



# COMUNE DI CASTEL BOLOGNESE

Provincia di Ravenna

Servizio Coordinamento LLPP Valle Senio  
RUP: Ing. Felice Calzolaio

## BC/CB - REALIZZAZIONE DI UNA RETE DI PERCORSI CICLABILI INNOVATIVI A CASTEL BOLOGNESE Progetto Definitivo

Progettisti:



**Dott. Geol. Loris Venturini**  
**Arch. Martina Massari**  
**Arch. Giulia Maroni**



Oggetto:

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA**

Scala:

Data:

Febbraio 2020

Elaborato:

2.2

---

---

## INDICE

1	INTRODUZIONE.....	3
2	INQUADRAMENTO PROGRAMMATICO .....	4
2.1	Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico .....	4
2.2	Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni .....	7
3	IDROLOGIA ED IDRAULICA .....	10
3.1	Morfologia.....	10
3.2	Idrologia.....	11
3.3	Idrogrammi di piena e portate al colmo di piena.....	12
3.4	Criticità principali del fiume Senio ed aree a rischio idraulico .....	15

## 1 INTRODUZIONE

La presente relazione illustra la situazione in merito alle condizioni idrauliche del fiume Senio ed i dati esistenti in materia di idrologia ed idrogeologia utili per il progetto esecutivo del percorso naturalistico lungo il fiume Senio in Provincia di Ravenna nel tratto tra il ponte di via Biancanigo (SP66) e la fine di strada Giuseppe Rossi con raccordo alla pista ciclabile esistente sull'argine del fiume.

## 2 INQUADRAMENTO PROGRAMMATICO

### 2.1 Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico

Nel territorio del bacino idrografico del fiume Reno il PAI (Piano Assetto Idrogeologico) è sviluppato in stralci per sottobacino; per quanto riguarda il torrente Senio si fa riferimento alla Revisione generale del piano stralcio per il bacino del torrente Senio.

Nell'articolo 2, comma 1 della sezione "Norme di Piano" sono riportati gli obiettivi del Piano:

- l'individuazione delle aree a rischio idrogeologico e la perimetrazione delle aree da sottoporre a misure di salvaguardia, nonché le misure medesime;
- la riduzione del rischio idrogeologico, la conservazione del suolo, il riequilibrio del territorio ed il suo utilizzo nel rispetto del suo stato, della sua tendenza evolutiva e delle sue potenzialità d'uso;
- la riduzione del rischio idraulico e il raggiungimento di livelli di rischio socialmente accettabili;
- la individuazione, la salvaguardia e la valorizzazione delle aree di pertinenza fluviale in base alle caratteristiche morfologiche, naturalistico-ambientali e idrauliche;
- la riqualificazione ambientale degli ambiti fluviali.

Nell'articolo 1, comma 3 della sezione "Norme di Piano" sono riportate le finalità specifiche del Piano:

- la sistemazione, la conservazione, il recupero del suolo e la moderazione delle piene nel bacino montano con interventi idrogeologici, idraulici, idraulicoforestali, idraulico-agro-silvo-pastorali, di forestazione e di bonifica, anche attraverso processi di recupero naturalistico;
- la difesa e il consolidamento dei versanti e delle aree instabili, nonché la difesa degli abitati e delle infrastrutture contro i movimenti franosi e altri fenomeni di dissesto;
- la riduzione della pericolosità del sistema con riferimento ad eventi di pioggia caratterizzati da tempi di ritorno fino a 200 anni, mediante la realizzazione di opere di regimazione a basso impatto ambientale, il recupero funzionale delle opere nei principali nodi idraulici e di interventi necessari a ridurre l'artificialità del corso d'acqua finalizzati anche al recupero della funzione di corridoio ecologico;
- il miglioramento delle fasce riparie per garantire la più elevata diversità ecologica e la massima funzionalità di autodepurazione possibile.

Nel Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico sono riportate le "Localizzazioni delle situazioni a rischio elevato o molto elevato" in scala 1:65.000 (Figura 2-1) e le "Tavole di rischio idraulico" in scala 1:5.000 (Figura 2-2), in cui vengono rappresentati il *reticolo idrografico*, le *aree ad alta probabilità di innondazione* e le *fasce di pertinenza fluviale*.

Le *aree ad alta probabilità di innondazione* (art.16) sono quelle aree passibili di

inondazione e/o esposte alle azioni erosive dei corsi d'acqua per eventi di pioggia con tempi di ritorno inferiori od uguali a 50 anni. Gli elementi antropici presenti in tali aree, rispetto ai quali il danno atteso è medio o grave, danno luogo a rischio idraulico elevato e molto elevato.

La *fascia di pertinenza fluviale* (art. 18) è definita come insieme delle aree all'interno delle quali si possono far defluire con sicurezza le portate caratteristiche di un corso d'acqua, comprese quelle relative ad eventi estremi con tempo di ritorno (TR) fino a 200 anni, mediante opere di regimazione a basso impatto ambientale e interventi necessari a ridurre l'artificialità del corso d'acqua e a recuperare la funzione di corridoio ecologico.

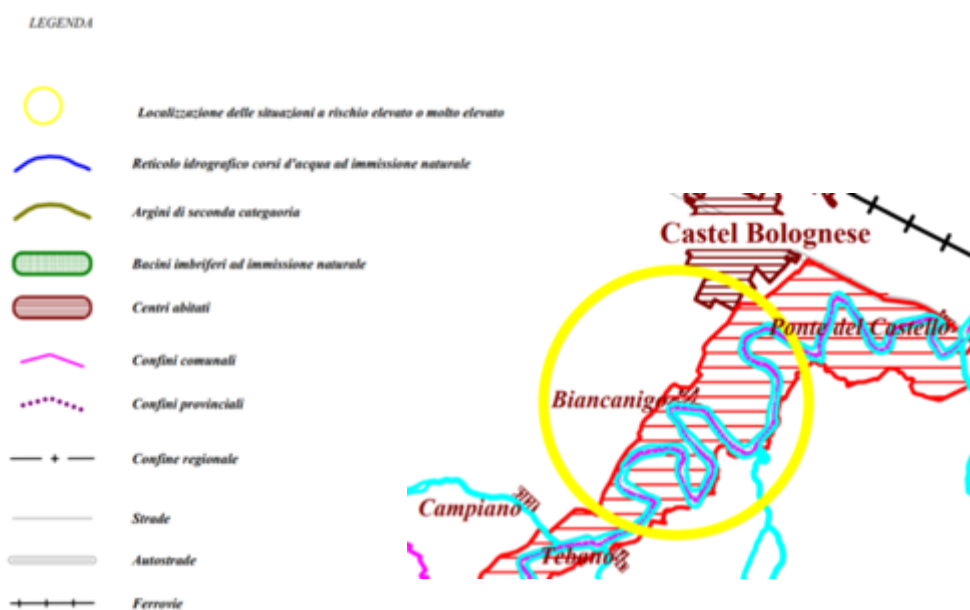
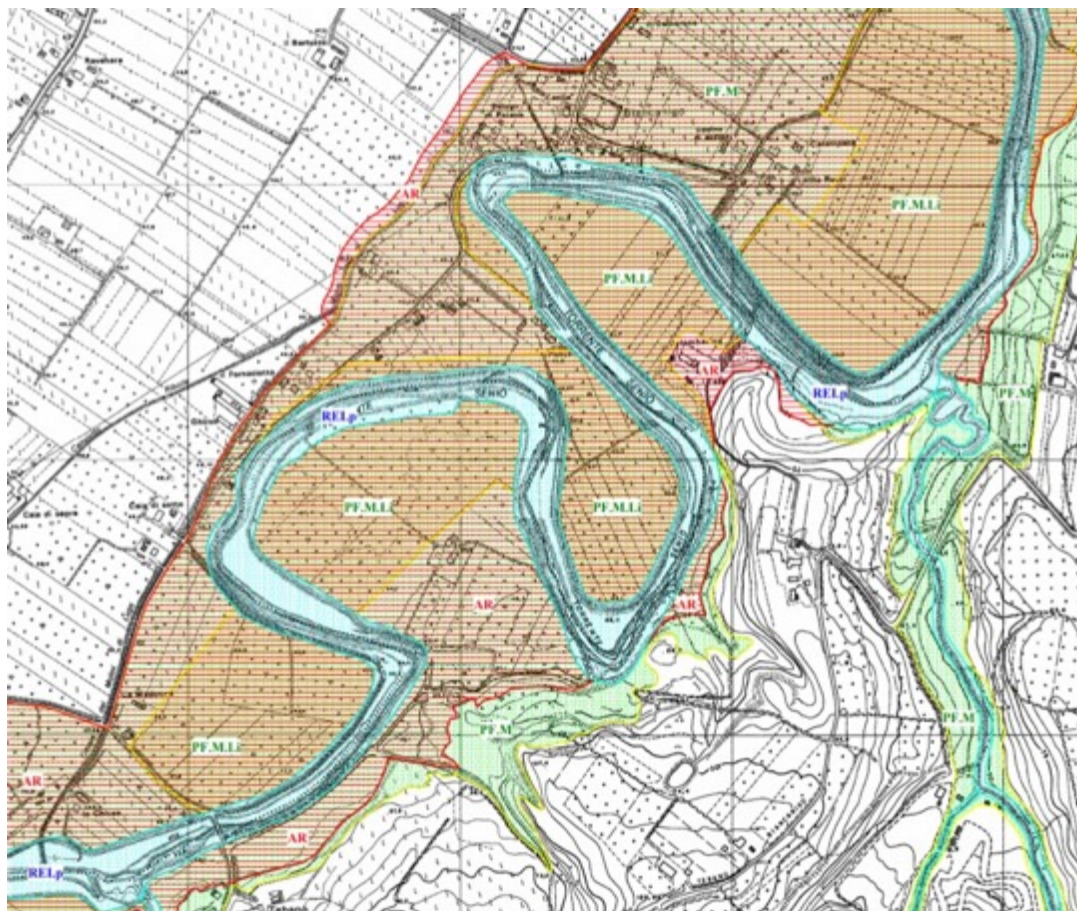


Figura 2-1: Localizzazione delle situazioni a rischio elevato o molto elevato



**LEGENDA**




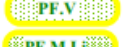


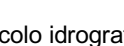
- 
**REI.p**  
**Reticolo idrografico corsi d'acqua principali, secondari e minori (art. 15 delle norme di piano)**  
*( Il simbolo "REI.p" indica il reticolo idrografico principale, quello "REI.mr" il reticolo idrografico minore e quello "REI.mt" il reticolo idrografico minuto)*
- 
**AR**  
**Aree ad alta probabilità di inondazione (art.16 delle norme di piano)**
- 
**PF.M**  
**Fasce di pertinenza fluviale (art.18 delle norme di piano)**  
*( Il simbolo "PF.M" indica le fasce di pertinenza fluviale generalmente localizzate in zone montane o pedecollinari, quello "PF.V" indica le fasce di pertinenza fluviale generalmente localizzate in zone di pianura. I simboli "PF.MLi" e "PF.VLi" indicano le fasce di pertinenza fluviale da considerare anche come aree di localizzazione interventi. Il simbolo "PF.VRT" indica le fasce di pertinenza fluviale di recupero territoriale)*
- 
**PF.V**
- 
**PF.MLi**
- 
**PF.VLi**
- 
**PF.VRT**

Figura 2-2: Reticolo idrografico, Aree ad alta probabilità di inondazione, Aree per la realizzazione di interventi strutturali, Fasce di pertinenza fluviale

Il Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico classifica il territorio in oggetto come “area ad alta probabilità di inondazione” (art. 16).

## 2.2 Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni, nuovo strumento di pianificazione previsto nella legislazione comunitaria dalla Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e gestione del rischio di alluvioni, conosciuta anche come Direttiva Alluvioni, recepita nell'ordinamento italiano con il D.Lgs. 49/2010, è stato redatto unitariamente per il bacino Reno, i bacini romagnoli e il bacino Marecchia-Conca, per garantire un approccio il più possibile omogeneo al tema della valutazione e gestione del rischio di alluvioni, in virtù dell'omogeneità fisica e territoriale delle aree a cui il Piano si applica.

Gli obiettivi generali sono riconducibili alle seguenti quattro categorie:

- a) obiettivi per la salute umana
  1. riduzione del rischio per la vita e la salute umana;
  2. mitigazione dei danni ai sistemi che assicurano la sussistenza (reti elettriche, idropotabili, etc.) e l'operatività dei sistemi strategici (ospedali e strutture sanitarie, scuole, etc.);
- b) obiettivi per l'ambiente
  1. riduzione del rischio per le aree protette dagli effetti negativi dovuti al possibile inquinamento in caso di eventi alluvionali;
  2. mitigazione degli effetti negativi per lo stato ecologico dei corpi idrici dovuti a possibile inquinamento in caso di eventi alluvionali, con riguardo al raggiungimento degli obiettivi ambientali di cui alla direttiva 2000/60/CE;
- c) obiettivi per il patrimonio culturale
  1. riduzione del rischio per l'insieme di elementi costituito dai beni culturali, storici ed architettonici ed archeologici esistenti;
  2. mitigazione dei possibili danni dovuti ad eventi alluvionali sul sistema del paesaggio;
- d) obiettivi per le attività economiche
  1. mitigazione dei danni alla rete infrastrutturale primaria (ferrovie, autostrade, strade regionali, impianti di trattamento, etc.);
  2. mitigazione dei danni al sistema economico e produttivo (pubblico e privato);
  3. mitigazione dei danni alle proprietà immobiliari;
  4. mitigazione dei danni ai sistemi che consentono il mantenimento delle attività economiche (reti elettriche, idropotabili, etc.)

Le categorie di misure previste nella Direttiva e negli atti di indirizzo in corso di definizione a livello europeo sono riconducibili ai seguenti gruppi:

- misure inerenti alle attività di prevenzione;
- misure inerenti alle attività di protezione;
- misure inerenti alle attività di preparazione;
- misure inerenti alle attività di ritorno alla normalità e analisi (risposta e ripristino)

La mappatura della pericolosità da alluvione è stata elaborata con tre metodi:

1. da studi idrologici-idraulici con modelli idraulici monodimensionali o con calcoli idraulici semplificati per i corsi d'acqua che attraversano le aree più popolate nelle porzioni vallive e collinari e successiva proiezione dei livelli idrometrici massimi sulle quote terreno, derivanti da rilievi topografici o dalle carte tecniche regionali (CTR) a scala 1:5000;
2. da valutazioni di carattere geomorfologico-idraulico per i tratti montani e i corsi d'acqua di minore importanza abbinate allo studio dell'evoluzione fluviale negli ultimi 60 anni, attraverso la cartografie e le foto aeree (primo anno di riferimento 1954 volo GAI);
3. da studi idrologici-idraulici con modelli idraulici monodimensionali per i corsi d'acqua di pianura, in prevalenza arginati, e con la valutazione delle aree maggiormente colpite dalle esondazioni e di quelle raggiunte sulla base dell'individuazione delle celle idrauliche, aree di territorio delimitate da rilevati e barriere, costituenti invasi delle alluvioni.

La probabilità di alluvione nei primi due scenari deriva dalla probabilità della precipitazione di progetto utilizzata nei modelli idrologici per la valutazione degli idrogrammi di piena.

Per lo scenario ad elevata probabilità di inondazione sono stati utilizzati tempi di ritorno (TR) di 25, 30 o 50 anni a seconda del tratto di corso d'acqua, mentre per lo scenario a media probabilità di inondazione TR 100 o 200 anni. La scelta fra i diversi TR è stata fatta in relazione alla conoscenza storica del grado di criticità dei vari tratti. Lo scenario relativo alla scarsa probabilità di alluvioni è stato valutato solo in pianura con un approccio semplificato: si è assegnata una pericolosità P1 alle celle idrauliche vicine al corso d'acqua o adiacenti a celle con pericolosità P2 di ridotte



dimensioni.

In Figura 2-3 si riporta la mappa di pericolosità presente nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni, con relativa legenda (Figura 2-4).

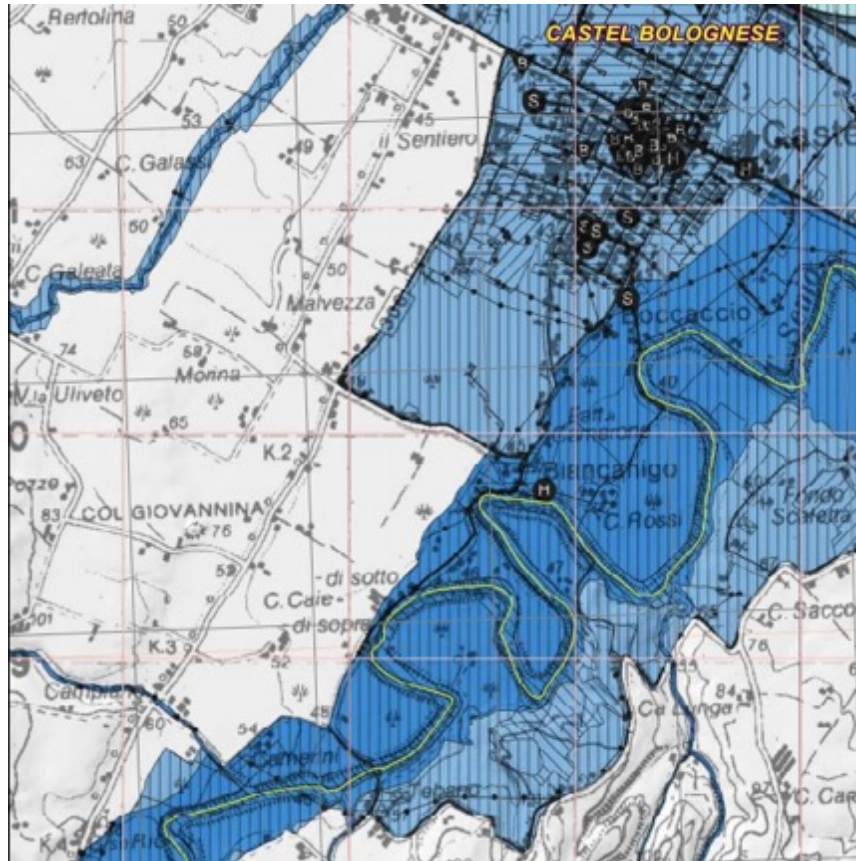


Figura 2-3: Mappa di pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti relativa al tratto d'interesse

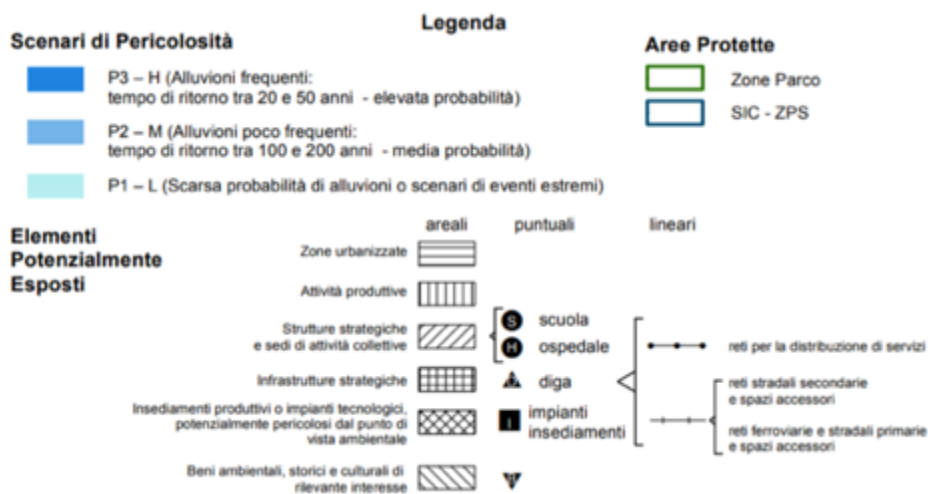


Figura 2-4: Legenda per la mappa di pericolosità del piano di gestione del rischio alluvioni

### 3 IDROLOGIA ED IDRAULICA

#### 3.1 Morfologia

Il torrente Senio nasce nell'Appennino tosco-romagnolo dal poggio dell'Altella, presso il monte Carzolano, in provincia di Firenze; percorsi pochi chilometri il fiume entra in provincia di Ravenna, riceve da sinistra il torrente Cestina e da destra il torrente Sintria, e sbocca in pianura nei pressi di Castel Bolognese. Dopo altri 40 km circa confluisce nel fiume Reno, a 6 km a nord-est di Alfonsine, fra Madonna del Bosco e Sant'Alberto. Complessivamente il Senio attraversa i comuni di Palazzuolo sul Senio, Casola Valsenio, Riolo Terme, Castel Bolognese, Solarolo, Lugo, Cotignola, Bagnacavallo, Fusignano e Alfonsine.

Il bacino del torrente Senio, chiuso alla confluenza in Reno, è di circa 270 km<sup>2</sup> con una lunghezza dell'asta principale di circa 92 km, di cui 27 arginati; l'altitudine media è di circa 425 m s.l.m.

L'affluente principale del Senio è il torrente Sintria che si immette in esso poco a valle di Riolo Terme e il cui bacino ha una superficie di circa 59 km<sup>2</sup> con un'altitudine media di circa 372 m s.l.m.

La portata media annuale transitante è di circa 10 m<sup>3</sup>/s alla foce, con minimi di 0,3 m<sup>3</sup>/s e massimi di oltre 500 m<sup>3</sup>/s.

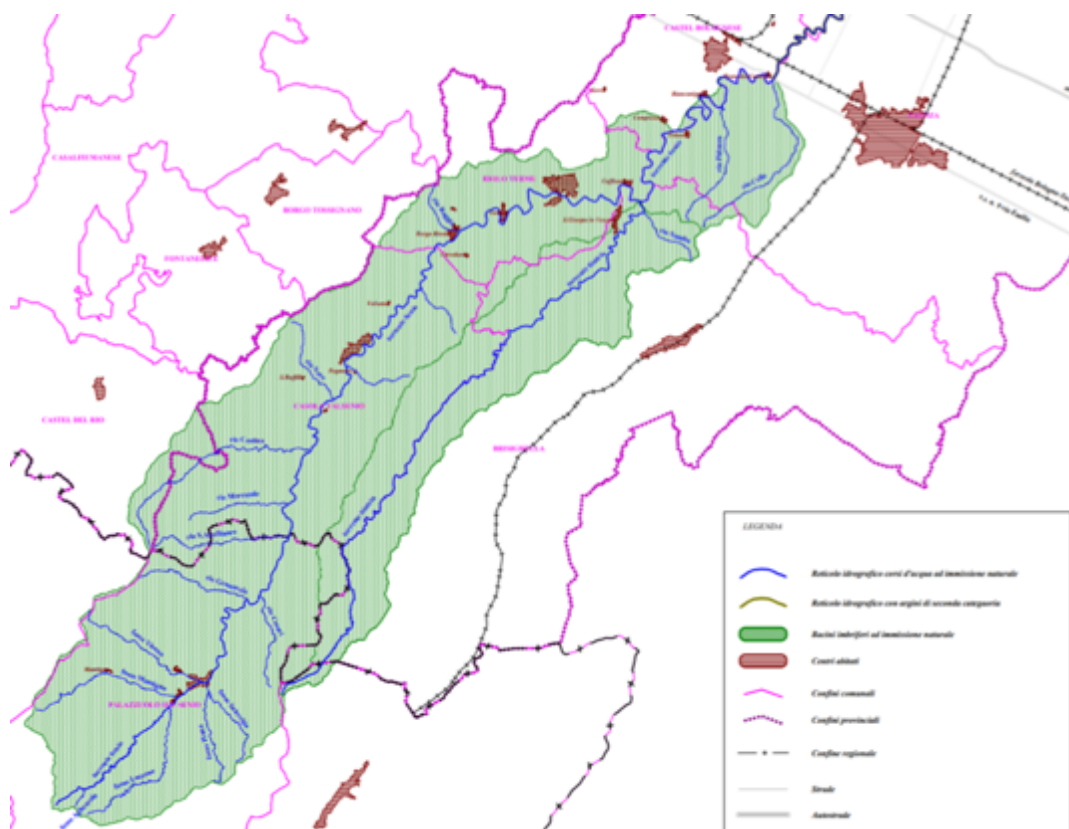


Figura 3-1: Schema del sistema idrografico del torrente Senio

### 3.2 Idrologia

Nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni, il modello utilizzato per gli studi idrologici è stato predisposto dalla ditta Progea ed è un'applicazione adattata del modello afflussi-deflussi fisicamente basato "Topkapi" sviluppato dalla medesima ditta Progea. Il modello ha permesso di generare, in ogni sezione della rete idrografica del bacino del Senio, onde di piena in funzione dei seguenti input:

- tempo di ritorno, durata, forma del pluviogramma ed estensione dell'evento di pioggia considerato;
- saturazione caratteristica del suolo ad inizio evento (uniforme o variabile), derivante da un precedente evento di assegnata entità.

Il bacino è stato morfologicamente descritto utilizzando un Modello Digitale del Terreno caratterizzato da celle aventi dimensione di 10 m successivamente aggregate in celle di 100 m di lato. Il tipo di suolo del bacino è stato descritto, mediante una mappa in formato raster con maglie di 100 m, sulla base di dati forniti

dalla Regione Emilia-Romagna. L'uso del suolo del bacino è stato descritto mediante una mappa in formato raster con maglie di 100 m costituita dall'unione di due mappe provenienti una dalla Regione Emilia-Romagna e l'altra proveniente dallo studio "Corine" dell'Unione Europea. Ad ogni tipo e classe d'uso del suolo sono stati associati i valori dei diversi parametri (conduttività, spessore suolo, scabrezza, ecc.) necessari per il funzionamento del modello; tali valori sono poi stati verificati e fissati definitivamente nella fase di calibrazione del modello.

La calibrazione del modello, cioè l'individuazione del valore da assegnare ai parametri descrittivi del bacino attraverso il confronto tra l'andamento delle portate rilevate a seguito di un dato evento di pioggia e quelle risultanti dal modello per lo stesso evento, ha presentato notevoli difficoltà dovute all'inaffidabilità delle portate osservate alla sezione di Castel Bolognese e per la mancanza di dati riguardanti la pioggia caduta nel bacino del Sinitria.

Perciò per ottenere la configurazione finale del modello sono stati adottati i seguenti criteri::

- utilizzo di parametri fisicamente significativi;
- riproduzione al meglio dei volumi in gioco;
- ottenimento di tempi di picco ragionevoli per le simulazioni di eventi di determinato tempo di ritorno.

Al fine di definire la saturazione iniziale e la forma del pluviogramma per la generazione delle onde di piena rispetto alle quali sviluppare le verifiche idrauliche, è stato adottato il criterio di non scostarsi eccessivamente dagli studi idrologici per la predisposizione del piano attualmente in vigore; perciò l'intensità di pioggia è stata posta costante e il grado di saturazione del terreno è stato considerato pari a 80% per gli eventi con tempo di ritorno di 5 e 50 anni e pari a 75% per gli eventi con tempo di ritorno di 200 anni.

### **3.3 Idrogrammi di piena e portate al colmo di piena**

Per valutare il regime idraulico sono stati adottati metodi differenti in funzione della disponibilità di dati, dell'approssimazione richiesta e del tipo di utilizzazione dei dati risultanti. Nella parte di pianura e pedecollinare del Senio è stato adottato il programma PAB8 di propagazione di piena monodimensionale che opera in condizioni di moto vario, mentre nell'asta a monte, dove non esistono sufficienti

rilievi topografici e non è richiesta un'elevata precisione per la prima fase di verifica, è stato utilizzato un metodo basato sull'individuazione del carico totale in condizioni critiche.

Le condizioni di calcolo adottate nella valutazione del regime idraulico del Senio, dall'immissione del Sintria alla confluenza in Reno, sono state:

- livello idrico del Reno alla confluenza del Senio pari a 5,5 m s.l.m.;
- portate in alveo, all'inizio dell'evento di pioggia, pari a 3 m<sup>3</sup>/s nel Senio e a 2 m<sup>3</sup>/s nel Sintria;
- reticolo idrografico indeformabile e libero da qualsiasi ostacolo al deflusso dell'onda di piena;
- coefficiente di Manning pari a 0,085 nella parte non arginata, mentre nella parte arginata pari a 0,055 per l'alveo inciso e 0,085 per le golene; a valle del ponte della "Chiusaccia" la scabrezza è stata considerata pari a 0,055;
- assenza di esondazioni laterali.

Le simulazioni degli eventi di pioggia con tempi di ritorno di 20, 50 e 200 anni, per ogni durata dell'evento piovoso di 12, 18 e 24 ore, per la sezione di chiusura riportata in Figura 3-2, forniscono i risultati riportati in Figura 3-3.



Figura 3-2: Sezione di chiusura (Obis) per il fiume Senio per la determinazione delle portate al colmo

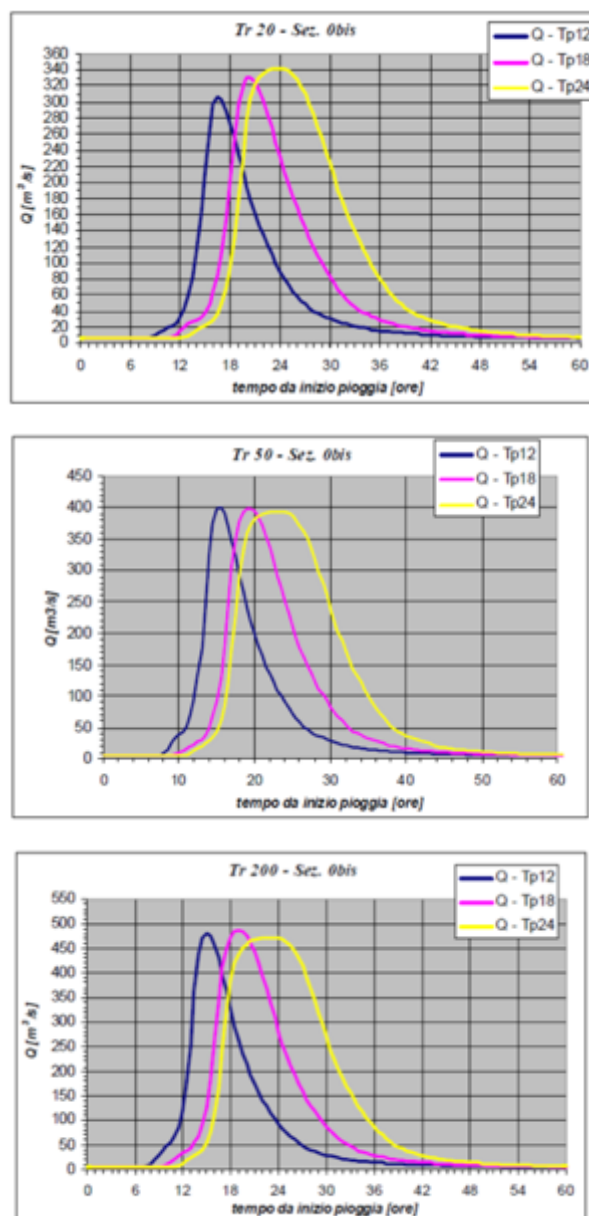


Figura 3-3: Idrogrammi relativi alla sezione di chiusura del bacino del Senio per i tempi di ritorno di 20, 50, 200 anni e le durate di pioggia di 12, 18 e 24 ore

Dall'analisi dei risultati risulta che gli eventi di pioggia sollecitano che maggiormente l'asta di pianura del Senio sono quelli con durata di 24 ore, tesi confermata dalle piene storiche, in particolare quella del dicembre 1992.

Le portate al colmo di piena, ottenute per i tempi di ritorno pari a 20, 50, 200 anni e durata di pioggia 24 h ottenute, relativamente alla sezione di chiusura, sono le seguenti:

---

---

Tempo di ritorno [anni]	20	50	200
Portata [m <sup>3</sup> /s]	343	394	473

### 3.4 Criticità principali del fiume Senio ed aree a rischio idraulico

La capacità di smaltimento, cioè il tempo di ritorno minimo degli eventi di pioggia che inducono un'onda di piena che causa gravi danni a persone o beni, relativa al sistema idrografico del torrente Senio nel suo complesso risulta essere pari a 20 anni.

L'elemento di maggior rilievo interno alle aree passibili di inondazione, o che comunque è risultato soggetto alle azioni delle onde di piena elaborate dal modello, nella zona di interesse, è il centro abitato di Biancanigo.