nel periodo temporale corrispondente alle fasi di costruzione non è superiore alla probabilità che ha la portata di progetto di essere raggiunta o superata una volta nel periodo di vita dell'opera.

Considerando che:

- il tempo di ritorno della portata di progetto è pari a 200 anni,
- la vita utile dell'opera in progetto può essere ipotizzata pari a 100 anni,

il corrispondente valore del rischio di superamento viene determinato con la seguente formula:

$$R_i = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_R}\right)^N$$

con R_i il rischio di superamento dell'evento associato al tempo di ritorno T_R in N anni.

Utilizzando i parametri suddetti, si ha che il valore di R_i è pari a 0,394.

In relazione agli scenari di riferimento descritti nella relazione idraulica – stato di cantiere (elaborato BAG302IDRRRE040), di seguito vengono riportati i valori del tempo di ritorno e della portata da considerare per il dimensionamento e verifica delle opere provvisorie.

➤ **SCENARIO I**

- Tempo previsto per la realizzazione delle opere: 7 mesi
- Tempo di ritorno calcolato con rischio di superamento pari a 0.394: 1.7 anni
- Tempo di ritorno assunto per il dimensionamento e la verifica delle opere provvisorie: 2 anni
- Portata di piena al colmo di riferimento: 150 m³/s (valore di portata ricavato dai valori definiti da ARPAE, cfr. paragrafo 7.1)

➤ **SCENARIO II**

- Tempo previsto per la realizzazione delle opere: 30 mesi
- Tempo di ritorno calcolato con rischio di superamento pari a 0.394: 5.5 anni
- Tempo di ritorno assunto per il dimensionamento e la verifica delle opere provvisorie: 5 anni
- Portata di piena al colmo di riferimento: 350 m³/s (valore di portata definito da ARPAE)

➤ **SCENARIO III**

- Tempo previsto per la realizzazione delle opere: 12.5 mesi
- Tempo di ritorno calcolato con rischio di superamento pari a 0.394: 2.6 anni
- Tempo di ritorno assunto per il dimensionamento e la verifica delle opere provvisorie: 2 anni

- Portata di piena al colmo di riferimento: 150 m³/s

7.1 DEFINIZIONE DELLA PORTATA DI PIENA DEL T. BAGANZA PER T=2 ANNI

Nell'ambito dell'approvazione del progetto definitivo dei "Lavori di realizzazione della cassa di espansione del Torrente Baganza nei comuni di Felino, Sala Baganza, Collecchio e Parma (PR-E-1047)", ARPAE – Servizio Idrometeorologia – Area Idrologia ha trasmesso il proprio parere di competenza ai sensi dell'art. 5 del regolamento di cui al DPR 1363/1959, allegando la "Relazione idrologica", redatta nel dicembre 2015 a corredo del progetto preliminare del marzo 2015 della medesima cassa di espansione, nella quale vengono riportate le proprie valutazioni delle portate al colmo di piena per il T. Baganza con riferimento alla sezione di Ponte Nuovo. In particolare, ARPAE ha adottato un approccio regionalizzato basato sulla distribuzione TCEV, tenendo anche conto degli effetti dei cambiamenti climatici, in ottemperanza alla Direttiva Europea 2007/60/CE, sulla base dello scenario RCP 4.5 con proiezione al 2100. I valori delle portate al colmo per diversi valori del tempo di ritorno sono riportati nella successiva Tabella 7.

Tabella 10 - Portate al colmo del Baganza a Ponte Nuovo in condizioni di cambiamento climatico - da ARPAE 2015

T (anni)	Portata (m³/s)
5	350
10	461
20	585
50	752
100	872
200	992
500	1156
1000	1264

Si può osservare che non è stato definito il valore corrispondente a 2 anni di tempo di ritorno, per cui è necessario calcolare tale valore per poter caratterizzare le opere provvisorie relative ai precedenti scenari I e III.

A tal fine si è ritenuto di procedere ad una stima basata sulla proiezione statistica secondo Gumbel delle portate al colmo definite da ARPAE.

Si richiama la legge di Gumbel:

$$y = \alpha(Q_{colmo} - u) = \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]$$

in cui:

- y è la variabile ridotta di Gumbel
- α e u sono i parametri della distribuzione di Gumbel
- T è il tempo di ritorno.

Conoscendo i valori di Q_{colmo} per $T=5, 10, 20, 50, 100, 200, 500$ e 1000 anni, definiti da ARPAE, si può trovare la retta interpolare $y=a(Q_{colmo}-u)$ e quindi sul prolungamento di tale retta i valori di Q_{colmo} corrispondente a $T=2$ anni. Pertanto, considerando i valori delle portate riportate nella precedente Tabella 7 e applicando la suddetta procedura di regolarizzazione secondo Gumbel basata sulla legge rettilinea che unisce i valori di y e Q_{colmo} , si ottengono i valori esposti nella seguente tabella.

Tabella 11 - Portate al colmo del Baganza a Ponte Nuovo

T	Q	y
[anni]	[mc/s]	[-]
5	350	1.50
10	461	2.25
20	585	2.97
50	752	3.90
100	872	4.60
200	992	5.30
500	1156	6.21
1000	1264	6.91

La retta interpolante, rappresentata nella figura sottostante è caratterizzata dalla seguente equazione:

$$y = 0.0058 Q - 0.4768$$

Per $T=2$ anni la variabile di Gumbel è pari a 0.367, a cui corrisponde una portata pari a $145 \text{ m}^3/\text{s}$.

Cautelativamente il valore della portata al colmo caratterizzato da 2 anni di tempo di ritorno viene assunto pari a $150 \text{ m}^3/\text{s}$.

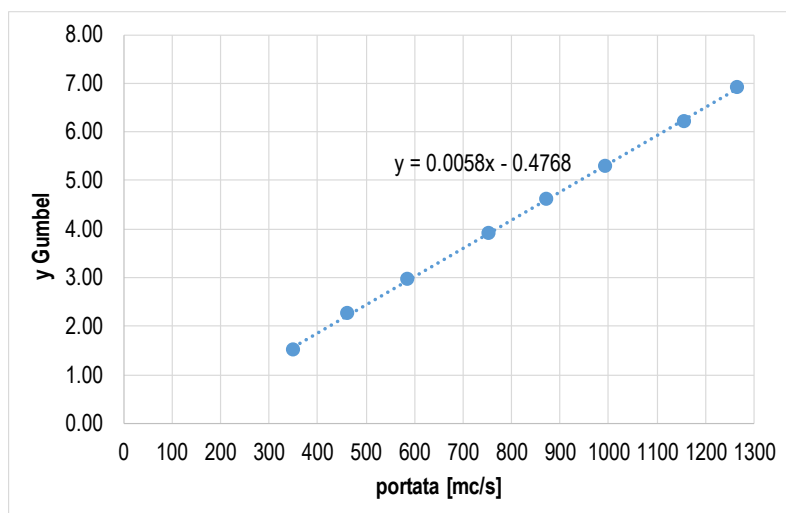


Figura 34 - proiezione statistica secondo Gumbel delle portate al colmo del T. Baganza

8. DEFINIZIONE DELLA PORTATA MEDIA ANNUA DEL T. BAGANZA A PONTE NUOVO

Nel presente capitolo viene definito il valore della portata media annua rappresentativa (Q180, portata superata 180 gg/a) del T. Baganza in prossimità dell'invaso di laminazione in progetto, che è stato utilizzato nell'ambito del presente progetto per effettuare la calibrazione, in regime stazionario, del modello di filtrazione delle acque sotterranee.

Dagli annali idrologici di ARPAE del 2017 è possibile estrarre le curve di durata delle portate in alcuni sezioni del sistema idrografico T. Baganza – F. Parma. In particolare, di seguito si riportano quelle relative alle stazioni idrometriche del T. Baganza a Marzolarà (Figura 35) e quella del fiume Parma in corrispondenza dell'idrometro di Ponte Verdi (Figura 36), posto a valle della confluenza tra il fiume Parma e il T. Baganza.

La superficie del bacino del T. Baganza a Marzolarà è pari a 129 kmq, mentre quella del fiume Parma – Ponte Verdi è pari a 600 kmq.

La cassa di laminazione del torrente Baganza è posta a monte della sezione Ponte Nuovo, caratterizzata da un bacino idrografico afferente pari a 188 kmq (secondo quanto riportato negli annali di ARPAE).

18 - BAGANZA a MARZOLARA (MIr)

Anno 2017

CARATTERISTICHE DELLA STAZIONE: Bacino di dominio Km² 129.0. Altitudini: massima 1492 m s.m. (M. Cervellino); media 839 m s.m. Distanza dalla confluenza con il Po Km 65. Inizio osservazioni anno 1954; inizio misure anno 2003. Quota zero idrometrico 301.79 m s.m. Altezze idrometriche: max m 3.12 (13 ott. 2014); minima m 0.21 (vari 2017). Portate: max m³/s 495 (13 ott. 2014); minima m³/s 0.00 (vari); media m³/s 2.24 (2003-2008 e 2010-2013 e 2015-2016)

ELEMENTI CARATTERISTICI PER L'ANNO 2017													
	ANNO	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Q max (m ³ /s)	»	0.98	14.50	5.84	7.72	8.10	»	»	»	»	»	»	»
Q media (m ³ /s)	»	0.61	2.48	1.69	1.11	1.58	»	»	»	»	»	»	»
Q minima (m ³ /s)	»	0.48	0.50	0.93	0.61	0.34	»	»	»	»	»	»	»
Q media (1/s Km ²)	»	4.7	19.2	13.1	8.6	12.3	»	»	»	»	»	»	»
Deflusso (mm)	»	12.7	46.5	35.2	22.2	32.8	»	»	»	»	»	»	»
Afflusso meteorico (mm)	1198.5	17.2	157.5	92.1	79.6	86.9	73.7	36.3	12.0	161.2	5.5	207.2	269.3
Coefficiente di deflusso	—	0.74	0.29	0.38	0.28	0.38	—	—	—	—	—	—	—
ELEMENTI CARATTERISTICI PER IL PERIODO 2003 - 2008 e 2010 - 2013 e 2015 - 2016													
Q max (m ³ /s)	32.70	16.20	30.50	28.50	16.10	19.90	13.30	1.97	2.11	8.38	18.60	32.70	30.10
Q media (m ³ /s)	2.24	2.62	3.40	4.89	3.26	2.39	1.41	0.39	0.25	0.33	1.18	3.41	3.40
Q minima (m ³ /s)	—	0.10	0.06	0.02	0.02	0.02	—	—	—	—	—	—	0.20
Q media (1/s Km ²)	17.4	20.3	26.3	37.9	25.2	18.5	10.9	3.1	2.0	2.6	9.2	26.4	26.4
Deflusso (mm)	549	54	66	101	65	50	28	8	5	7	25	69	71
Afflusso meteorico (mm)	1226	93	111	111	114	101	74	34	60	50	171	187	118
Coefficiente di deflusso	0.45	0.59	0.59	0.91	0.58	0.49	0.38	0.24	0.09	0.13	0.14	0.37	0.60

DURATA DELLE PORTATE		
Giorni	2017	2003-2016
	m ³ /s	m ³ /s
10	3.30	10.70
30	1.62	6.96
60	1.23	4.55
91	0.88	2.90
135	0.55	1.65
182	—	0.93
274	—	0.28
355	—	0.02

Figura 35 – curve di durata delle portate del T. Baganza a Marzolarà (Fonte: annali idrologici ARPAE)

19 - PARMA a P.TE VERDI (MIr)

Anno 2017

CARATTERISTICHE DELLA STAZIONE: Bacino di dominio Km² 600.0. Altitudini: massima 1852 m s.m. (M. Marmagna); media 646 m s.m. Distanza dalla confluenza con il Po Km 39.5. Inizio osservazioni anno 2003; inizio misure anno 2003. Quota zero idrometrico 51.23 m s.m. Altezze idrometriche: max m 4.83 (13 ott. 2014); minima - 0.13 (18 lug. 2012). Portate: max m³/s 936 (13 ott. 2014); minima m³/s 0.0 (vari); media m³/s 12.30 (2003-2016)

ELEMENTI CARATTERISTICI PER L'ANNO 2017													
	ANNO	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Q max (m ³ /s)	286.00	2.41	81.10	38.00	35.20	29.10	1.01	—	—	3.18	0.06	38.60	286.00
Q media (m ³ /s)	5.52	0.69	15.50	9.56	3.09	5.67	0.08	—	—	0.26	0.00	5.79	26.10
Q minima (m ³ /s)	—	0.03	2.31	1.56	0.43	—	—	—	—	—	—	—	1.18
Q media (1/s Km ²)	9.2	1.2	25.9	15.9	5.2	9.4	0.1	—	—	0.4	—	9.6	43.6
Deflusso (mm)	290.3	3.1	62.6	42.7	13.4	25.3	0.4	—	—	1.1	—	25.0	116.7
Afflusso meteorico (mm)	1099.7	17.9	151.1	77.6	70.3	85.1	66.1	31.4	8.6	154.7	5.0	199.6	232.3
Coefficiente di deflusso	0.26	0.17	0.41	0.55	0.19	0.30	0.01	—	—	0.01	—	0.13	0.50
ELEMENTI CARATTERISTICI PER IL PERIODO 2003 - 2016													
Q max (m ³ /s)	390.00	302.00	235.00	158.00	176.00	113.00	73.30	17.80	5.95	94.30	194.00	251.00	390.00
Q media (m ³ /s)	12.30	16.00	20.20	23.80	21.30	11.90	4.87	1.01	0.56	1.74	6.74	19.00	20.60
Q minima (m ³ /s)	—	—	1.35	1.33	0.01	—	—	—	—	—	—	—	—
Q media (1/s Km ²)	20.5	26.7	33.6	39.7	35.5	19.8	8.1	1.7	0.9	2.9	11.2	31.7	34.3
Deflusso (mm)	647	71	84	106	92	53	21	5	2	8	30	82	92
Afflusso meteorico (mm)	1218	113	114	116	115	90	73	39	55	44	156	181	122
Coefficiente di deflusso	0.53	0.63	0.74	0.91	0.80	0.59	0.29	0.12	0.04	0.17	0.19	0.45	0.75

DURATA DELLE PORTATE		
Giorni	2017	2003-2016
	m ³ /s	m ³ /s
10	38.00	64.40
30	15.60	35.50
60	7.26	21.30
91	3.91	14.80
135	1.65	9.19
182	0.55	4.99
274	—	0.72
355	—	—

Figura 36 – curve di durata delle portate del F. Parma a Ponte Verdi (Fonte: annali idrologici ARPAE)

Considerando ora la similitudine idrologica applicata alle portate ordinarie, si ha, in generale, la proporzionalità diretta tra le portate e le superfici dei bacini idrografici sottesi:

$$Q_1 : S_1 = Q_2 : S_2.$$

Considerando le sezioni del T. Baganza a Marzolarà e Ponte Nuovo, si ha:

$$Q_{\text{Ponte Nuovo}} = Q_{\text{Marzolarà}} \times S_{\text{Ponte Nuovo}} / S_{\text{Marzolarà}}$$

Considerando la portata a 182 giorni, si ha che

$$Q_{\text{Ponte Nuovo} - 182 \text{ gg}} = 0.93 \times 188 / 129 = 1.35 \text{ m}^3/\text{s}$$

Applicando la stessa procedura tra le sezioni T. Baganza – Ponte Nuovo e F. Parma – Ponte Verdi, si ha:

$$Q_{\text{Ponte Nuovo} - 182 \text{ gg}} = 4.99 \times 188 / 600 = 1.56 \text{ m}^3/\text{s}$$

Considerando entrambi i suddetti valori e facendone la media, si ottiene il valore di 1.45 m³/s.