

AUTORITA' di BACINO del RENO

**Piano Stralcio
per l'Assetto Idrogeologico**

art. 1 c. 1 L. 03.08.98 n. 267 e s.m.i.

II - RISCHIO IDRAULICO E ASSETTO RETE IDROGRAFICA

II.4 - BACINO DEL TORRENTE SANTERNO

RELAZIONE

**Il Presidente
dell'Autorità di Bacino del Reno
*Prof. Marioluigi Bruschini***

**Il Progettista
*Ing. Gabriele Strampelli***

**Il Segretario Generale
dell'Autorità di Bacino del Reno
*Dott. Ferruccio Melloni***

Bologna, 6 dicembre 2002

Progettista del piano: Ing. Gabriele Strampelli

Agli studi ed alle analisi i cui risultati hanno costituito la base per l'elaborazione del piano hanno contribuito:

- per gli studi idrologici,
 - Ing. Gabriele Strampelli (*coordinatore*)
 - Ing. Greta Moretti
 - Ing. Rosa Vignoli (*ET&P s.r.l.*)

Supervisione scientifica del Prof. Ing. Ezio Todini

- per gli studi idraulici,
 - Ing. Gabriele Strampelli (*coordinatore*)
 - Ing. Stefania Ferrante
 - Ing. Greta Moretti
 - Ing. Carla Pasquali
 - Ing. Rosa Vignoli (*ET&P s.r.l.*)

Supervisione scientifica del Prof. Ing. Ezio Todini

- per la predisposizione di ipotesi progettuali relative agli interventi strutturali,
 - Ing. Gabriele Strampelli (*coordinatore*)
 - Geom. Enrico Cerioni
 - Ing. Stefania Ferrante
 - Ing. Carla Pasquali

Le elaborazioni grafiche e dei dati sono state curate dall'ing. *Carla Pasquali* e dai geometri. *Antonio Montanari* e *Rosaria Pizzonia*.

Regione Emilia-Romagna

Regione Toscana

Autorità di Bacino del Reno

**PIANO STRALCIO
PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO**

II – RISCHIO IDRAULICO E ASSETTO RETE IDROGRAFICA

II.4 BACINO DEL TORRENTE SANTERNO

RELAZIONE

Sommario

GENERALITÀ	1
LA METODOLOGIA ADOTTATA	2
LE PRESTAZIONI CONSIDERATE NEL PIANO	2
<i>Regime idraulico</i>	5
Portate e livelli.....	5
Aree passibili di inondazione.....	6
<i>Rischio idraulico</i>	8
I CONTENUTI DEL PIANO	11
LE NORME.....	11
<i>Aree soggette a norme</i>	14
Reticolo idrografico	14
Bacino imbrifero e suoi elementi componenti	15
Aree ad elevata probabilità di inondazione.....	16
Aree necessarie per la realizzazione degli interventi strutturali.	17
Fasce di pertinenza fluviale	19
IL PROGRAMMA DEGLI INTERVENTI STRUTTURALI.....	23
IL SISTEMA IDROGRAFICO OGGETTO DEL PIANO	26
LA RETE IDROGRAFICA E IL BACINO IMBRIFERO	27
Tab. B – Corsi d’acqua principali, secondari e minori.....	29
Tav.”A” – Schema sistema idrografico Santerno	31
LE CARATTERISTICHE IDROLOGICHE	32
Tav.”B” – Bacino imbrifero Santerno.....	35
Tabella dei sottobacini montani delle aste principali	39
LE CARATTERISTICHE IDRAULICHE.....	41
<i>Regime idraulico</i>	41
Regime idraulico nelle aste di monte.....	43
Regime idraulico nell’asta di pianura del Santerno	44
TAB. QL.1 – Tabella pericolosità dell’asta di pianura del Santerno.....	46
TAV. “SP” – Sezioni di riferimento dell’asta di pianura	51
<i>Aree passibili di inondazione</i>	52
Tavole “P” – Reticolo idrografico principale e secondario ed aree inondabili.....	53
IL RISCHIO IDRAULICO.....	62
Tab. ER.1 _ Elementi esposti alle azioni delle onde di piena	62
GLI INTERVENTI STRUTTURALI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO	65
Tav. “LI” – Interventi strutturali per la mitigazione del rischio idraulico	67
<i>Risezionamento dell’alveo e realizzazione di opere di difesa delle aree a rischio dei centri abitati</i>	68
Tab. IR – Interventi di risezionamento alveo	68
<i>Risezionamento dell’asta arginata</i>	69

<i>Cassa di espansione</i>	69
TAV. “ Ali.C ” - Aree di localizzazione delle casse d’espansione.....	71
Tab.IS - Quadro riassuntivo interventi strutturali	72

GENERALITÀ

Oggetto del presente piano è il sistema idrografico del torrente Santerno definito come l'insieme della rete idrografica, costituita dallo stesso torrente Santerno e dai corsi d'acqua che direttamente o indirettamente in esso affluiscono, del suo bacino imbrifero e delle aree idraulicamente o funzionalmente connesse con la rete idrografica medesima.

Gli **obiettivi generali del piano** sono:

- la riduzione del rischio idraulico ed idrogeologico;
- il risanamento delle acque superficiali e la riqualificazione ambientale dei territori limitrofi al reticolo idrografico principale;
- il risparmio, il riutilizzo, il riciclo e la razionale utilizzazione delle risorse idriche superficiali, garantendo la presenza del minimo deflusso costante vitale nel reticolo idrografico principale.

Il **piano per l'assetto della rete idrografica** definisce gli obiettivi specifici e le azioni finalizzate al loro raggiungimento per ciò che concerne il rischio idraulico.

Il piano per l'assetto della rete idrografica persegue inoltre gli obiettivi specifici relativi all'assetto idrogeologico ed alla qualità e all'uso delle acque, definiti dai rispettivi piani di settore, soltanto mediante le azioni riguardanti specificamente il reticolo idrografico e le aree idraulicamente o funzionalmente connesse.

Per quanto riguarda il **rischio idraulico**, il presente piano sostanzialmente prevede:

- di garantire da subito il non incremento del rischio idraulico;
- di mitigare il rischio idraulico, in tempi brevi e medi, fino al punto in cui è possibile arrivare senza alterare sostanzialmente gli assetti territoriali ed urbanistici attualmente esistenti e garantendo comunque l'assenza di rischi rilevanti a livello di bacino;
- l'inizio di un processo finalizzato a determinare le condizioni necessarie per raggiungere, in tempi ora indefinibili, un livello di rischio idraulico "socialmente accettabile" su tutto il territorio del bacino del Reno.

I contenuti sostanziali del presente piano, che rappresentano gli strumenti mediante i quali vengono perseguiti gli obiettivi precedentemente indicati, sono:

- le **norme** relative all'uso del suolo ed alla gestione idraulica del sistema integrate con l'Allegato A, in cui sono riportate le metodologie da adottare ed i dati di riferimento per la delimitazione delle aree passibili di inondazione e/o esposte alle azioni erosive dei corsi d'acqua;
- il **programma degli interventi strutturali** integrato con gli indirizzi ed i criteri progettuali per la loro realizzazione.

LA METODOLOGIA ADOTTATA

L'**approccio metodologico** all'elaborazione del piano può essere definito *esigenziale-prestazionale*.

Esigenziale in quanto l'individuazione globale delle esigenze da soddisfare viene posta come punto di partenza dell'attività di pianificazione ed il loro grado di soddisfacimento costituisce il parametro principale per la valutazione della "qualità" del sistema idrografico oggetto del piano.

Prestazionale nel senso che la descrizione dei risultati da raggiungere è basata sulla definizione di come debba funzionare il sistema idrografico considerato e non sulla sua configurazione oggettuale.

LE PRESTAZIONI CONSIDERATE NEL PIANO

Un qualsiasi sistema idrografico sottoposto a determinate azioni "reagirà", a seconda delle sue caratteristiche funzionali, in un determinato modo: si stabilirà un certo regime idraulico, si produrranno certi effetti sul territorio e sul sistema idrografico stesso, ecc..

L'insieme delle "risposte" di un sistema idrografico a determinate "sollecitazioni" (quali ad esempio determinati eventi di pioggia o l'immissione nei corsi d'acqua di elementi inquinanti) costituisce l'insieme delle prestazioni caratterizzanti funzionalmente il sistema stesso. Tale insieme di prestazioni può essere quindi anche visto come lo strumento per

“misurare” in modo certo ed oggettivo la capacità di un sistema idrografico di rispondere idoneamente a specifiche esigenze. Ne consegue che ogni prestazione dovrà essere espressa mediante uno o più parametri fisici misurabili: il valore che tali parametri assumeranno costituirà il livello della prestazione considerata. Tale valore non avrebbe però alcun significato se non venisse codificato il metodo con il quale esso viene ricavato. E’ opportuno sottolineare a tal proposito che cambiando il metodo di misura dei parametri mediante i quali viene espressa una determinata prestazione cambia anche il significato della prestazione stessa. Per tali motivi ogni prestazione dovrà pertanto essere espressa mediante la definizione:

- delle esigenze che la prestazione in oggetto può soddisfare o contribuire a soddisfare;
- dei parametri fisici che rappresentano la prestazione;
- dei metodi di verifica, cioè di misura, dei parametri suddetti.

La misura delle prestazioni di un sistema idrografico è forse la questione più difficile da affrontare in questo campo.

La difficoltà nasce dal fatto che in molti casi è da escludere una misura diretta di tutte quelle prestazioni che, come si vedrà meglio in seguito, sono riferite ad eventi estremi. E’ evidente infatti come non si possa attendere che si verifichino tali eventi per individuare il funzionamento di un dato sistema.

In tali casi sarà pertanto necessario ricorrere a procedure di calcolo atte a prevedere le risposte del sistema idrografico a determinate sollecitazioni. Anche in questo caso però le difficoltà non mancano. Infatti, pur ammettendo di disporre di idonei metodi standardizzati di calcolo, risulta estremamente difficile reperire la rilevante mole di dati necessari per applicare tali metodi (basti pensare alle difficoltà, in termini di risorse finanziarie necessarie, nel descrivere anche solo morfologicamente un dato sistema idrografico).

Tali problematiche sono superabili prevedendo prestazioni (e conseguentemente metodi di misura) capaci di descrivere funzionalmente un sistema idrografico a diversi livelli di approssimazione congruamente con le finalità degli studi. In tal modo sarà anche possibile approfondire le analisi soltanto dove risulta necessario.

Le prestazioni possono riguardare sia un sistema idrografico nel suo complesso (ed ovviamente i sub-sistemi in cui esso può essere suddiviso), sia i suoi elementi componenti, e possono quindi essere classificate in:

- *prestazioni di sistema*, quando finalizzate a caratterizzare il sistema nella sua globalità o quando, pur riguardando una specifica parte componente del sistema, per la loro misura richiedono in ogni caso anche la misura di grandezze relative a parti del sistema diverse dal componente esaminato;
- *prestazioni relative ai componenti*, quando riguardano i singoli elementi del sistema e la loro misura richiede soltanto l'individuazione di caratteristiche del componente considerato.

Le principali prestazioni considerate nell'elaborazione del presente piano, riguardanti le questioni *idrauliche*, sono:

- il *regime idraulico* nelle fasi di piena, tendente a rappresentare il “funzionamento” del sistema (portate, livelli ed aree passibili di inondazione) a seguito di determinati eventi di pioggia;
- il *rischio idraulico*;
- la *capacità di deflusso* delle aste costituenti la rete idrografica, definita come *il tempo di ritorno minimo dell'insieme degli eventi di pioggia che inducono un'onda di piena tale da causare il superamento di livelli ritenuti massimi ammissibili¹, supponendo indeformabile la rete idrografica del sistema in esame*”, tendente a rappresentare la “pericolosità” di una determinata parte della rete idrografica.

¹ I livelli massimi ammissibili definiscono in sostanza l'alveo all'interno del quale possono defluire con sicurezza le portate di piena.

REGIME IDRAULICO

Il regime idraulico nelle fasi di piena, determinato in funzione di eventi di pioggia caratterizzati da definiti tempi di ritorno, è rappresentato mediante:

- *l'andamento delle portate e dei livelli idrici;*
- *le aree passibili di inondazione.*

La conoscenza delle prestazioni che rappresentano in prima approssimazione il regime idraulico in una data rete idrografica è finalizzata essenzialmente:

- all'individuazione delle azioni e degli effetti delle correnti di piena sulla rete idrografica e sul territorio circostante;
- all'individuazione dei principali fattori dai quali dipende il funzionamento idraulico del sistema considerato;
- alla valutazione del rischio idraulico;
- all'individuazione dei possibili interventi per raggiungere le prestazioni richieste.

PORTATE E LIVELLI

L'individuazione dell'andamento delle portate e dei livelli nei diversi tronchi componenti un dato reticolo idrografico è basata sull'uso di modelli "afflussi-deflussi", mediante i quali si passa dagli eventi di pioggia alle portate immesse nel reticolo, e di modelli di "propagazione dell'onda di piena", mediante i quali si individuano le portate ed i livelli nei diversi tronchi.

Senza entrare nel merito dei modelli che è possibile usare, si elencano le principali fasi necessarie ad un corretto uso dei medesimi:

- schematizzazione del sistema oggetto di studio;
- calibrazione del modello di calcolo;
- definizione dei dati di "input", cioè degli eventi di pioggia con cui sollecitare il sistema;
- simulazione, mediante l'uso dei modelli di calcolo adottati, della risposta del sistema ad eventi di pioggia con determinati tempi di ritorno.

La rete idrografica oggetto di studio deve essere sostanzialmente schematizzata, per rendere possibile l'effettuazione delle simulazioni, come costituita da un insieme di tronchi elementari all'interno dei quali le caratteristiche morfologiche ed idrauliche non variano. Da

tale fatto deriva un'approssimazione nella schematizzazione della rete idrografica² che pone limiti oggettivi ad ogni pretesa di ottenere risultati “più precisi” pur utilizzando programmi di calcolo automatico estremamente sofisticati.

In linea generale, infatti, si può affermare che il grado di approssimazione nella simulazione di eventi di piena dipende nella maggior parte dei casi quasi esclusivamente dalla precisione con cui vengono descritti i sistemi e non dalla “potenza” dei programmi; fortemente penalizzata risulta, in proposito, la fase di calibrazione del modello di calcolo, a causa della scarsità di dati inerenti il bacino in studio (caratteristiche pedologiche ed uso del suolo, evapotraspirato, ecc.), e gli eventi di piena storici verificatisi (eventi di pioggia, portate, livelli, stato dei corsi d'acqua, ecc.).

Per la definizione dei dati riguardanti gli eventi di pioggia con cui sollecitare il sistema oggetto di studio, si evidenzia che, una volta stabilita la quantità di pioggia totale in funzione del tempo di ritorno³, si considera l'intensità di pioggia uniforme per tutta la durata dell'evento e con tempi di inizio e di fine uguali per tutto il bacino imbrifero. Tali fatti implicano che, a parità di tempo di ritorno, possono esistere in realtà eventi di pioggia notevolmente diversi da quello di riferimento.

AREE PASSIBILI DI INONDAZIONE

E' opportuno evidenziare che i dati attualmente disponibili relativi alla morfologia del terreno e del reticolo idrografico rendono estremamente difficile la simulazione del comportamento delle masse d'acqua durante un evento di piena nei casi in cui vengano superati i livelli massimi ammissibili. Questa difficoltà è maggiormente grave nelle zone di pianura dove le aree inondate a seguito di un'esonazione, data anche la presenza della rete dei canali di scolo, possono essere notevolmente distanti dal luogo dell'esonazione stessa.

² L'imprecisione nella descrizione di un tronco della rete idrografica è nella maggior parte dei casi dovuta a:

- notevole irregolarità del tronco in esame, non adeguatamente descrivibile mediante un'unica sezione;
- rilievo della sezione coincidente con un “punto particolare” del tronco considerato;
- non perpendicolarità della sezione in esame rispetto al corso d'acqua.

³ Esistono diversi modelli che forniscono in funzione del tempo di durata dell'evento di pioggia e della sua probabilità di accadimento (tempo di ritorno), la quantità totale (espressa in millimetri per unità di superficie) caduta durante l'evento stesso.

Il livello di approssimazione adottato nella delimitazione delle aree inondabili è stato definito in funzione delle finalità di tale delimitazione all'interno del processo di elaborazione del piano stralcio. Una maggiore precisione nell'individuazione delle aree inondabili risulterebbe, oltre che improponibile in termini di costi e di tempi, anche inutile in quanto le domande alle quali è necessario dare una risposta sono:

- *“quali sono gli interventi strutturali per realizzare una rete idrografica all'interno del quale confinare sicuramente le azioni delle onde di piena congruentemente con l'attuale assetto dell'uso del suolo?”*;
- *“quali sono le situazioni a rischio elevato rispetto alle quali è necessario intervenire prioritariamente?”*;
- *“quali sono le zone in cui si è più sicuri che le onde di piena esercitino le proprie azioni e per le quali è necessario, fino alla loro eventuale messa in sicurezza, garantire il non incremento del rischio idraulico mediante la limitazione ai livelli attuali del valore degli elementi esposti a rischio e della loro vulnerabilità?”*.

L'obiettivo principale che il piano si pone in questo campo è infatti quello di ridurre il rischio idraulico (e non di “stabilizzarlo”) mediante la riduzione della pericolosità del sistema: il non incremento del rischio idraulico, evitando l'aumento del valore degli elementi esposti a rischio e della loro vulnerabilità, risulta in tal senso essere un obiettivo “secondario” la cui validità è limitata nel tempo almeno per quei casi in cui può essere ridotta la pericolosità del sistema mediante interventi strutturali.

Tra le aree passibili di inondazione, assumono particolare significato quelle inondabili per eventi con tempi di ritorno di 5 anni e inferiori od uguali a 50 anni. Tali aree costituiscono infatti la base per l'individuazione:

- del reticolo idrografico visto come il contenitore delle portate che “normalmente” transitano o che possono transitare in un dato corso d'acqua;
- del rischio idraulico con particolare riferimento alle situazioni di rischio elevato.

RISCHIO IDRAULICO

Il rischio idraulico (R), per ciò che concerne i danni dovuti all'inondazione di una data area, può essere definito mediante la seguente espressione: $R = P \bullet W \bullet V$ dove:

- P (pericolosità) è la probabilità di accadimento del fenomeno d'inondazione caratterizzata da una data *intensità* (quota raggiunta dall'acqua, tempi di inondazione, tempi di permanenza dell'acqua, ecc.);
- W (valore degli elementi a rischio) è il parametro che definisce quantitativamente, in modi diversi a seconda della tipologia del danno presa in considerazione, gli elementi presenti all'interno dell'area inondata;
- V (vulnerabilità) è la percentuale prevista di perdita degli elementi esposti al rischio per il verificarsi dell'evento critico considerato.

E' facilmente dimostrabile (basti pensare anche solo alla mole di dati necessari) che non è oggi praticamente possibile, nell'ambito della elaborazione dei piani di bacino, valutare il rischio idraulico nei termini sopra indicati. E' risultato pertanto necessario procedere ad una drastica semplificazione nella valutazione del rischio idraulico.

Le semplificazioni adottate, anche se non permettono l'individuazione del rischio come esattamente definito, consentono comunque di acquisire le conoscenze necessarie per procedere alla predisposizione dei piani dove la valutazione del rischio è finalizzata all'individuazione degli interventi strutturali necessari per la mitigazione del rischio stesso e della loro priorità di realizzazione.

Nella valutazione del rischio idraulico, i fattori da prendere in considerazione, oltre alla "pericolosità" della rete idrografica, sono il valore degli elementi esposti a rischio e della loro vulnerabilità il cui prodotto costituisce il "danno atteso". Il danno atteso è stato qualitativamente articolato in tre categorie in funzione anche della tipologia del danno:

- danno moderato, dove sono assenti o non apprezzabili i danni all'incolumità delle persone e dove i danni economici o ambientali non sono gravi;
- danno medio, dove sono moderati i danni all'incolumità delle persone e i danni economici o ambientali non sono gravi;

- danno grave, quando sono gravi i danni all'incolumità delle persone o quelli economici e ambientali.

Per quanto riguarda l'individuazione del danno atteso riferito alle aree passibili di inondazione, si è proceduto prendendo in considerazione gli aggregati di fabbricati ed edifici, visti anche come contenitori di possibili attività e beni, valutando complessivamente la loro vulnerabilità rispetto all'intensità dei fenomeni di inondazione che, in prima approssimazione, è stata articolata in due classi (corsi d'acqua arginati o non arginati).

In funzione della categoria del danno e della probabilità che esso si verifichi e congruentemente con le finalità dei piani di bacino, il rischio idraulico è stato articolato, sulla base di criteri prevalentemente qualitativi, in cinque categorie:

- rischio *irrilevante* a livello di bacino (**R0**) che rappresenta la situazione da raggiungere mediante gli interventi strutturali previsti;
- rischio *moderato* (**R1**), dove il danno atteso (prodotto del valore degli elementi esposti a rischio per la loro vulnerabilità) non comprende mai gravi danni all'incolumità delle persone, economici e ambientali;
- rischio *medio* (**R2**), dove il danno atteso grave è previsto solo in riferimento ad aree a moderata probabilità d'inondazione;
- rischio *elevato* (**R3**), dove il danno atteso comprende anche danni gravi, riferiti solo ad aree inondabili per eventi con tempi di ritorno di 50 anni;
- rischio *molto elevato* (**R4**), dove il danno atteso è sempre grave e solo in riferimento ad aree inondabili per eventi con tempi di ritorno inferiori od uguali a 30 anni

A livello di sistema idrografico, il rischio idraulico è rappresentato dalla prestazione "capacità di smaltimento", definita come "*il tempo di ritorno minimo⁴ dell'insieme degli eventi di pioggia che inducono un'onda di piena tale da causare gravi danni a persone o beni, supponendo indeformabile la rete idrografica del sistema in esame*". Tale prestazione risulta utile anche come parametro in base al quale individuare le priorità d'intervento rispetto ai bacini in cui è stato suddiviso, nella predisposizione dei piani stralcio, il bacino del Reno.

⁴ Il tempo di ritorno T è definito come la durata media, in anni, del periodo in cui il valore X_T della variabile idrologica (portata al colmo di piena nella sezione di progetto, altezza di pioggia o altro) viene superato una sola volta; la probabilità annuale che esso si verifichi è l'inverso del tempo di ritorno.

L'insieme delle attività svolte per la valutazione del rischio idraulico può essere così schematizzato:

- individuazione delle aree passibili di inondazione per eventi con tempi di ritorno di 50 e 200 anni;
- individuazione degli elementi esposti a rischio e stima del danno atteso considerando anche i possibili effetti di esondazioni laterali quando i volumi esondati non rientrano in alveo;
- verifica della perimetrazione delle aree passibili di inondazione per eventi con tempi di ritorno di 50 anni nelle situazioni di danno atteso grave;
- individuazione delle aree passibili di inondazione per eventi con tempi di ritorno di 30 anni nei casi di danno atteso grave;
- valutazione del rischio idraulico con particolare riferimento a quelle situazioni di possibile rischio elevato e molto elevato;
- valutazione del rischio idraulico a livello di sistema idrografico (capacità di smaltimento) mediante l'individuazione dell'evento con tempo di ritorno minimo che determina una situazione di rischio elevato o molto elevato.

Per quanto riguarda la valutazione del valore degli elementi esposti al rischio, sono stati presi in considerazione solo quelli rispetto ai quali possono verificarsi danni particolarmente gravi in termini di incolumità delle persone, ambientali ed economici.

In tal senso sono stati considerati soltanto i centri, i nuclei abitati e gli insediamenti industriali contenuti nelle aree ad alta probabilità di inondazione⁵. Tale valutazione “semplificata” del rischio ha comunque permesso l'individuazione delle situazioni di rischio “rilevante” (da medio a molto elevato) rispetto ai quali sono stati programmati gli interventi strutturali. Ciò non significa però che non vi possono essere manufatti edilizi, anche isolati, che costituiscono un fattore di rischio non trascurabile. Tali elementi esposti a rischio saranno individuati, unitamente agli interventi strutturali per metterli in sicurezza, nelle successive fasi di attuazione del piano, anche su segnalazione di enti o privati interessati.

⁵ Aree passibili di inondazione per eventi con tempi di ritorno inferiori od uguali a 50 anni

I CONTENUTI DEL PIANO

LE NORME

Le finalità specifiche delle norme contenute nel presente piano sono:

- la limitazione del valore degli elementi esposti a rischio idraulico e della loro vulnerabilità;
- la limitazione delle variazioni delle caratteristiche idrologiche del bacino imbrifero che portino ad un incremento degli apporti d'acqua negli eventi di piena;
- la disponibilità delle aree per la realizzazione degli interventi strutturali programmati;
- la disponibilità delle aree per la realizzazione degli interventi necessari a ridurre l'artificialità del corso d'acqua, a recuperare la funzione di corridoio ecologico, alla valorizzazione ambientale delle aree fluviali e a far defluire con sicurezza le portate relative anche ad eventi estremi;
- la limitazione delle attività antropiche che costituiscono fattori di rischio per ciò che concerne l'inquinamento delle acque e la stabilità dei versanti relativamente al reticolo idrografico ed alle aree idraulicamente o funzionalmente connesse;
- la regolamentazione delle attività estrattive;
- il controllo ed il mantenimento delle prestazioni complessive della rete idrografica.

Le tipologie delle aree alle quali sono riferite le norme che pongono limitazioni all'uso del suolo ed allo svolgimento di attività antropiche sono:

- il "reticolo idrografico";
- il bacino imbrifero del sistema ed i suoi elementi componenti;
- le aree ad alta probabilità di inondazione;
- le aree costituenti la "fascia di pertinenza fluviale";
- le aree necessarie per la realizzazione degli interventi strutturali.

Nello schema di seguito riportato sono evidenziate le finalità specifiche dei vincoli normativi per ognuno delle tipologie delle aree prima indicate.

FINALITÀ PRESCRIZIONI NORMATIVE	AREE soggette a prescrizioni				
	Reticolo idrografico	Bacino imbrifero di pianura e pedecollinare	Aree ad alta probabilità di inondazione	Fascia di Pertinenza Fluviale	Aree per interventi strutturali puntuali
Limitazione elementi esposti a rischio idraulico e loro vulnerabilità					
Disponibilità aree per interventi strutturali programmati					
Disponibilità aree per interventi di riduzione artificialità sistema					
Disponibilità aree per interventi di riqualificazione ambientale					
Limitazione fattori idrologici di incremento apporti					
Limitazione fattori di pericolo di inquinamento					
Limitazione fattori di pericolo di instabilità versanti					

E' sulla base delle finalità delle limitazioni normative relative all'uso del suolo ed allo svolgimento di attività antropiche che sono state delimitate le aree da regolamentare.

I principali tipi di vincolo relativi all'uso del suolo ed allo svolgimento delle attività antropiche sostanzialmente consistono:

- nel limitare la realizzazione di nuovi fabbricati e di nuove opere infrastrutturali;
- nella limitazione di opere su fabbricati esistenti o di variazione delle loro destinazione d'uso che incrementino sensibilmente il rischio idraulico esistente;
- nel subordinare l'urbanizzazione alla realizzazione di interventi "compensativi" finalizzati alla riduzione degli effetti negativi dell'urbanizzazione medesima sugli apporti d'acqua alla rete idrografica;

- nel limitare e regolamentare lo svolgimento di nuove e specifiche attività antropiche in particolare modo per quanto concerne le attività agricole.

I suddetti vincoli tendono in sostanza ad evitare un peggioramento della situazione attualmente esistente. Un miglioramento di tale situazione è affidato invece a norme che tendono ad indurre negli Enti Pubblici un comportamento finalizzato a promuovere (anche mediante incentivi, agevolazioni, ecc.) azioni idonee ad ottenere tale miglioramento.

Le relazioni tra i principali tipi di vincoli ed azioni e le tipologie di aree alle quali essi fanno riferimento sono sinteticamente esplicitate nel seguente schema.

TIPO PRESCRIZIONI NORMATIVE E AZIONI	AREE soggette a prescrizioni				
	Reticolo idrografico	Bacino imbrifero di pianura e pedecollinare	Aree ad alta probabilità di inondazione	Fascia di Pertinenza Fluviale	Aree per interventi strutturali puntuali
Limitazione nuovi fabbricati e opere infrastrutturali					
Limitazione delle opere su fabbricati esistenti e dei cambi d'uso					
Subordinazione di nuove urbanizzazioni a interventi "compensativi"					
Limitazione nuove attività agricole o loro trasformazioni					
Promozione rilocalizzazione fabbricati esistenti					

Dato che le aree soggette a vincolo possono mutare anche a seguito della realizzazione di interventi strutturali, è stato ritenuto opportuno prevedere la non efficacia dei vincoli nei casi in cui si dimostri che le condizioni delle aree sono cambiate in modo tale da rendere inutili i vincoli ai quali esse sono sottoposte.

Le norme finalizzate al controllo delle prestazioni complessive e della gestione del sistema tendono:

- a garantire lo sviluppo, da parte dei consorzi di bonifica competenti, di studi per la valutazione dei rischi idraulici connessi con la propria rete di smaltimento delle acque meteoriche;

- a garantire l'acquisizione da parte dell'Autorità di Bacino del Reno dei dati conoscitivi relativi alla rete idrografica, alle opere idrauliche e ogni loro trasformazione;
- a regolamentare la realizzazione di opere idrauliche e l'esecuzione delle manovre idrauliche.

AREE SOGGETTE A NORME

RETICOLO IDROGRAFICO

Il reticolo idrografico è costituito dall'insieme degli alvei attivi dei corsi d'acqua facenti parte di un dato sistema idrografico. L'alveo attivo di un corso d'acqua è definito come l'insieme degli spazi normalmente occupati, con riferimento ad eventi di pioggia con tempi di ritorno di 5 anni, da masse d'acqua in quiete od in movimento, delle superfici che li delimitano, del volume di terreno che circonda tali spazi e che interagisce meccanicamente od idraulicamente con le masse d'acqua contenute in essi e di ogni elemento che partecipa alla determinazione del regime idraulico delle masse d'acqua medesime.

Da tale definizione si può evincere che il reticolo idrografico è stato concepito come il contenitore delle portate che "normalmente" transitano o possono transitare nei corsi d'acqua ed è stato pertanto ritenuto necessario salvaguardarlo, mediante le norme più restrittive, per non incrementare in modo rilevante sia l'artificialità dei sistemi idrografici, sia il rischio idraulico in quanto ogni attività antropica che viene svolta, anche transitoriamente, al suo interno è fonte di rischio elevato. E' inoltre evidente come ogni opera che trasformi il reticolo idrografico debba essere finalizzata soltanto al raggiungimento e mantenimento di definite prestazioni del reticolo stesso: esso è stato considerato anche come sede di interventi strutturali e sono state ritenute ammissibili al suo interno soltanto le attività di gestione e manutenzione e quelle estrattive quando queste si configurano come parte integrante di interventi strutturali per un determinato funzionamento idraulico dei corsi d'acqua.

La perimetrazione del reticolo idrografico è stata effettuata, individuando le aree inondabili a seguito, ovviamente, di eventi con tempi di ritorno di 5 anni, mediante studi idraulici ed analisi morfologiche. Come riferimento generale, è stata comunque fissata una

dimensione planimetrica minima variabile in funzione della classificazione dei corsi d'acqua che lo costituiscono.

BACINO IMBRIFERO E SUOI ELEMENTI COMPONENTI

Il *bacino imbrifero* è definito (L.183) come *il territorio dal quale le acque pluviali o di fusione delle nevi si raccolgono in un determinato reticolo idrografico*.

Le principali finalità delle prescrizioni relative al bacino imbrifero riguardano la limitazione delle variazioni delle caratteristiche del bacino che inducono un incremento degli apporti d'acqua.

Il bacino imbrifero è stato quindi suddiviso in due parti sulla base del tipo degli usi del suolo che maggiormente incidono sulle caratteristiche idrologiche ed idrogeologiche del bacino stesso:

- la parte di “pianura” dove l’attività di “urbanizzazione” del territorio e le tecniche adottate in agricoltura possono modificare in modo non irrilevante la quantità degli apporti d’acqua al reticolo idrografico;
- la parte “montana” dove per “apprezzare” le differenze, per quanto riguarda le portate indotte da eventi estremi, tra diversi usi del suolo è necessario che le diversità d’uso riguardino ampie estensioni di territorio in termini percentuali rispetto alla superficie complessiva del bacino e dove quindi le attività antropiche possono incidere solo marginalmente sui valori degli apporti d’acqua⁶.

Le norme tendono pertanto a limitare gli effetti negativi delle trasformazioni dell’uso dei suoli soltanto nella parte di pianura e sostanzialmente prevedono:

- l’obbligo, nelle zone di espansione urbana, di realizzare sistemi di raccolta delle acque piovane per un volume complessivo di almeno 500 m³ per ogni ettaro di superficie territoriale;
- l’adozione, nei terreni ad uso agricolo, di nuovi sistemi di drenaggio che riducano sensibilmente il volume specifico d’invaso, è subordinata all’attuazione di interventi

⁶ Nell’ambito degli studi idrologici sono stati valutati gli effetti dei diversi usi del territorio sulla formazione delle onde di piena mediante un idoneo modello “afflussi-deflussi”. Gli studi effettuati hanno dimostrato che, almeno per gli eventi estremi presi in considerazione nel presente piano, i diversi usi del suolo inducono differenze nelle onde di piena che rientrano sostanzialmente nei margini di approssimazione dei modelli stessi.

compensativi consistenti nella realizzazione di un volume d'invaso pari almeno a 100 m³ per ogni ettaro di terreno drenato con tali sistemi.

AREE AD ELEVATA PROBABILITÀ DI INONDAZIONE

Le aree ad elevata probabilità di inondazione sono le aree passibili di inondazione in riferimento ad eventi di pioggia con tempi di ritorno inferiori od uguali a 50 anni.

E' necessario sottolineare che la perimetrazione delle aree in oggetto è da ritenere valida solo se correlata con le norme contenute nel presente piano.

Le aree ad elevata probabilità di inondazione sono le uniche aree, oltre ovviamente a quelle facenti parte del reticolo idrografico, soggette a prescrizioni normative per il solo fatto che risultano passibili di inondazione. I motivi di tale scelta sono sostanzialmente tre:

- le prescrizioni relative alle aree passibili di inondazione, tendendo a garantire il non aumento del valore degli elementi esposti a rischio, pongono vincoli abbastanza “forti” anche per ciò che concerne l’edilizia esistente; si è quindi ritenuto opportuno limitare tali vincoli soltanto nelle zone dove il rischio può diventare elevato; tali zone, consistono, per definizione, nelle aree con probabilità di inondazione elevata;
- la difficoltà di delimitare le aree passibili di inondazione aumenta in modo esponenziale, almeno nella pianura, in funzione dell’entità dei volumi d’acqua esondati a causa della mancanza di idonei dati conoscitivi della morfologia dei corsi d’acqua e del territorio circostante; l’individuazione delle aree passibili di inondazione già per eventi con tempi di ritorno di 30/50 anni pone rilevanti problemi, i quali, nel caso di eventi con tempi di ritorno superiori, divengono insormontabili nella maggior parte dei casi; si è pertanto ritenuto opportuno, dato anche il carattere “prestazionale” del presente piano, non porre sostanziali vincoli normativi in quei casi in cui non è possibile individuare gli attuali livelli delle prestazioni idrauliche in modo attendibile;
- la limitazione degli elementi esposti a rischio e della loro vulnerabilità mediante norme che pongono vincoli alla nuova edificazione (in riferimento ad eventi con tempi di ritorno superiori ai 50 anni) è stata prevista, nell’ambito del presente piano, per aree all’interno delle quali possono essere confinate le portate relative ad eventi con tempi di ritorno fino a 200 anni (fascia di pertinenza fluviale) e che rendono quindi inutile porre il medesimo vincolo alle aree passibili di inondazione con riferimento ai suddetti eventi estremi in

quanto queste ne costituiscono, anche a seguito dagli interventi strutturali previsti, un sottoinsieme.

Le norme relative alle aree ad alta probabilità di inondazione tendono ad impedire la nuova edificazione e la realizzazione di nuove infrastrutture e a limitare le opere sui fabbricati edilizi esistenti fino a quando l'eventuale realizzazione di interventi strutturali non metterà in sicurezza tali aree per eventi con tempi di ritorno di almeno 50 anni. Tali norme sostanzialmente prevedono:

- può essere consentita la realizzazione di nuovi fabbricati e di nuove infrastrutture solo nei casi in cui la loro realizzazione non incrementi sensibilmente il rischio idraulico rispetto al rischio esistente;
- sui fabbricati esistenti non possono essere consentiti ampliamenti, opere o variazioni di destinazione d'uso che incrementino sensibilmente il rischio idraulico rispetto al rischio esistente ad esclusione dei casi in cui le opere siano imposte dalle normative vigenti, i fabbricati siano tutelati dalle normative vigenti, le trasformazioni dei manufatti edilizi siano definite dalle amministrazioni comunali a "rilevante utilità sociale" espressamente dichiarata o le opere da eseguire siano di manutenzione.

AREE NECESSARIE PER LA REALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI STRUTTURALI.

Le aree in oggetto sono quelle relative alla realizzazione di interventi "puntuali" come, ad esempio, le casse di espansione. Le aree per la realizzazione degli interventi "lineari" sono state invece comprese nella "fascia di pertinenza fluviale", come le sistemazioni dell'alveo nelle aste non arginate, o nel "reticolo idrografico", come i risezionamenti dell'alveo nelle aste arginate.

Le aree necessarie per gli interventi puntuali sono dimensionate ed individuate tenendo anche conto che, in sede di sviluppo della progettazione, potrebbe risultare più opportuno seguire ipotesi almeno parzialmente diverse da quelle ritenute migliori, in termini di efficacia ed efficienza, nel momento della predisposizione del presente piano. Anche per questo motivo, essendo necessario in alcuni casi "sovradimensionare" le aree da salvaguardare, si è ritenuto opportuno articolare il sistema delle prescrizioni normative secondo tre livelli, definiti in relazione alle finalità degli interventi stessi e/o al grado di approfondimento delle attività di studio che hanno portato alla loro individuazione:

- “aree di potenziale localizzazione degli interventi”, se individuate per la realizzazione di interventi previsti al fine di ridurre il rischio idraulico connesso con eventi con tempi di ritorno superiori a 200 anni e/o per interventi di cui si ritiene opportuno cercare di garantirne l’eventuale realizzazione anche se non sono inseriti nel programma degli interventi del presente piano; rientrano inoltre in questa categoria quelle aree che potrebbero risultare necessarie nel caso in cui, nella fase di attuazione del piano, la progettazione preliminare degli interventi dovesse dimostrare l’insufficienza o la non idoneità delle aree di localizzazione degli interventi programmati.
- “aree di localizzazione interventi”, se individuate sulla base di un’attività di verifica preliminare di fattibilità dell’intervento e per la realizzazione di interventi previsti al fine di ridurre il rischio idraulico connesso con eventi con tempi di ritorno fino a 200 anni;
- “aree di intervento”, se individuate sulla base del “progetto preliminare”⁷ degli interventi su esse previsti.

Le norme relative alle aree di localizzazione interventi tendono a limitare la nascita di nuovi vincoli alla realizzazione degli interventi strutturali previsti.

⁷ Così come definito dal DPR 21 / 12 / 1999, n. 554

Le opere di regimazione delle acque che hanno portato i sistemi idrografici all'attuale configurazione sono sempre state finalizzate a ridurre il più possibile le aree destinate al deflusso ed al contenimento delle acque stesse.

Le aree "sottratte" ai corsi d'acqua sono state utilizzate come sede di attività antropiche di sempre maggiore valore con la conseguente richiesta di sempre maggiori livelli di sicurezza rispetto ai quali è continuamente necessario adeguare le opere di regimazione.

Tali opere di regimazione (argini, difese spondali, ecc.), dovendo "contenere" volumi d'acqua in spazi molto minori di quelli occupati dagli stessi volumi in condizioni "naturali", risultano essere di rilevante entità e complessità sia strutturale che funzionale.

I costi per una corretta manutenzione dell'insieme di queste opere e per un loro adeguamento alle richieste di sicurezza idraulica sono legati alla loro entità e complessità (che potremmo chiamare "grado di artificialità") da una funzione di tipo quadratico. E' evidente quindi la bassa efficienza degli attuali sistemi idrografici caratterizzati da un alto grado di artificialità.

L'artificialità dei sistemi gioca un ruolo estremamente negativo anche per quanto concerne le prestazioni riguardanti la qualità dei corsi d'acqua. Ad esempio, le capacità di autodepurazione sono praticamente nulle e non è possibile attuare una qualsiasi politica di riqualificazione ambientale nei corsi d'acqua arginati mantenendo l'attuale assetto delle opere di regimazione. Per questi motivi è oggi necessario porsi l'obiettivo di ridurre, o quanto meno di rendere possibile la riduzione, del grado di artificialità dei sistemi idraulici al fine di incrementarne l'efficienza e la qualità ambientale.

In questo senso la "fascia di pertinenza fluviale" viene ad essere definita, secondo i criteri idraulico e ambientale, come l'insieme delle aree all'interno delle quali possono essere realizzati interventi necessari a ridurre l'artificialità del corso d'acqua, a recuperare la funzione di corridoio ecologico e a far defluire con sicurezza (anche rispetto al cosiddetto "rischio residuo"⁸) le portate caratteristiche di un corso d'acqua, comprese quelle relative ad

⁸ Il "rischio residuo" è il rischio indotto dal verificarsi di condizioni diverse da quelle convenzionalmente adottate negli studi idraulici ed idrologici (distribuzione dell'intensità di pioggia, indeformabilità degli argini per livelli inferiori agli ammissibili, ecc.)

eventi estremi, mediante opere di regimazione caratterizzate da un basso grado di artificialità.

L'ampiezza della fascia di pertinenza fluviale dipende sia dalla tipologia e dall'entità delle opere idrauliche la cui realizzazione è ritenuta possibile, sia dal grado di "artificializzazione" che si ritiene compatibile con una data situazione ambientale.

La metodologia per definire la fascia di pertinenza fluviale prevede in primo luogo:

- la definizione del grado di "artificializzazione" ammissibile in riferimento alla situazione ambientale in cui si opera;
- l'individuazione della fascia in oggetto, ottenibile mediante le opere definite ambientalmente compatibili, in funzione delle caratteristiche funzionali del corso d'acqua considerato.

Per le parti non arginate del reticolo idrografico, le opere che sono state ipotizzate come ammissibili, le quali comunque dovrebbero essere ridotte al minimo, consistono sostanzialmente in allargamenti dell'alveo inciso ed in opere di protezione spondale realizzate con tecniche di "ingegneria naturalistica". Non è quindi ammessa la realizzazione di opere permanenti di arginatura.

Per le parti arginate del reticolo idrografico, l'altezza massima ammissibile delle opere di arginatura è stata posta pari a un metro e mezzo

Per calcolare la fascia di pertinenza fluviale dei *corsi d'acqua ad immissione naturale* secondo il criterio idraulico è stato fatto riferimento ad eventi di piena con tempi di ritorno di 200 anni tenendo conto:

- delle possibili trasformazioni dell'alveo in un periodo di tempo abbastanza lungo mediante un'opportuna definizione dei parametri idraulici (coefficiente di scabrezza, pendenza, ecc.);
- di erosioni spondali di dimensioni variabili in funzione della natura delle sponde.

La definizione delle "fasce di pertinenza fluviale" per i *corsi d'acqua ad immissione controllata* (reticolo idrografico di bonifica) è avvenuta principalmente tenendo conto della loro peculiare funzione di costituire un insieme di aree in cui poter intervenire per una ristrutturazione complessiva ed organica del sistema idrografico di bonifica, al fine di renderlo idoneo a rispondere adeguatamente ai profondi cambiamenti intervenuti nel quadro delle esigenze poste alla base della sua ideazione e realizzazione nei primi decenni dello scorso secolo.

Una delle cause dell'inquinamento delle acque è l'estensione delle attività agricole fino ai limiti dell'alveo dei corsi d'acqua. Al fine di ridurre il pericolo di inquinamento, la fascia di pertinenza fluviale è stata quindi concepita anche come fascia "tampono" con funzioni di filtro, ed è per questo motivo che essa deve avere una larghezza generalmente di almeno dieci metri dal reticolo idrografico. Sempre al fine di ridurre il pericolo di inquinamento, la fascia di pertinenza fluviale è stata estesa fino a comprendere tutte le unità litologiche (come i terrazzi fluviali) connesse con i corsi d'acqua.

Un'altra funzione della fascia di pertinenza fluviale è quella relativa alla riduzione o, quantomeno, al non incremento del rischio idrogeologico. In questo senso, essa comprende le aree in cui risulta utile:

- limitare gli interventi ed ogni trasformazione dell'uso del suolo che aumentino considerevolmente il valore degli elementi esposti a rischio idrogeologico o che possano essere causa di instabilità delle sponde e dei versanti;
- non indurre una sempre maggiore necessità di interventi per mettere in sicurezza gli elementi esposti alle azioni erosive dei corsi d'acqua;
- rendere comunque possibile la realizzazione di opere idrauliche con un basso grado di artificialità.

La fascia di pertinenza fluviale, individuata come sopra indicato, è stata in qualche modo "adattata" per tenere conto sia degli elementi fisici, frutto di attività antropiche, presenti al suo interno, sia per rispondere alle esigenze di tutela ambientale espresse da altri piani. E' già stato accennato infatti che la pianificazione di bacino deve oggi muoversi in un'ottica di "recupero" e che l'efficacia dei piani è subordinata alla convergenza delle azioni di governo del territorio da parte dei vari livelli e settori amministrativi.

In conclusione, per "fascia di pertinenza fluviale" si intende: *l'insieme delle aree all'interno delle quali possono essere realizzati interventi necessari a ridurre l'artificialità del corso d'acqua, a recuperare la funzione di corridoio ecologico, di valorizzazione ambientale delle aree fluviali e a far defluire con sicurezza le portate caratteristiche di un corso d'acqua, comprese quelle relative ad eventi estremi, mediante opere di regimazione caratterizzate da un basso grado di artificialità; fanno inoltre parte della fascia di pertinenza fluviale le aree da salvaguardare per ridurre i rischi di inquinamento dei corsi d'acqua e/o di innesco di fenomeni di instabilità dei versanti.*

Le norme relative alla fascia di pertinenza fluviale si differenziano a seconda che essa sia situata in zone “montane” (poste generalmente a monte della via Emilia) o in zone di pianura. In queste ultime, le norme sostanzialmente prevedono:

- non è generalmente ammessa la realizzazione di nuovi fabbricati e di nuove opere infrastrutturali;
- le amministrazioni comunali dovranno dettare norme o comunque emanare atti che consentano e/o promuovano, anche mediante incentivi, la rilocalizzazione dei manufatti edilizi presenti all'interno delle fasce di pertinenza fluviale dove tali manufatti facciano parte di centri urbani e siano adiacenti ad argini continui.

Nelle zone montane è ammessa invece, sia pure a determinate condizioni, la realizzazione di nuovi fabbricati se questi costituiscono espansione di centri abitati esistenti e non è mai prevista la rilocalizzazione dei manufatti edilizi presenti all'interno delle fasce di pertinenza fluviale.

I motivi di questa scelta sono:

- la delimitazione della fascia di pertinenza fluviale nella pianura ha meno vincoli, in quanto maggiori sono le possibilità di intervento per ridurre l'artificialità dei corsi d'acqua e far defluire con sicurezza le portate estreme; non esistono, inoltre, i vincoli inamovibili, come ad esempio i terrazzi fluviali direttamente connessi, caratteristici delle zone montane;
- le possibilità di realizzare edifici e di delocalizzare manufatti edilizi al di fuori della fascia di pertinenza fluviale senza “sconvolgere” l'assetto urbanistico sono maggiori in pianura; in montagna, dove tali possibilità spesso non esistono, l'impedire l'espansione di centri abitati esistenti ed incentivare la rilocalizzazione significa molte volte promuovere l'abbandono completo di queste zone, cosa che si ritiene negativa.

Altra differenza tra la “montagna” e la “pianura” riguarda le limitazioni alle attività agricole. Sono in questo caso le zone montane a subire i vincoli maggiori, in quanto in esse è più diretto lo scolo nei corsi d'acqua delle acque piovane e degli inquinanti eventualmente presenti nei terreni drenati ed è più difficile attivare adeguati sistemi di abbattimento di tali inquinanti una volta immessi nel reticolo idrografico.

IL PROGRAMMA DEGLI INTERVENTI STRUTTURALI

Gli interventi strutturali relativi all'assetto della rete idrografica possono avere le seguenti finalità specifiche:

- riduzione del rischio idraulico attraverso la riduzione della “pericolosità” del sistema mediante la realizzazione di casse d'espansione e di adeguate sezioni di deflusso nei tronchi della rete idrografica;
- abbattimento delle quantità d'elementi inquinanti presenti nelle acque del reticolo idrografico mediante la realizzazione di impianti di fitodepurazione e d'interventi sulla morfologia dell'alveo per renderlo idoneo a sviluppare e supportare i processi d'autodepurazione;
- disponibilità di un'adeguata quantità d'acqua a sostegno delle portate di magra mediante la realizzazione di un insieme di serbatoi con funzioni di “volano idrico”;
- riduzione del pericolo di instabilità dei versanti.

All'atto della predisposizione del presente piano è emersa la necessità soltanto di interventi strutturali finalizzati alla riduzione della pericolosità del sistema idrografico in quanto non sono state avanzate specifiche “richieste di prestazioni” dagli altri settori della pianificazione di bacino. Si è ritenuto tuttavia opportuno salvaguardare in via cautelativa ulteriori aree per rispondere all'eventuale manifestarsi della necessità di interventi finalizzati al miglioramento della qualità delle acque e a garantire la disponibilità di acqua a sostegno delle portate di magra.

Il presente piano definisce, sulla base di studi che potremmo definire di “verifica preliminare di fattibilità” gli ambiti territoriali (“aree di localizzazione interventi”) all'interno dei quali saranno realizzati gli interventi programmati. E' opportuno evidenziare che le aree, che saranno realmente utilizzate per la realizzazione degli interventi previsti, (“aree d'intervento”) costituiscono solo una parte delle “aree di localizzazione degli interventi”. Ciò è dovuto al fatto che le “aree d'intervento” possono essere definite soltanto in sede di progettazione preliminare degli interventi e pertanto il presente piano arriva al massimo alla predisposizione di ipotesi progettuali intese come punto di partenza per le successive attività di progettazione nella fase di attuazione del piano stesso.

In questa sede vengono inoltre individuate quelle aree (aree di potenziale localizzazione degli interventi) che potrebbero risultare necessarie nel caso in cui la progettazione preliminare degli interventi dovesse dimostrare la non idoneità, anche parziale, delle aree di localizzazione delimitate dal piano.

Il programma degli interventi strutturali per la mitigazione del rischio idraulico comprende tutti quegli interventi necessari per portare il rischio idraulico a valori non rilevanti a livello di bacino. In altre parole, gli interventi strutturali sono finalizzati ad evitare il verificarsi di danni significativi a seguito di eventi di pioggia con tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni (probabilità di accadimento annuale pari al 2%, 1% e 0,5%).

Il programma degli interventi strutturali è articolato in fasi in funzione della loro priorità di realizzazione definita in base alle situazioni di rischio esistente e all'ottimizzazione dell'utilizzo delle risorse disponibili.

La procedura metodologica adottata per la definizione degli interventi strutturali per la mitigazione del rischio idraulico è così schematizzabile:

- individuazione degli interventi strutturali per l'eliminazione delle situazioni a rischio elevato o molto elevato;
- verifica dell'efficacia degli interventi anche in relazione alle altre situazioni di rischio e del non incremento del rischio in altre parti del sistema idrografico;
- individuazione del funzionamento idraulico del sistema supponendo realizzati gli interventi ipotizzati e valutazione del rischio residuo;
- individuazione degli interventi strutturali per l'eliminazione delle situazioni di rischio medio e moderato;
- stima dei costi e programmazione degli interventi in funzione del livello di rischio esistente e della ottimizzazione delle risorse disponibili.

Nei casi in cui le situazioni di rischio che richiedono interventi strutturali sono localizzate lungo le aste fluviali arginate, sono previsti, in primo luogo, interventi di risezionamento finalizzati a raggiungere la massima capacità di deflusso delle aste senza alterare sensibilmente il loro attuale assetto strutturale. La garanzia del transito di portate inferiori od uguali alla capacità di deflusso anche in caso di eventi estremi è affidata a casse di espansione finalizzate a laminare adeguatamente le portate di piena conseguenti ad eventi di pioggia con tempi di ritorno fino a 200 anni.

Negli studi effettuati per individuare l'attuale livello di rischio nonché le priorità d'intervento, è stato necessario adottare alcune semplificazioni che riguardano:

- il valore e la vulnerabilità degli elementi esposti a rischio;
- la delimitazione delle aree passibili di inondazione.

Le suddette semplificazioni sono corrette per la definizione delle priorità d'intervento e degli obiettivi di sicurezza definiti nel presente piano ma mostrano certamente dei limiti per ciò che riguarda obiettivi di più alto livello rispetto ai quali dovranno essere effettuate valutazioni più precise. In ogni caso, il tipo delle semplificazioni adottate rende possibile agire sostanzialmente, per quanto riguarda la riduzione del rischio idraulico, soltanto sulla pericolosità del sistema che, pertanto, risulta essere il fattore di rischio sul quale il piano agisce maggiormente mediante gli interventi strutturali.

Gli interventi strutturali per la riduzione della pericolosità dei tronchi di una rete idrografica possono essere finalizzati:

- alla riduzione delle sollecitazioni, in termini di portate e di livelli idrici, che si realizzano nel reticolo idrografico mediante casse di espansione, risezionamento dell'alveo con la realizzazione di golene, ecc.;
- all'incremento della "capacità di deflusso" del reticolo idrografico attraverso un aumento dei livelli ammissibili in alveo mediante la creazione od il sopralzo di argini.

In generale, risulta opportuno che i principali interventi strutturali per ridurre la pericolosità siano finalizzati alla riduzione delle sollecitazioni (portate e livelli) alle quali è sottoposto il sistema e non all'incremento delle opere arginali attualmente presenti. La creazione od il sopralzo di argini induce infatti una rilevante diminuzione del grado di efficienza dei sistemi idraulici sui quali si interviene; ciò accade in quanto i costi per una corretta manutenzione dell'insieme di queste opere e per un loro adeguamento alle richieste di sicurezza idraulica sono legati alla loro entità e complessità da una funzione di tipo quadratico. E' evidente quindi la convenienza di non incrementare la consistenza delle opere arginali.

IL SISTEMA IDROGRAFICO OGGETTO DEL PIANO

LA RETE IDROGRAFICA E IL BACINO IMBRIFERO

Il reticolo idrografico⁹ che definisce il sistema idrografico¹⁰ del torrente Santerno (vedi Tav. A), è costituita dallo stesso torrente Santerno e dai corsi d'acqua che direttamente o indirettamente in esso affluiscono; l'insieme dei corsi d'acqua costituenti il reticolo idrografico del sistema è stato suddiviso, in primo luogo, in due categorie:

- corsi d'acqua che contribuiscono sempre alla formazione dell'onda di piena (corsi d'acqua ad immissione naturale);
- corsi d'acqua che non contribuiscono, almeno nei momenti centrali dei fenomeni di piena, alla formazione dell'onda stessa, come quelli, ad esempio, la cui immissione nel ricevente è controllata da portoni vinciani (corsi d'acqua ad immissione controllata).

I corsi d'acqua ad immissione naturale con una lunghezza superiore a 500 m sono stati classificati in funzione della portata nella loro sezione di chiusura per eventi di pioggia con tempi di ritorno di 5 anni.

I corsi d'acqua sono stati definiti:

- *principali*, se hanno portate pari o superiori a 100 m³/sec;
- *secondari*, per portate comprese tra i 30 e 100 m³/sec;
- *minori*, per portate comprese tra 5 e 30 m³/sec.

I corsi d'acqua con portata inferiore a 5 m³/sec costituiscono il cosiddetto “*reticolo idrografico minuto*”.

⁹ Reticolo idrografico: l'insieme degli spazi normalmente occupati, con riferimento ad eventi di pioggia con tempi di ritorno di 5 anni, da masse d'acqua in quiete od in movimento, delle superficie che li delimitano, del volume di terreno che circonda tali spazi e che interagisce meccanicamente od idraulicamente con le masse d'acqua contenute in essi e di ogni elemento che partecipa alla determinazione del regime idraulico delle massa d'acqua medesime.

¹⁰ Per “sistema idrografico” si intende l'insieme fisico costituito da un determinato reticolo idrografico, dalle aree idraulicamente o funzionalmente connesse con esso e dal suo bacino imbrifero e nel quale il regime idraulico delle masse d'acqua contenute dipende soltanto dalle caratteristiche idrauliche ed idrologiche dei suoi elementi costituenti.

Il reticolo idrografico principale è costituito:

- dal torrente Santerno con una lunghezza totale di circa 103 km di cui circa 30 con argini di II categoria;
- dal torrente Diaterna con una lunghezza totale di circa 11 km;
- dal torrente Rovigo con una lunghezza totale di circa 14 km.

Nella tabella “B” successivamente esposta sono riportati:

- i corsi d’acqua principali, secondari e minori e la loro lunghezza;
- la superficie dei rispettivi bacini imbriferi, la loro altitudine media e la loro larghezza media¹¹;
- le portate massime¹², con riferimento ad eventi di pioggia con tempi di ritorno di 5, 30, 100 e 200 anni, nei punti di chiusura dei bacini imbriferi.

Per il reticolo idrografico principale, le portate massime sono state calcolate in tutti i punti delle aste montane. Il valore di tali portate massime è riportato nei grafici da Q_M Sant.0 a Q_M Sant.6 per il Santerno, e nei grafici Q_M .Diaterna e Q_M .Rovigo per il Diaterna ed il Rovigo.

Nel sistema idrografico del torrente Santerno non vi sono corsi d’acqua ad immissione controllata.

¹¹ Per larghezza media di un bacino si intende la media della lunghezza dei corsi d’acqua che affluiscono nell’asta principale ponderata rispetto alla superficie dei rispettivi bacini.

¹² Portate calcolate con riferimento ad eventi di pioggia estesi soltanto ai singoli bacini e di durata pari a quella che induce le portate maggiori (evento critico).

Tab. B – Corsi d'acqua principali, secondari e minori

CORSO D'ACQUA			BACINO			PORTATA [m ³ /s]			
Denominazione	Lunghezza [km]	Tipo	Superficie [km ²]	Altitudine media [m]	Larghezza media [km]	Tempo di ritorno [anni]			
						5	30	100	200
Torrente Santerno ⁽¹⁾	71.87	Principale	466.00	456	-	445	756	961	1073
Torrente Santerno ⁽²⁾	60.57	Principale	414.39	503	6.25	437	766	949	1053
Torrente Diaterna (3° ordine)	11.21	Principale	61.49	689	7.41	130	240	333	382
Torrente Rovigo	13.68	Principale	47.09	809	4.73	118	227	299	340
Torrente Diaterna Valica	12.89	Secondario	28.16	747	1.34	77	137	182	205
Torrente Veccione	8.78	Secondario	21.05	770	1.53	64	127	162	180
Torrente Viola	6.16	Secondario	14.46	580	1.25	50	97	131	150
Fosso Risano	5.74	Secondario	11.01	798	1.57	38	72	97	112
Torrente Riateri	6.45	Secondario	9.57	717	1.37	36	65	86	99
Rio Gaggio	7.92	Secondario	15.54	422	1.76	33	70	92	105
Rio Filetto	7.08	Secondario	13.95	358	2.04	31	64	85	96
Torrente Diaterna (4° ordine)	4.64	Secondario	12.69	664	2.35	31	64	82	90
Rio Sanguinario	9.95	Minore	23.51	103	1.93	25	40	53	61
Rio Magnola	6.75	Minore	9.96	474	1.10	22	34	40	44
Torrente Sgarba	6.43	Minore	10.36	301	1.30	22	35	42	46
nn610 ⁽³⁾	4.50	Minore	5.68	913	1.86	21	37	45	50
Fosso Riccianico	2.73	Minore	5.37	563	2.06	20	35	42	46
Rio Giandolino Castellaccio	8.78	Minore	9.28	141	0.80	18	31	38	41
Rio Botro di Vincarolo	6.00	Minore	7.30	642	1.24	17	25	30	33
Rio Osta	4.72	Minore	6.84	458	1.91	16	23	27	30
Rio Mescola	4.64	Minore	6.74	245	1.23	16	23	28	30
Rio Frena	3.62	Minore	3.91	582	0.69	15	25	30	33
Rio Canaglia	4.34	Minore	6.34	617	1.00	15	22	26	28
Rio Casale	5.54	Minore	6.26	192	0.71	15	32	48	57
Rio Gambellaro	4.20	Minore	6.68	197	1.11	15	23	27	29
Fosso Gattone	5.06	Minore	5.94	663	1.01	15	34	45	50
Rio Posseggio	2.98	Minore	5.06	447	1.38	14	29	47	56
Rio Valle (DX)	4.67	Minore	4.47	688	0.73	12	27	32	36
Rio Madonna	3.09	Minore	4.05	357	0.91	12	25	39	46
Fosso di Troncara	3.20	Minore	3.06	740	0.79	11	19	23	26
Rio delle Muse	4.48	Minore	7.30	91	1.00	11	17	23	27
Rio Fantino	8.17	Minore	8.07	75	0.87	10	17	22	25
nn596 ⁽³⁾	2.74	Minore	2.31	616	0.52	10	15	19	20
Rio Sozzuro	3.06	Minore	3.38	465	0.93	10	24	42	49
nn561 ⁽³⁾	3.15	Minore	2.56	534	1.24	10	16	20	22
Fosso Fortio	3.10	Minore	2.21	768	0.74	10	15	18	20
Rio Prato	3.12	Minore	3.21	298	0.65	9	20	31	37
Rio Biombo	3.76	Minore	4.04	162	0.89	9	13	16	18
Fosso Tordella	3.18	Minore	2.93	782	1.47	9	19	29	35
nn339 ⁽³⁾	2.74	Minore	2.78	644	1.43	8	17	28	34
Fosso Rimaggio	3.04	Minore	2.58	564	0.81	8	17	27	33
Rio Morine	2.22	Minore	2.87	321	1.00	8	17	26	31
Rio Salato	4.33	Minore	2.77	163	0.60	8	18	28	33
Rio Sestetto dei Quercioli	3.02	Minore	2.84	493	0.61	7	14	23	27
Rio Carseggio	3.24	Minore	2.69	384	0.76	7	14	23	27
Rio Sant'Apollinare	3.19	Minore	3.25	408	0.69	7	18	30	35
nn608 ⁽³⁾	2.11	Minore	1.45	796	0.87	7	10	12	13
Rio Colombarino	3.68	Minore	2.29	325	0.56	6	13	21	25

segue

continua Tab.B

CORSO D'ACQUA			BACINO			PORTATA [m ³ /s]			
Denominazione	Lunghezza [km]	Tipo	Superficie [km ²]	Altitudine media [m]	Larghezza media [km]	Tempo di ritorno [anni]			
						5	30	100	200
nn458 ⁽³⁾	2.69	Minore	1.87	610	0.84	6	14	22	27
Rio Pasino	3.53	Minore	4.16	299	1.28	6	10	13	15
Rio Caspa	2.27	Minore	1.88	498	0.78	6	11	17	22
Rio Inferno	3.08	Minore	1.82	283	1.27	5	11	17	21
Rio Valle di Vincolo	2.22	Minore	1.93	395	0.86	5	9	15	19
Rio Figna	2.50	Minore	1.67	252	0.57	5	11	17	20
Rio Agonazza dei Casoni	2.01	Minore	1.51	178	0.67	5	10	16	20

⁽¹⁾Chiusura all'inizio del tratto arginato all'altezza circa dell'autostrada A14

⁽²⁾Chiusura bacino montano ad Imola ⁽³⁾Corso d'acqua sprovvisto di nome sulla CTR

E' da considerare come facente parte della rete idrografica del sistema anche il "Canale dei Molini" che viene alimentato con le acque del Santerno mediante un'opera di presa posta sulla briglia di Codrignano situata a circa nove chilometri a monte di Imola.

Il "Canale dei Molini", che sfocia in Reno dopo un percorso di circa 42 km, ha una funzione prevalentemente irrigua. Esso è alimentato anche naturalmente dal rio Montrone (con un bacino di circa 0,7 km²) e, ad Imola, dalle acque meteoriche provenienti da un bacino urbano di circa 2 km².

LE CARATTERISTICHE IDROLOGICHE

Per gli studi idrologici è stato adottato il programma ARNO¹³ che è un modello afflussi-deflussi i cui dati di “input” sono costituiti, oltre a quelli relativi alle caratteristiche fisiche del bacino, dagli eventi estremi di pioggia¹⁴ con i quali sollecitare il sistema oggetto di studio.

Il bacino imbrifero del torrente Santerno (Tav. B) è stato suddiviso, al fine di determinare le onde di piena in ingresso nella parte di pianura (a valle della via Emilia), in tre parti:

- il bacino del Santerno chiuso circa alla via Emilia, con una superficie di circa 414 km²;
- il bacino del rio Sanguinario chiuso poco più a valle della via Emilia, con una superficie di circa 24 km²;
- il cosiddetto “interbacino”, costituito sostanzialmente da quei bacini relativi, per la maggior parte, a corsi d’acqua facenti parte del reticolo idrografico minuto e le cui acque si raccolgono nel Santerno a valle della via Emilia, con una superficie di circa 28 km².

I tempi di ritorno degli eventi di pioggia con i quali sono stati sollecitati i suddetti bacini sono di 5, 20, 30, 50, 100, 200, e 500 anni. Per ogni tempo di ritorno sono state considerate le durate di pioggia di 1, 3, 6, 12 e 24 ore. E’ opportuno specificare che i coefficienti di riduzione areale delle altezze di pioggia sono stati calcolati in funzione della superficie totale del bacino del Santerno nella sezione di chiusura convenzionalmente posta poco più a valle dell’autostrada A14, e inoltre che il coefficiente di saturazione è stato posto pari al 95% per il bacino montano del Santerno e pari all’85% per il rio Sanguinario e l’interbacino.

E’ opportuno evidenziare che l’andamento delle onde di piena nella sezione di chiusura del bacino montano del Santerno è stata calcolata considerando il bacino sia in

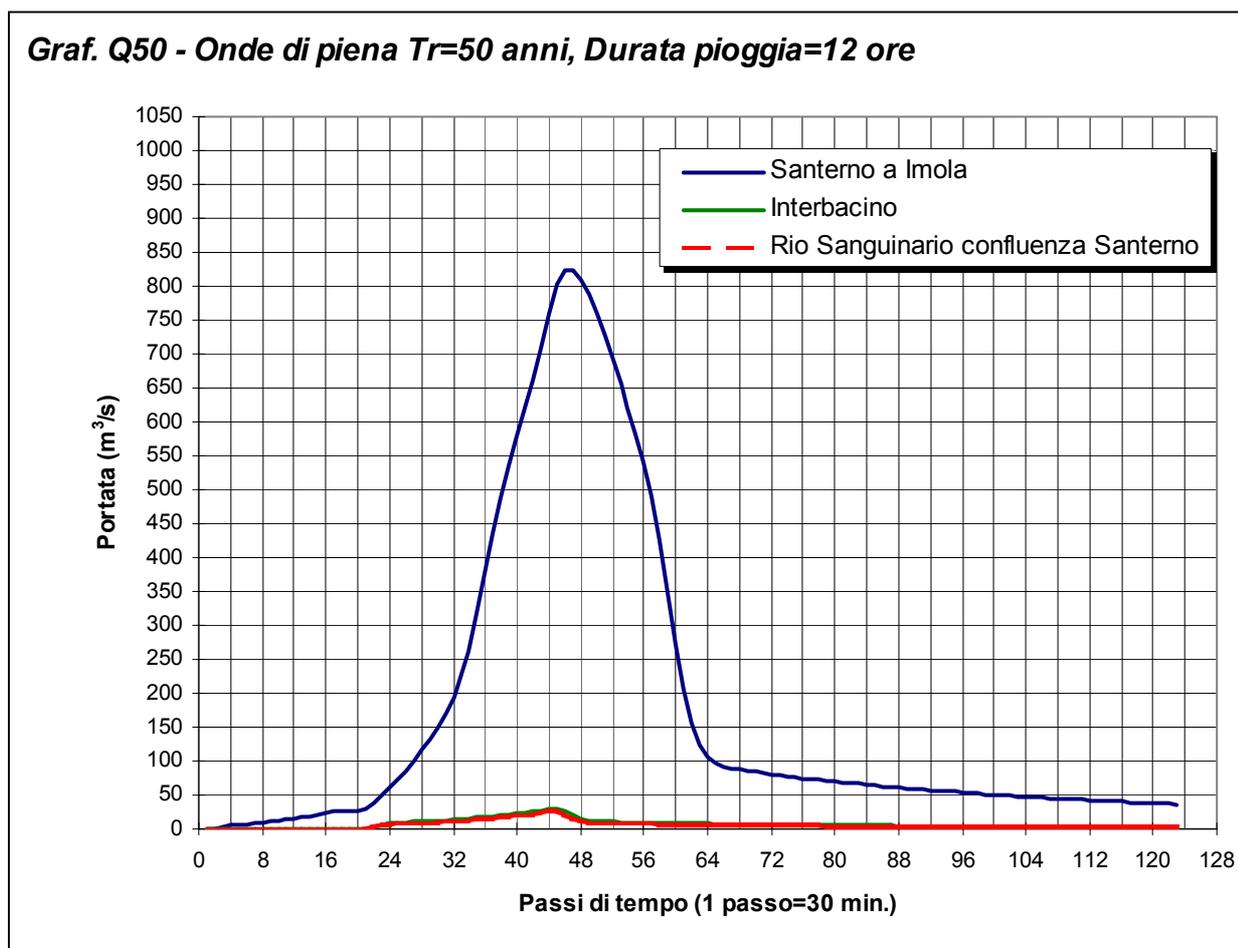
¹³ ARNO, fornito dalla ET & P, è stato scelto sulla base dei risultati di una ricerca svolta dall’Autorità di Bacino del Reno nel 1996/97. Il programma in oggetto è sinteticamente descritto in appendice.

¹⁴ Il metodo adottato per la valutazione degli eventi estremi di pioggia si compone di tre elementi: la stima del valor medio della precipitazione puntuale, il calcolo di un “fattore di crescita” e la valutazione di un coefficiente di smorzamento areale. Tale metodo è sinteticamente descritto in appendice.

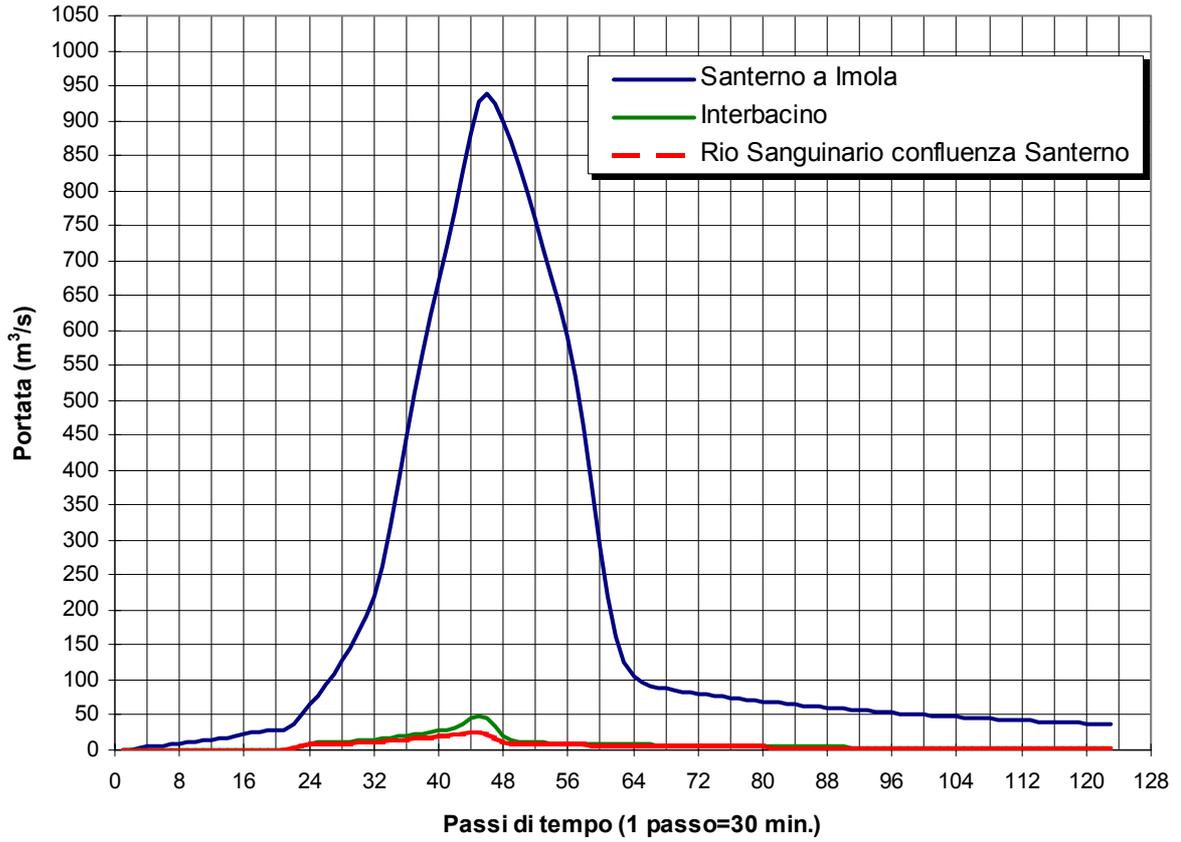
termini unitari che come sommatoria di sette sottobacini (vedi Tav. B). Le portate massime sono risultate maggiori nel caso del bacino del Santerno articolato in sottobacini. Per questo motivo, data l'opportunità di adottare criteri di sicurezza, è stato fatto riferimento alle onde di piena calcolate considerando il bacino montano del Santerno come sommatoria dei sette sottobacini individuati.

Dall'analisi delle onde di piena indotte da eventi con diversi tempi di durata è risultato che gli eventi di pioggia che maggiormente sollecitano il sistema, a parità di tempi di ritorno, sono quelli con una durata di 12 ore.

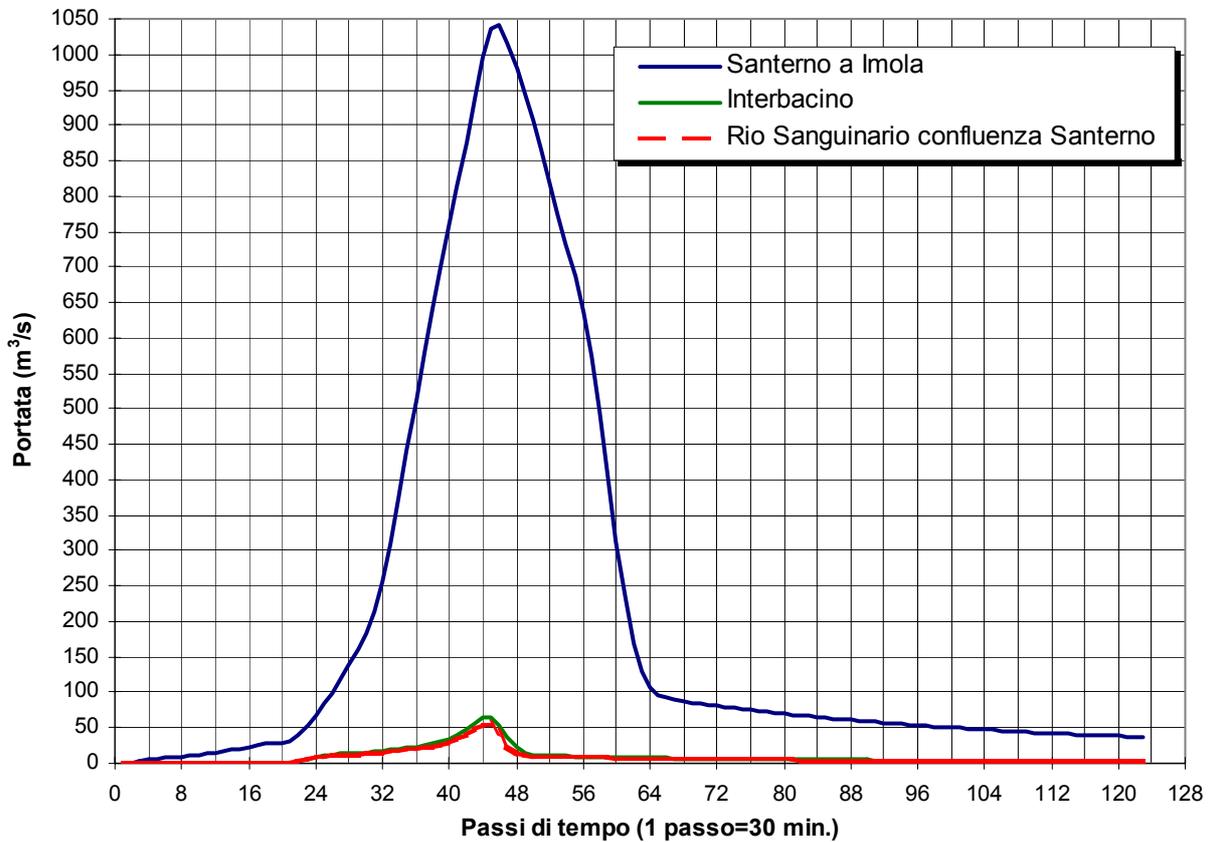
Nei grafici Q50, Q100 e Q200 sono riportate le onde di piena, dovute ad eventi di pioggia della durata di 12 ore e caratterizzati da tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni, con le quali è stato sollecitato il reticolo idrografico a valle della via Emilia.



Graf. Q100 - Onde di piena $Tr=100$ anni, Durata pioggia=12 ore

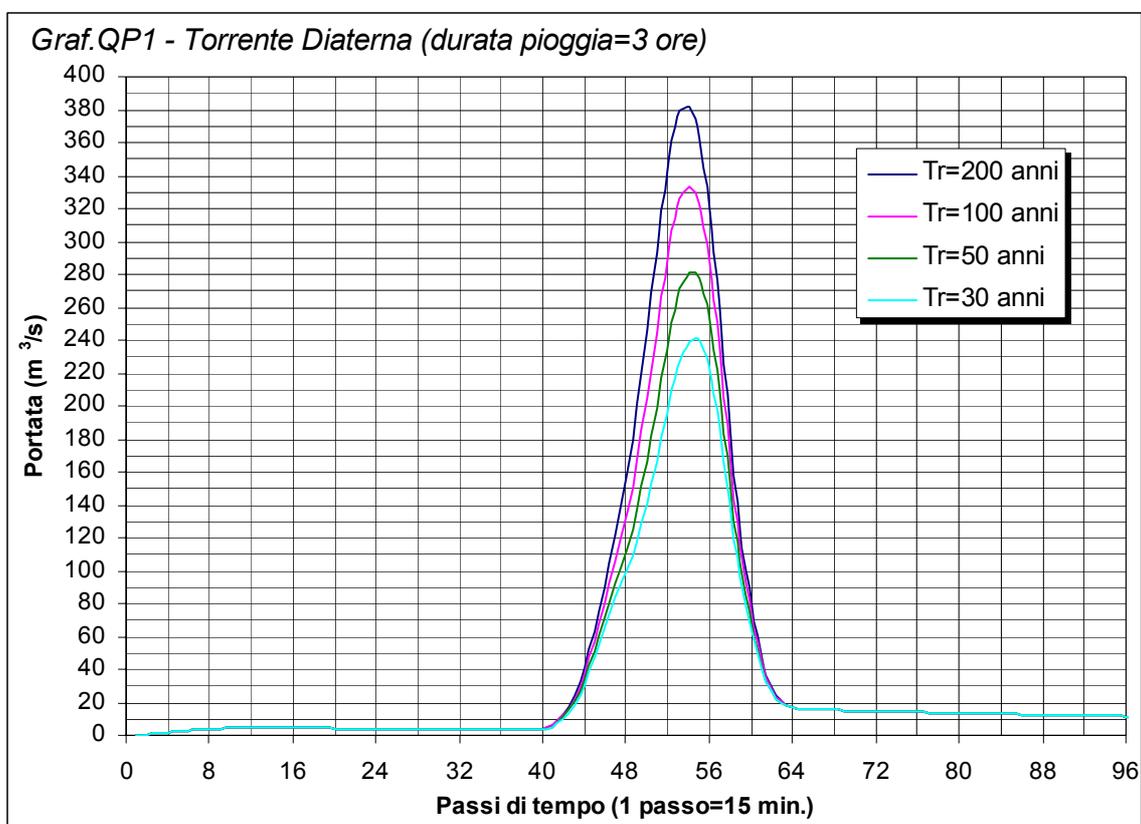


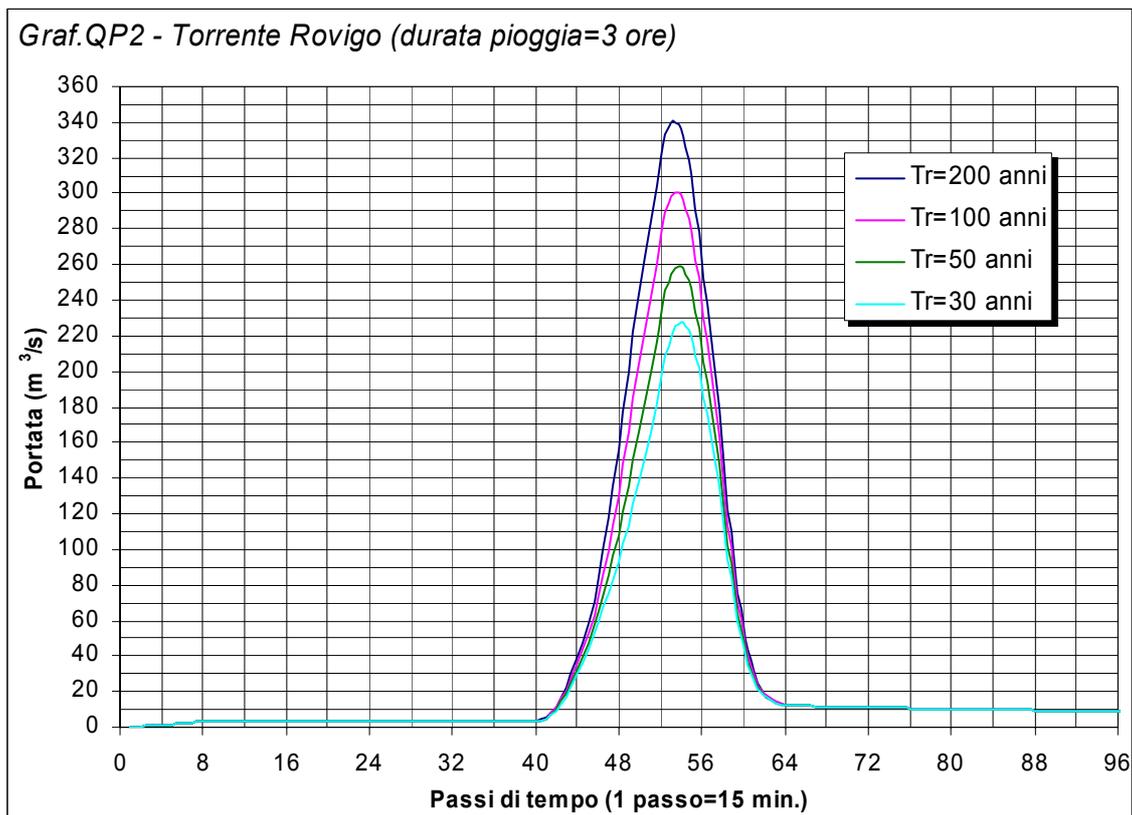
Graf. Q200 - Onde di piena $Tr=200$ anni, Durata pioggia=12 ore



Al fine sia di classificare i corsi d'acqua del bacino del Santerno, sia di disporre di portate di riferimento anche nei corsi d'acqua secondari e minori, sono state calcolate le portate nelle sezioni di chiusura di ogni corso d'acqua ad "immissione naturale" (con una lunghezza almeno di 500 m) per eventi di pioggia con tempi di ritorno di 5, 30, 50, 100 e 200 anni.

Nei grafici QP1 e QP2 di seguito riportati è rappresentato l'andamento delle portate massime nelle sezioni di chiusura dei bacini degli altri corsi d'acqua "principali" oltre al Santerno.

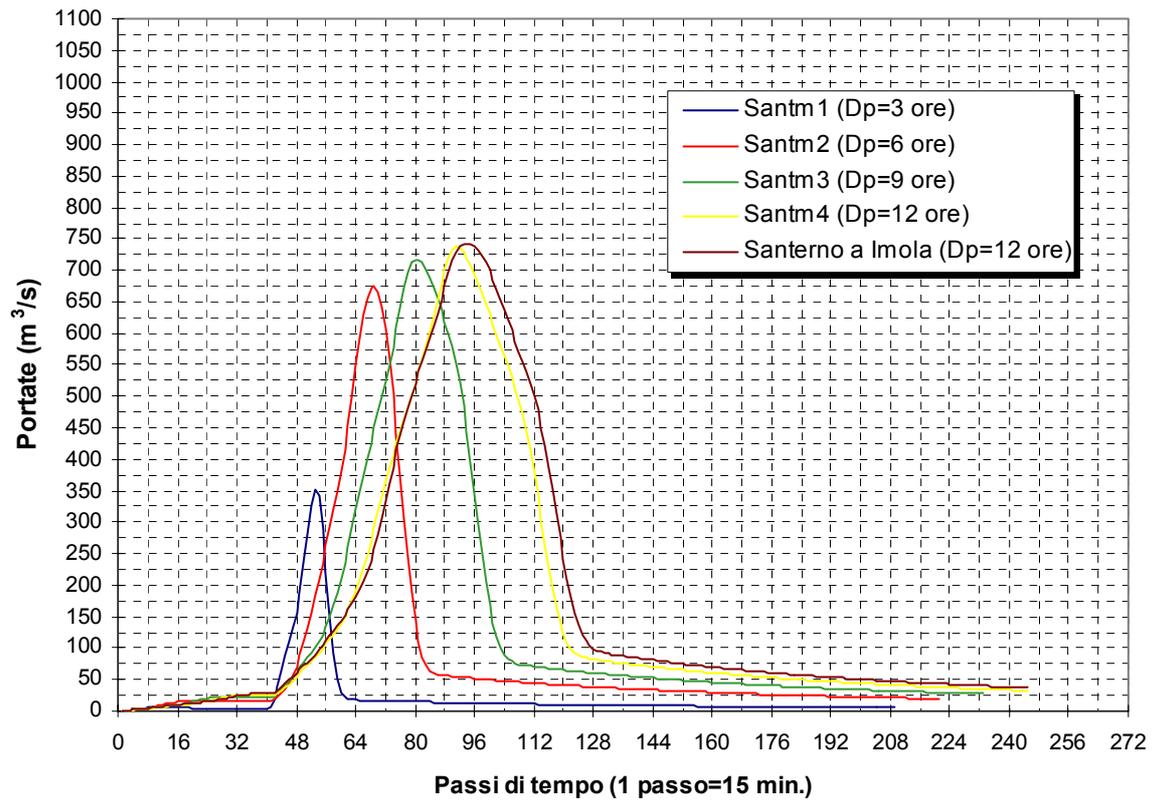




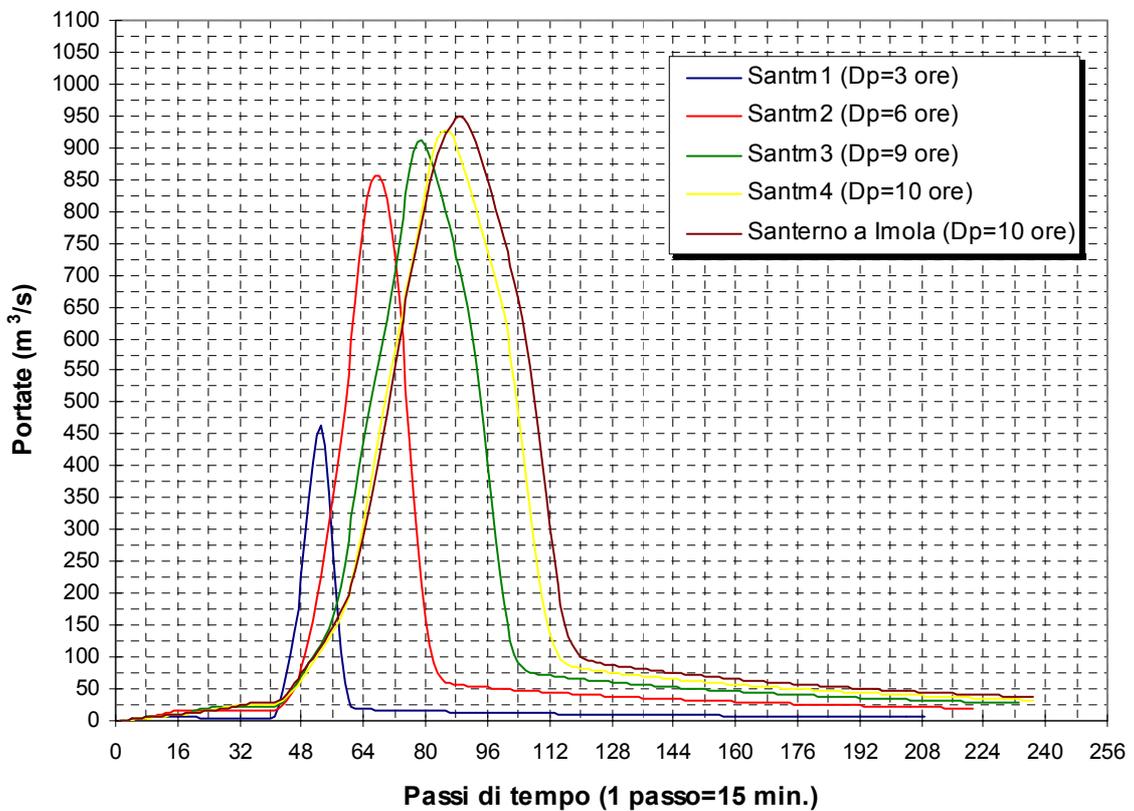
Al fine di verificare le aste dei corsi d'acqua principali (Santerno "montano", Rovigo e Diaterna) e secondari, sono state valutate le onde di piena massime, oltre che nelle sezioni di chiusura dei bacini montani, anche in sezioni intermedie con riferimento ad eventi di pioggia con tempi di ritorno di 30, 50, 100 e 200 anni. Si precisa che i coefficienti di riduzione areale delle altezze di pioggia sono stati calcolati in funzione della superficie di ogni singolo sottobacino e per le durate di pioggia che inducono le maggiori portate (eventi critici). Al fine di definire il reticolo idrografico, sono state calcolate inoltre le portate massime indotte da eventi con tempi di ritorno di 5 anni.

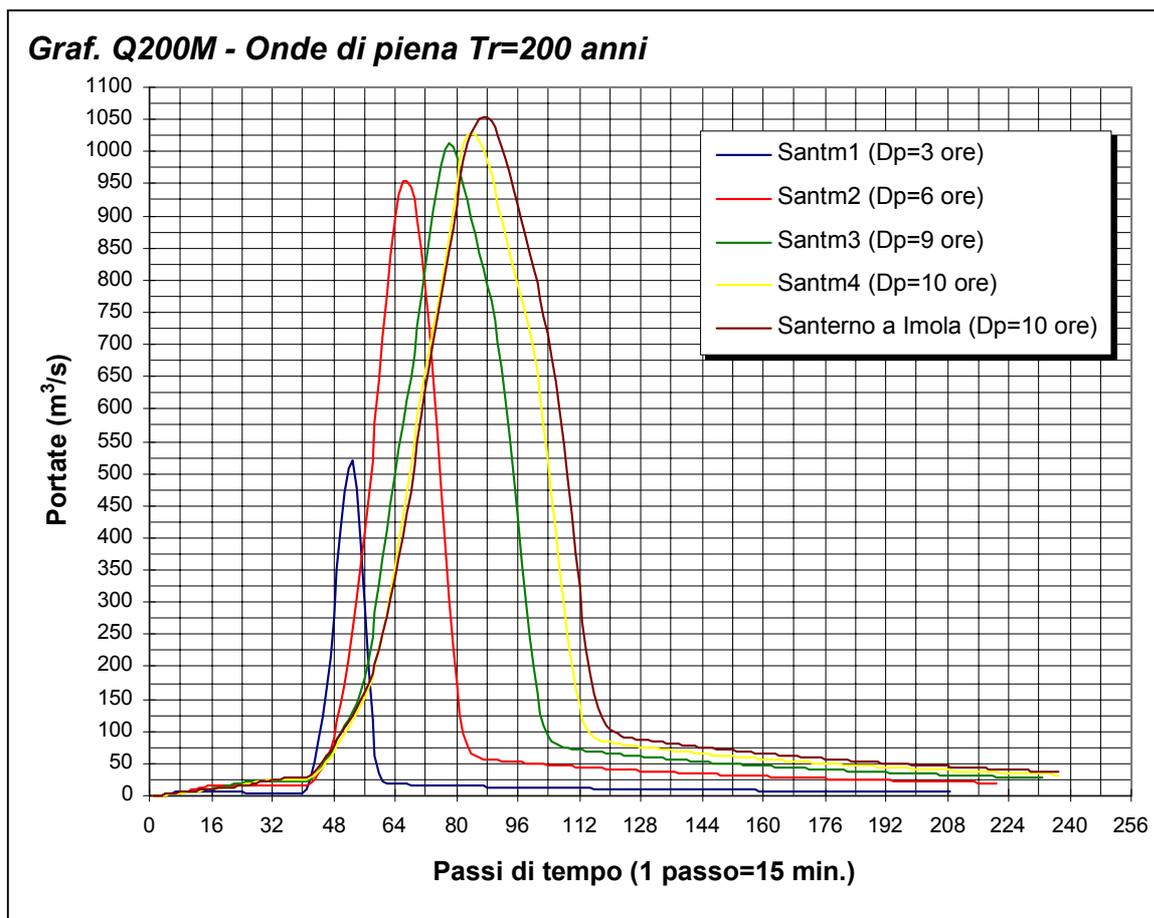
Gli andamenti delle onde di piena nelle sezioni del Santerno sono indicate nei grafici Q30M, Q100M e Q200M.

Graf. Q30M - Onde di Piena Tr=30 anni



Graf. Q100M - Onde di piena Tr=100 anni





Le portate massime, per eventi di pioggia con tempi di ritorno di 30, 50, 100 e 200 anni, nelle diverse sezioni dei corsi d'acqua principali sono indicate, con riferimento alla tavola "B", nella seguente tabella.

Tabella dei sottobacini montani delle aste principali

CORSO D'ACQUA	SEZIONE			BACINO			PORTATA [m³/s]			
	Cod	Localizzazione	Lungh. asta [km]	Superficie [km²]	Altitudine media [m]	Larghezza media [km]	Tempo di ritorno [anni]			
							30	50	100	200
Santerno	Santm1	Valle confluenza Torrente Viola	9,45	69,39	681,00	4,24	353	404	465	520
Santerno	Santm2	Valle confluenza Rio Fossa	27,34	234,14	684,52	7,69	676	752	856	955
Santerno	Santm3	Valle confluenza Rio Colombarino	42,62	315,68	606,64	6,93	718	704	912	1014
Santerno	Santm4	Santerno a Borgo Tossignano	53,19	366,21	551,77	6,49	737	817	927	1029
Santerno	Santm5	Santerno a Imola	60,57	414,00	502,61	6,25	766	885	949	1053
Diaterna	ToDiM1	Valle confluenza T.Diaterna 4° ord.	4,86	24,89	675,76	3,19	131	148	166	183
Diaterna	ToDiM2	Valle confluenza T.Diaterna Vallica	7,33	56,06	703,46	7,94	232	268	314	357
Diaterna	ToDiM3	Confluenza Santerno	11,21	61,49	689,00	7,41	240	282	334	382
Rovigo	ToRoM1	Valle confluenza T.Veccione	9,70	40,79	833,89	5,16	223	253	291	325
Rovigo	ToRoM2	Confluenza Santerno	13,68	47,09	809,00	4,64	227	260	299	340

E' opportuno notare che una pioggia estesa solo alla parte toscana del bacino (sezione di chiusura "Sanm2") induce una portata massima non molto inferiore a quella di una pioggia estesa a tutto il bacino montano (intorno al 90% per tutti i tempi di ritorno considerati). Ciò significa che nelle zone di pianura possono verificarsi situazioni di crisi anche quando nella parte emiliana del bacino non sono in atto fenomeni di pioggia. Allo scopo di fornire utili indicazioni agli operatori e di consentire la verifica delle aste montane principali in sezioni non coincidenti con quelle riportate nella precedente tabella, sono state ricavate le portate massime in tutti i punti dell'asta "montana" del Santerno, del Diaterna e del Rovigo procedendo all'interpolazione dei valori di portata (calcolati in corrispondenza delle sezioni precedentemente indicate) in funzione della superficie del bacino sotteso.

LE CARATTERISTICHE IDRAULICHE

REGIME IDRAULICO

Lo studio del funzionamento idraulico del sistema oggetto del presente piano ha riguardato, in modo sistematico, il reticolo idrografico principale e secondario in quanto da un'analisi preliminare è risultato che i maggiori problemi concernenti il rischio idraulico sono relativi a tali parti della rete idrografica. Sono stati comunque oggetto di verifiche idrauliche anche tutti i corsi d'acqua nelle cui aree limitrofe o sono già presenti elementi che possono dar luogo a situazioni di rischio non irrilevante, o potrebbero essere insediate attività costituenti fattori di rischio.

Per valutare il regime idraulico sono stati adottati metodi differenti in funzione sia della disponibilità di dati, sia dell'approssimazione richiesta per lo svolgimento delle successive attività di pianificazione e programmazione, sia infine del tipo di utilizzazione dei dati risultanti.

Nella parte “montana” dei corsi d'acqua (convenzionalmente considerata, nel caso del Santerno, a monte di Imola), dove generalmente non esistono sufficienti rilievi topografici e non è richiesta, almeno per una prima fase di verifica, un'elevata precisione, sono stati valutati soltanto i livelli massimi raggiunti dall'onda di piena nelle diverse sezioni di controllo mediante un metodo¹⁵ basato sull'individuazione del carico totale in “condizioni critiche” per le diverse portate di riferimento.

Nella parte di pianura dei corsi d'acqua, dove sono disponibili maggiori dati descrittivi ed è necessaria una maggiore precisione dei risultati di calcolo delle prestazioni idrauliche, è stato adottato il programma PAB¹⁶ che è un programma di propagazione di piena monodimensionale che opera in condizioni di moto vario.

¹⁵ Il metodo adottato è stato definito nel corso della “Ricerca per la predisposizione di un sistema di prestazioni atto a descrivere funzionalmente un sistema idraulico” svolta dall'Autorità di Bacino del Reno nel 1995.

¹⁶ PAB, fornito dalla ET & P, è stato scelto sulla base dei risultati di una ricerca svolta dall'Autorità di Bacino del Reno nel 1996/97. Il programma in oggetto è sinteticamente descritto in appendice.

E' risultato necessario, per i motivi che saranno successivamente esposti, studiare il regime idraulico assunto dal Santerno anche tenendo conto delle esondazioni laterali quando i volumi d'acqua esondati non rientrano in alveo. A questo scopo è stato usato il programma PABL che sostanzialmente deriva da PAB modificato per consentire la quantificazione di eventuali fuoriuscite laterali per superamento delle quote arginali.

Nella valutazione delle prestazioni che definiscono il regime idraulico sono stati adottati metodi e modelli di calcolo in cui è stato fissato “convenzionalmente” il valore di alcune variabili (le quali possono essere indicate con la denominazione “condizioni di calcolo”). Il valore delle prestazioni idrauliche, risultando intimamente legato al metodo usato per determinarlo, è quindi da vedere come valore “relativo”¹⁷.

Le principali variabili il cui valore è stato definito “convenzionalmente” riguardano sia le caratteristiche degli eventi di pioggia di riferimento, sia le condizioni idrologiche ed idrauliche del bacino e del reticolo idrografico al momento di inizio dell'evento di pioggia, sia le condizioni morfologiche del reticolo idrografico e la sua resistenza meccanica ed idraulica alle sollecitazioni dell'onda di piena, sia infine le condizioni idrauliche nella sezioni terminale del reticolo idrografico. Nel caso particolare del bacino del Santerno, le variabili idrologiche il cui valore è stato definito “convenzionalmente” sono:

- gli eventi di pioggia con i quali sono state sollecitate le diverse parti del sistema sono stati previsti con intensità costante per tutto il tempo di durata degli eventi stessi
- gli eventi di pioggia con i quali è stato sollecitato il sistema nella parte di pianura sono stati previsti uniformi, come tempi di inizio e di durata, su tutto il bacino imbrifero;
- il suolo del bacino è stato considerato “saturo”.

¹⁷ E' da questo fatto che nasce anche la necessità, in un approccio prestazionale alla pianificazione di bacino, di adottare metodiche standardizzate per valutare le prestazioni dei diversi sistemi idraulici.

REGIME IDRAULICO NELLE ASTE DI MONTE

Il regime idraulico nelle aste montane del reticolo idrografico principale è stato valutato facendo riferimento, in ogni punto del reticolo, alle “onde di piena massime” definite come le onde di piena indotte da eventi di pioggia estesi soltanto al bacino chiuso nel punto considerato e di durata pari a quella che induce per ciascun bacino le portate maggiori (eventi critici).

Nelle sezioni ritenute significative sono stati calcolati, con riferimento alle portate massime indotte da eventi con tempi di ritorno di 5, 50, 100 e 200 anni, il carico totale in condizioni critiche ed il livello idrometrico in condizioni di moto uniforme.

Il coefficiente di Manning, che definisce la scabrezza, è stato posto generalmente pari a $0,05 \text{ m}^{-1/3} \text{ sec}$ (valore sufficientemente rappresentativo per corsi d'acqua naturali di montagna).

Il livello massimo in ognuna delle sezioni è stato posto pari al maggiore dei valori tra il carico totale ed il livello di moto uniforme incrementato del 20% per porsi, dovendo lavorare con dati estremamente incerti, in condizioni di sicurezza.

REGIME IDRAULICO NELL'ASTA DI PIANURA DEL SANTERNO

Le “condizioni di calcolo” adottate nella valutazione del regime idraulico del Santerno a valle della via Emilia sono:

- il livello idrico del Reno¹⁸ alla confluenza del Santerno è stato considerato tale da indurre un tirante nel Santerno pari alla metà del tirante corrispondente alla sommità arginale (6,5 m s.l.m.); tale quota corrisponde ad un tirante in Reno pari a circa 11,7 m (vedi graf. Re182);
- sono state considerate portate in alveo, all’inizio dell’evento di pioggia, pari a 3 m³/sec nel Santerno e a 1 m³/sec nel rio Sanguinario;
- l’intero reticolo idrografico è stato considerato indeformabile (non soggetto cioè ad alterazioni morfologiche e funzionali durante gli eventi di piena) e libero da qualsiasi ostacolo al deflusso dell’onda di piena;
- il coefficiente di Manning (che definisce la scabrezza) è stato posto generalmente pari a 0,07 (corsi d’acqua naturali con erba e alberi) nella parte non arginata (o arginata con discontinuità); nella parte con argini di II categoria la scabrezza è stata considerata pari a 0,05 (canali in terra poco curati e con vegetazione) nell’alveo inciso, pari a 0,07 nelle golene “strette” e nell’alveo inciso in corrispondenza dei ponti (per tenere conto delle singolarità delle sezioni) e pari a 0,1 nelle golene “larghe”.

Il regime idraulico nell’asta di pianura¹⁹ del Santerno è stato valutato con riferimento ad eventi di pioggia con tempi di ritorno di 5, 30, 50, 100 e 200 anni.

Nella tabella “QL.1” sono riportati , con riferimento alla tav. “SP”, i dati idraulici e la valutazione della pericolosità dei tronchi del reticolo idrografico relativi alle simulazioni effettuate per eventi di pioggia caratterizzati da tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni. La pericolosità è stata considerata “bassa” se il valore del livello idrometrico è interno ad una fascia di più o meno 20 cm rispetto al livello ammissibile²⁰ mentre è stata considerata “alta” se il livello ammissibile viene superato di una quantità maggiore di 20 cm. Le simulazioni sono state effettuate considerando nulle le esondazioni laterali.

¹⁸ Sono stati anche effettuati studi per valutare gli effetti di un aumento delle quote in Reno; essi hanno dimostrato la sostanziale ininfluenza, almeno fino a 12 m, delle quote in Reno.

¹⁹ La sezione iniziale dell’asta di pianura è stata posta immediatamente a monte dell’autodromo di Imola.

²⁰ La definizione del livello ammissibile è particolarmente significativa soltanto nel caso dei tronchi arginati in quanto soltanto in questo caso il livello ammissibile può essere individuato con precisione essendo esso riferito alla sommità

Si può osservare che nei tronchi non arginati (o arginati con discontinuità) il livello ammissibile viene superato, in ogni caso studiato, con continuità ed in modo considerevole nel tratto compreso tra le sezioni immediatamente successive al ponte della ferrovia BO-AN e l'inizio della zona arginata di II categoria, che è stata considerata coincidente con la sezione 1. In questo tratto del Santerno, la laminazione delle portate è probabilmente maggiore di quanto considerato nelle simulazioni effettuate in quanto in esse non è stato possibile descrivere la complessità che caratterizza la morfologia dell'alveo e delle zone circostanti e che verosimilmente induce nella realtà una riduzione della portata massima maggiore di quella risultante con una schematizzazione "semplificata" che vede soltanto ampie golene ed andamento pianeggiante nelle aree limitrofe all'alveo inciso e il ponte dell'autostrada A14 come semplice restringimento della sezione di deflusso.

Per ciò che concerne i tronchi con argini di II categoria, e sulla base dei dati relativi ad eventi con tempi di ritorno di 50 anni, si osserva che:

- i superamenti maggiori del livello ammissibile (mediamente intorno al metro) si hanno in corrispondenza dei ponti;
- il livello idrico supera in modo consistente le sommità arginali solo nel tratto compreso grosso modo tra il ponte della ferrovia Lavezzola-Faenza e Ca' di Lugo (lungo circa 3,5 km);
- il superamento delle sommità arginali è contenuto comunque all'interno dei 50 cm;
- il superamento medio ponderato sulla lunghezza dei tratti arginati sormontati è di circa 0,30 m.

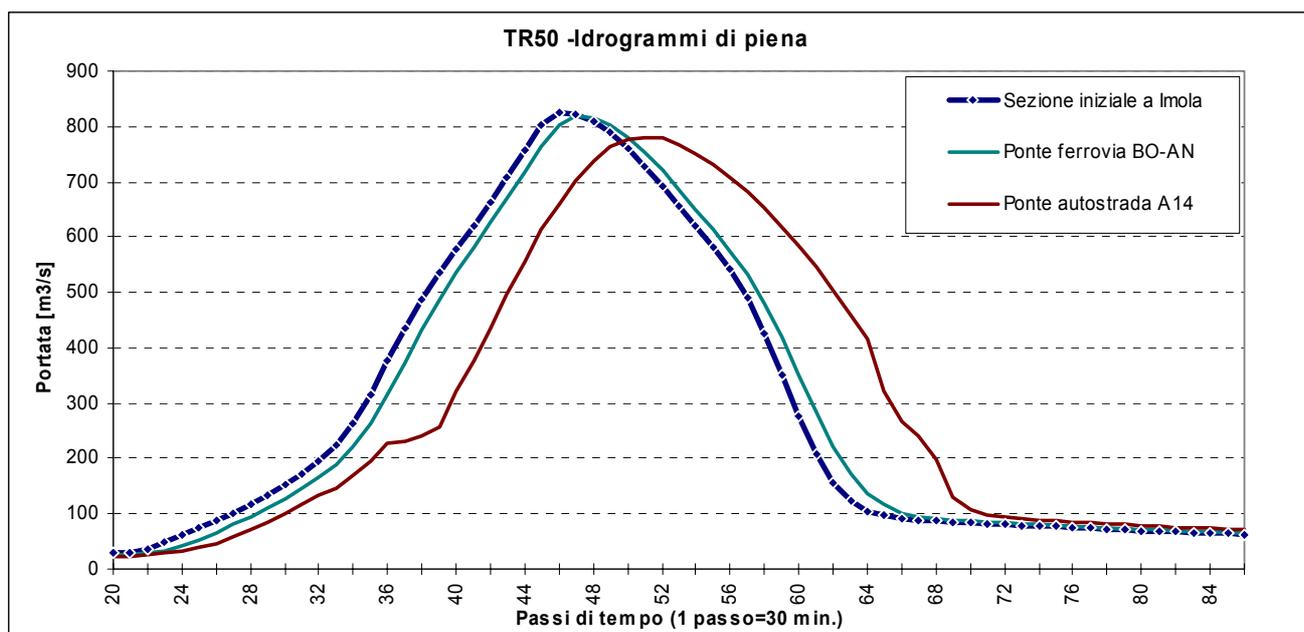
TAB.QL.1 - Tabella pericolosità dell'asta di pianura del Santerno

SEZIONI			Pericolosità						Caratteristiche Sezioni				Simulazioni Tr=50 anni Durata pioggia=12 ore			Simulazioni Tr=100 anni Durata pioggia=12 ore			Simulazioni Tr=200 anni Durata pioggia=12 ore		
CODICE	Distanza progr. [m]	Localizzazione	Tr=50 anni		Tr=100 anni		Tr=200 anni		Livello amm. DX [m]	Livello amm. SX [m]	Livello limite [m]	Quota fondo [m]	Livello idrico [m]	Sup. livello ammisibile [m]	Portata massima [m³/s]	Livello idrico [m]	Sup. livello ammisibile [m]	Portata massima [m³/s]	Livello idrico [m]	Sup. livello ammisibile [m]	Portata massima [m³/s]
			Peric. bassa	Peric. alta	Peric. bassa	Peric. alta	Peric. bassa	Peric. alta													
28M	0	A monte dell'Autodromo						54.15	45.74	45.74	35.91	44.33	-1.41	824	44.7	-1.04	940	45	-0.74	1040	
29M_V1	453	Imola						46.58	46.63	46.58	38.96	42.92	-3.66	822	43.24	-3.34	939	43.51	-3.07	1040	
29M_V2	463	Ponte prossimità curva Tosa						45.21	45.21	45.21	38.96	42.69	-2.52	822	43.02	-2.19	939	43.29	-1.92	1040	
29M_V3	473	Ponte prossimità curva Tosa						45.21	45.21	45.21	38.96	42.39	-2.82	822	42.78	-2.43	939	43.06	-2.15	1040	
29M	483	Imola						46.58	46.63	46.58	38.96	42.13	-4.45	822	42.61	-3.97	939	42.93	-3.65	1040	
30M_BR1	508	Imola		si		si		41.85	41.85	41.85	36.72	42.41	0.56	822	42.89	1.04	939	43.22	1.37	1040	
30M_2	556	Imola		si		si		40	40.02	40	33.52	42.42	2.42	822	42.91	2.91	939	43.25	3.25	1040	
31M	967	Tiro a segno		si		si		41.71	39.98	39.98	33.07	41.91	1.93	822	42.3	2.32	938	42.64	2.66	1040	
32M_V1	1751	Imola						41.55	41.48	41.48	33.08	40.2	-1.28	822	40.59	-0.89	935	40.92	-0.56	1038	
32M_V2	1761	Ponte Via Alighieri	si			si		40.18	40.18	40.18	33.08	40.14	-0.04	822	40.53	0.35	935	40.86	0.68	1038	
32M_V3	1771	Ponte Via Alighieri	si			si		40.18	40.18	40.18	33.08	40.1	-0.08	822	40.49	0.31	935	40.83	0.65	1038	
32M	1781	Imola						41.55	41.48	41.48	33.08	40.08	-1.40	822	40.48	-1.00	935	40.81	-0.67	1038	
33M_BR	1817	Imola	si			si		39.77	39.45	39.45	36	39.65	0.20	822	40.07	0.62	934	40.41	0.96	1038	
33M	1910	Imola	si			si		39.77	39.45	39.45	31.96	39.65	0.20	822	40.07	0.62	934	40.41	0.96	1037	
34M	2883	Imola						43.8	43.8	43.8	30.03	37.84	-5.96	820	38.35	-5.45	930	38.67	-5.13	1035	
34M_V1	2893	Ponte via Emilia						40.2	40.2	40.2	30.97	37.72	-2.48	820	38.23	-1.97	930	38.55	-1.65	1035	
34M_V2	2903	Ponte via Emilia						40.2	40.2	40.2	30.97	37.69	-2.51	820	38.2	-2.00	930	38.52	-1.68	1035	
34M_V3	2913	Imola						43.8	43.8	43.8	30.03	37.76	-6.04	820	38.27	-5.53	930	38.59	-5.21	1035	
35M	2970	Imola		si		si		42.5	36.45	36.45	29.18	37.58	1.13	820	38.1	1.65	930	38.41	1.96	1035	
36M	3604	Imola		si		si		35.25	35.34	35.25	28.36	35.89	0.64	819	36.22	0.97	930	36.49	1.24	1033	
37M_V1	4170	Imola						39.29	38.97	38.97	30.47	34.39	-4.58	818	34.65	-4.32	930	34.85	-4.12	1031	
37M_V2	4180	Ponte della ferrovia						36.6	36.6	36.6	30.47	34.15	-2.45	818	34.39	-2.21	930	34.57	-2.03	1031	
37M_V3	4190	Ponte della ferrovia						36.6	36.6	36.6	30.47	33.98	-2.62	818	34.2	-2.40	930	34.38	-2.22	1031	
37M	4200	Imola						39.29	38.97	38.97	30.47	34.03	-4.94	818	34.27	-4.70	930	34.47	-4.50	1031	
37M_BR	4220	Imola						39.29	38.97	38.97	30.09	34.03	-4.94	818	34.27	-4.70	930	34.46	-4.51	1031	
38M_2	4230	Imola		si		si		33	39.5	33	29.62	34.13	1.13	818	34.39	1.39	930	34.6	1.60	1031	
39M_2	5150	Imola		si		si		33.08	32.53	32.53	25.2	33.24	0.71	815	33.47	0.94	927	33.66	1.13	1028	
40M_2	6379	Cantiere Zello		si		si		30.61	31.8	30.61	23.09	32.5	1.89	814	32.72	2.11	926	32.89	2.28	1029	
41M_2_NW	6997	Cantiere Zello		si		si		30.97	30.76	30.76	21.63	31.72	0.96	804	31.99	1.23	910	32.17	1.41	1006	
41M_2	7614	Cantiere Zello		si		si		29.33	29.51	29.33	20.17	30.88	1.55	795	31.31	1.98	895	31.54	2.21	986	
42M_NEW	8254	Cantiere Zello		si		si		28.97	29.5	28.97	19.78	30.45	1.48	787	31.02	2.05	882	31.27	2.30	968	
42M	8894	San Prospero		si		si		28.55	29.12	28.55	19.4	30.16	1.61	783	30.83	2.28	871	31.09	2.54	952	
43M_V	9661	San Prospero		si		si		27.99	28.05	27.99	18.28	29.64	1.65	781	30.26	2.27	864	30.5	2.51	938	
43M_V1	9761	San Prospero		si		si		27.99	28.05	27.99	18.28	29.58	1.59	781	30.17	2.18	864	30.41	2.42	937	
43M_V2	9771	Ponte autostrada A14		si		si		28	28	28	18.28	29.24	1.24	781	29.78	1.78	864	29.96	1.96	937	
43M_V3	9781	Ponte autostrada A14		si		si		28	28	28	18.28	29.22	1.22	781	29.77	1.77	863	29.94	1.94	937	
43M	9791	C. Chiavicone		si		si		27.99	28.05	27.99	18.28	29.55	1.56	781	30.13	2.14	863	30.37	2.38	937	
43M_V4	9891	C. Chiavicone		si		si		27.89	27.95	27.89	18.18	29.48	1.59	781	30.03	2.14	863	30.26	2.37	937	
44M_V	10491	C. Diana		si		si		26.69	26.75	26.69	16.98	29.07	2.38	781	29.38	2.69	864	29.57	2.88	938	
0_SANG	11353	Immissione Rio Sanguinario		si		si		27.91	26.05	26.05	15.43	28.76	2.71	791	28.98	2.93	873	29.18	3.13	948	
0	11773	C. Montaccio		si		si		27.57	25.71	25.71	15.09	28.45	2.74	789	28.67	2.96	872	28.87	3.16	947	
1	13121	Fondo Maduno				si		27.87	27.89	27.87	14.5	27.19	-0.68	788	27.5	-0.37	870	27.75	-0.12	945	
2	13840	C. Maduno						27.64	27.73	27.64	13.45	26.36	-1.28	773	26.74	-0.90	853	27.05	-0.59	928	
3	14301	Ansa C.Morara			si	si		26.48	28.09	26.48	14.52	25.97	-0.51	766	26.34	-0.14	843	26.65	0.17	917	
4	14789	C. Nuova						27.44	26.91	26.91	13.75	25.66	-1.25	758	26.06	-0.85	835	26.39	-0.52	905	
5	15183	C.Felegaro						27.74	27.47	27.47	14.8	25.21	-2.26	740	25.68	-1.79	816	26.07	-1.40	883	
6	15555	Cons.Vin. Emiliani-Romagnoli						26.53	26.54	26.53	12.8	25.09	-1.44	724	25.53	-1.00	799	25.89	-0.64	864	
7	16094	Cons.Vin. Emiliani-Romagnoli						26.45	26.44	26.44	12.75	24.81	-1.63	704	25.25	-1.19	776	25.61	-0.83	839	

SEZIONI			Pericolosità						Caratteristiche Sezioni				Simulazioni Tr=50 anni Durata pioggia=12 ore			Simulazioni Tr=100 anni Durata pioggia=12 ore			Simulazioni Tr=200 anni Durata pioggia=12 ore		
CODICE	Distanza progr. [m]	Localizzazione	Tr=50 anni		Tr=100 anni		Tr=200 anni		Livello amm. DX [m]	Livello amm. SX [m]	Livello limite [m]	Quota fondo [m]	Livello idrico [m]	Sup. livello ammisibile [m]	Portata massima [m³/s]	Livello idrico [m]	Sup. livello ammisibile [m]	Portata massima [m³/s]	Livello idrico [m]	Sup. livello ammisibile [m]	Portata massima [m³/s]
			Peric. bassa	Peric. alta	Peric. bassa	Peric. alta	Peric. bassa	Peric. alta													
08BIS	16533	Mordano						26.05	26.33	26.05	11.84	24.65	-1.40	703	25.09	-0.96	775	25.45	-0.60	839	
8BIS_V1	16543	Ponte di Mordano		si		si	si	23.4	23.4	23.4	11.84	24.6	1.20	703	25.03	1.63	775	25.39	1.99	839	
8BIS_V2	16553	Ponte di Mordano		si		si	si	23.4	23.4	23.4	11.84	24.58	1.18	703	25.02	1.62	775	25.37	1.97	839	
8BIS_V3	16563	Mordano						26.05	26.33	26.05	11.84	24.62	-1.43	703	25.06	-0.99	775	25.42	-0.63	839	
8	16595	Mordano						26.03	25.99	25.99	10.39	24.61	-1.38	703	25.05	-0.94	775	25.41	-0.58	839	
9	17081	Mordano						25.79	25.98	25.79	12.56	24.32	-1.47	702	24.75	-1.04	774	25.1	-0.69	838	
10	17545	Mordano					si	25.23	24.77	24.77	11.2	23.97	-0.80	700	24.41	-0.36	774	24.76	-0.01	838	
11	18079	Fondo Parmigiano					si	24.61	24.34	24.34	10.44	23.41	-0.93	700	23.85	-0.49	773	24.21	-0.13	837	
12	18573	Fondo Parmigiano						24.3	24	24	9.14	22.74	-1.26	700	23.18	-0.82	773	23.53	-0.47	837	
13	19025	Fondo Costantina						23.81	23.5	23.5	9.38	22.36	-1.14	700	22.81	-0.69	773	23.15	-0.35	837	
13BIS	19258	Attraversamento CER						24.08	24.07	24.07	9.8	22.36	-1.71	700	22.81	-1.26	773	23.16	-0.91	837	
14	19615	C. Fabbri						23.29	23.24	23.24	8.5	22.23	-1.01	700	22.68	-0.56	773	23.03	-0.21	837	
15	20120	Ansa Santerno morto			si		si	22.96	22.33	22.33	10.16	21.88	-0.45	699	22.33	0.00	772	22.68	0.35	837	
16	20624	Ansa Santerno morto			si		si	22.15	22.07	22.07	8.35	21.57	-0.50	699	22.03	-0.04	772	22.39	0.32	836	
17BIS_V1	20982	Ansa Santerno morto	si			si	si	21.71	21.56	21.56	7.44	21.4	-0.16	698	21.87	0.31	772	22.23	0.67	836	
17BIS_V2	20992	Ponte della Regina		si		si	si	20.6	20.6	20.6	7.44	21.38	0.78	698	21.84	1.24	772	22.2	1.60	836	
17BIS_V3	21002	Ponte della Regina		si		si	si	20.6	20.6	20.6	7.44	21.37	0.77	698	21.83	1.23	772	22.19	1.59	836	
17BIS_V4	21012	Ansa Santerno morto	si			si	si	21.71	21.56	21.56	7.44	21.38	-0.18	698	21.84	0.28	772	22.2	0.64	836	
17	21127	Ansa Santerno morto	si			si	si	21.59	21.51	21.51	7.35	21.33	-0.18	698	21.79	0.28	772	22.15	0.64	836	
18	21632	Ansa Santerno morto	si			si	si	21.21	21.28	21.21	8.12	21.08	-0.13	698	21.55	0.34	771	21.92	0.71	835	
19	22126	Ansa Santerno morto	si			si	si	20.83	20.92	20.83	6.24	20.91	0.08	697	21.38	0.55	771	21.75	0.92	835	
20	22617	Sant'Agata		si		si	si	20.37	20.43	20.37	6.09	20.7	0.33	688	21.18	0.81	761	21.55	1.18	826	
20BIS_V1	22753	Sant'Agata	si			si	si	20.48	20.44	20.44	5.85	20.64	0.20	686	21.12	0.68	759	21.49	1.05	824	
20BIS_V2	22763	Ponte FS Lavezzola Faenza		si		si	si	19.7	19.7	19.7	5.85	20.6	0.90	686	21.07	1.37	759	21.44	1.74	823	
20BIS_V3	22773	Ponte FS Lavezzola Faenza		si		si	si	19.7	19.7	19.7	5.85	20.59	0.89	686	21.06	1.36	758	21.43	1.73	823	
20BIS	22783	Sant'Agata	si			si	si	20.48	20.44	20.44	5.85	20.61	0.17	686	21.1	0.66	758	21.47	1.03	823	
21	23122	Sant'Agata		si		si	si	19.93	19.92	19.92	5.45	20.5	0.58	680	20.99	1.07	752	21.36	1.44	817	
21BIS_V1	23157	Sant'Agata		si		si	si	19.89	19.84	19.84	5.42	20.49	0.65	679	20.97	1.13	752	21.34	1.50	816	
21BIS_V2	23167	Ponte via S.Vitale		si		si	si	19	19	19	5.42	20.43	1.43	679	20.91	1.91	751	21.28	2.28	816	
21BIS_V3	23177	Ponte via S.Vitale		si		si	si	19	19	19	5.42	20.42	1.42	678	20.9	1.90	751	21.27	2.27	816	
21BIS	23187	Sant'Agata		si		si	si	19.89	19.84	19.84	5.42	20.46	0.62	678	20.95	1.11	751	21.32	1.48	816	
22	23609	Sant'Agata		si		si	si	20.23	19.77	19.77	5.32	20.18	0.41	670	20.66	0.89	742	21.03	1.26	807	
23	24133	Sant'Agata		si		si	si	19.59	19.45	19.45	4.96	19.87	0.42	661	20.35	0.90	732	20.72	1.27	797	
24	24630	Sant'Agata	si			si	si	19.76	19.6	19.6	5.22	19.66	0.06	660	20.15	0.55	732	20.52	0.92	796	
25	25132	Ca' di Lugo		si		si	si	18.99	18.87	18.87	4.77	19.34	0.47	659	19.82	0.95	731	20.19	1.32	796	
26	25627	Ca' di Lugo	si			si	si	18.95	19.23	18.95	3.64	19.05	0.10	659	19.53	0.58	731	19.89	0.94	795	
27	26139	Ca' di Lugo		si		si	si	18.71	18.44	18.44	4.46	18.7	0.26	659	19.18	0.74	731	19.55	1.11	795	
27BIS_V1	26336	Ca' di Lugo					si	19.68	19.34	19.34	6.01	18.59	-0.75	659	19.06	-0.28	731	19.43	0.09	795	
27BIS_V2	26346	Ponte Nuovo	si			si	si	18.6	18.6	18.6	6.01	18.5	-0.10	659	18.97	0.37	731	19.33	0.73	795	
27BIS_V3	26356	Ponte Nuovo	si			si	si	18.6	18.6	18.6	6.01	18.48	-0.12	659	18.95	0.35	731	19.31	0.71	795	
27BIS	26366	Ca' di Lugo					si	19.68	19.34	19.34	6.01	18.54	-0.80	659	19.01	-0.33	731	19.38	0.04	795	
27TER	26526	Ca' di Lugo						20.48	20.53	20.48	5.44	18.46	-2.02	658	18.93	-1.55	731	19.3	-1.18	795	
28	26632	Ca' di Lugo	si			si	si	18.25	18.51	18.25	4.53	18.42	0.17	658	18.89	0.64	730	19.25	1.00	795	
29	27143	Mondaniga	si			si	si	18.04	18	18	4.91	17.97	-0.03	657	18.44	0.44	730	18.8	0.80	794	
30	27639	S.Lorenzo	si			si	si	17.66	17.79	17.66	4.67	17.57	-0.09	657	18.05	0.39	730	18.44	0.78	794	
31	28111	S.Lorenzo					si	17.71	17.66	17.66	4.21	17.34	-0.32	657	17.82	0.16	729	18.22	0.56	794	
32	28651	S.Lorenzo					si	17.48	17.48	17.48	4.03	17.05	-0.43	656	17.52	0.04	728	17.92	0.44	793	
33	29178	Santa Maria in Fabriago					si	17.34	17.56	17.34	3.53	16.85	-0.49	656	17.32	-0.02	728	17.72	0.38	793	

SEZIONI			Pericolosità						Caratteristiche Sezioni				Simulazioni Tr=50 anni Durata pioggia=12 ore			Simulazioni Tr=100 anni Durata pioggia=12 ore			Simulazioni Tr=200 anni Durata pioggia=12 ore		
CODICE	Distanza progr. [m]	Localizzazione	Tr=50 anni		Tr=100 anni		Tr=200 anni		Livello amm. DX [m]	Livello amm. SX [m]	Livello limite [m]	Quota fondo [m]	Livello idrico [m]	Sup. livello ammisibile [m]	Portata massima [m³/s]	Livello idrico [m]	Sup. livello ammisibile [m]	Portata massima [m³/s]	Livello idrico [m]	Sup. livello ammisibile [m]	Portata massima [m³/s]
			Peric. bassa	Peric. alta	Peric. bassa	Peric. alta	Peric. bassa	Peric. alta													
34_V1	29629	Santa Maria in Fabriago						17.76	17.89	17.76	3.98	16.39	-1.37	656	16.84	-0.92	727	17.22	-0.54	792	
34_V2	29639	Ponte pedonale Fabriago					si	17	17	17	3.98	16.26	-0.74	656	16.7	-0.30	727	17.08	0.08	792	
34_V3	29649	Ponte pedonale Fabriago					si	17	17	17	3.98	16.22	-0.78	656	16.66	-0.34	727	17.04	0.04	792	
34	29659	Santa Maria in Fabriago						17.76	17.89	17.76	3.98	16.31	-1.45	656	16.76	-1.00	727	17.14	-0.62	792	
35	30170	Villa Bellaria			si		si	17.68	16.67	16.67	2.26	16.14	-0.53	655	16.59	-0.08	726	16.97	0.30	791	
36	30639	C.S.Giorgi			si		si	16.44	16.5	16.44	2.57	16.05	-0.39	655	16.5	0.06	726	16.89	0.45	791	
37	31142	C.Passarelli	si			si	si	16.21	15.96	15.96	2.33	15.88	-0.08	655	16.33	0.37	726	16.71	0.75	791	
38	31669	S.Bernardino in Selva			si		si	15.97	15.8	15.8	2.69	15.55	-0.25	644	15.98	0.18	715	16.35	0.55	779	
39	32202	S.Bernardino in Selva			si		si	15.61	15.71	15.61	1.9	15.24	-0.37	635	15.66	0.05	704	16.03	0.42	768	
40	32673	S.Bernardino in Selva			si		si	15.24	15.72	15.24	1.66	14.89	-0.35	634	15.3	0.06	703	15.66	0.42	767	
40BIS_V1	32982	S.Bernardino in Selva			si		si	14.87	15.37	14.87	2.69	14.57	-0.30	633	14.97	0.10	702	15.32	0.45	767	
40BIS_V2	32992	Ponte S.Bernardino in Selva			si		si	14.8	14.8	14.8	2.69	14.49	-0.31	633	14.88	0.08	702	15.23	0.43	766	
40BIS_V3	33002	Ponte S.Bernardino in Selva			si		si	14.8	14.8	14.8	2.69	14.46	-0.34	633	14.85	0.05	702	15.2	0.40	766	
40BIS	33012	S.Bernardino in Selva			si		si	14.87	15.37	14.87	2.69	14.5	-0.37	633	14.9	0.03	702	15.25	0.38	766	
41	33189	C.Babini			si		si	14.8	15.28	14.8	2.08	14.31	-0.49	633	14.7	-0.10	702	15.05	0.25	766	
42	33700	C.Capucci					si	14.57	15.25	14.57	2.24	13.88	-0.69	633	14.25	-0.32	702	14.58	0.01	766	
43	34201	Fondo Moro						14.53	14.81	14.53	1.21	13.53	-1.00	633	13.88	-0.65	702	14.19	-0.34	766	
44	34682	C.Zanotti						14.43	14.73	14.43	1.68	13.28	-1.15	632	13.62	-0.81	701	13.93	-0.50	766	
45	35397	La Giovecca						14.17	14.11	14.11	1.05	12.96	-1.15	632	13.32	-0.79	701	13.64	-0.47	766	
46	36005	La Giovecca						13.85	14	13.85	0.52	12.67	-1.18	632	13.04	-0.81	701	13.36	-0.49	766	
47	36507	Passogatto						13.63	13.83	13.63	0.18	12.19	-1.44	618	12.54	-1.09	686	12.85	-0.78	750	
48	37008	C.Castelli						13.42	13.32	13.32	-0.5	11.85	-1.47	605	12.18	-1.14	672	12.47	-0.85	735	
48BIS_V1	37101	Passogatto						13.37	13.45	13.37	-0.11	11.78	-1.59	603	12.1	-1.27	669	12.39	-0.98	732	
48BIS_V2	37111	Ponte Passo Gatto						13.26	13.26	13.26	-0.11	11.73	-1.53	602	12.04	-1.22	669	12.32	-0.94	732	
48BIS_V3	37121	Ponte Passo Gatto						13.26	13.26	13.26	-0.11	11.71	-1.55	602	12.02	-1.24	669	12.3	-0.96	732	
48BIS	37131	Passogatto						13.37	13.45	13.37	-0.11	11.73	-1.64	602	12.05	-1.32	669	12.33	-1.04	731	
49	37500	La Marmana						13.07	13.53	13.07	0.41	11.64	-1.43	602	11.96	-1.11	669	12.25	-0.82	731	
50	37986	La Marmana						12.92	13.02	12.92	-0.1	11.36	-1.56	602	11.68	-1.24	669	11.96	-0.96	731	
51	38501	C.Checcoli						12.68	12.88	12.68	-1.54	11.02	-1.66	601	11.33	-1.35	668	11.61	-1.07	730	
51BIS_V1	38831	Voltana						12.54	12.96	12.54	-1.26	10.84	-1.70	601	11.14	-1.40	667	11.42	-1.12	730	
51BIS_V2	38841	Ponte FS Ferrara Rimini		si		si	si	10.2	10.2	10.2	-1.26	10.8	0.60	601	11.1	0.90	667	11.38	1.18	730	
51BIS_V3	38851	Ponte FS Ferrara Rimini		si		si	si	10.2	10.2	10.2	-1.26	10.78	0.58	601	11.09	0.89	667	11.36	1.16	730	
51BIS	38861	C.Checcoli						12.54	12.96	12.54	-1.26	10.79	-1.75	601	11.1	-1.44	667	11.38	-1.16	730	
52	39064	C.Checcoli						12.89	12.72	12.72	-0.3	10.66	-2.06	600	10.97	-1.75	667	11.24	-1.48	730	
53	39580	Voltana						12.66	12.54	12.54	-0.5	10.36	-2.18	600	10.67	-1.87	667	10.94	-1.60	729	
54	40065	Voltana						12.72	12.72	12.72	-1.34	10.08	-2.64	600	10.38	-2.34	666	10.65	-2.07	729	
55	40609	Voltana						12.69	12.7	12.69	-0.55	9.79	-2.90	598	10.09	-2.60	664	10.36	-2.33	727	
55BIS	40619	Voltana						12.56	12.44	12.44	-0.84	9.83	-2.61	598	10.13	-2.31	664	10.4	-2.04	727	
55BIS_V1	40629	Ponte S.S. 16 Adriatica						11	11	11	-0.84	9.81	-1.19	598	10.11	-0.89	664	10.37	-0.63	727	
55BIS_V2	40639	Ponte S.S. 16 Adriatica						11	11	11	-0.84	9.8	-1.20	597	10.1	-0.90	664	10.36	-0.64	727	
55BIS_V3	40649	Pianta						12.56	12.44	12.44	-0.84	9.81	-2.63	597	10.11	-2.33	664	10.37	-2.07	727	
56	41106	Pianta						12.91	12.95	12.91	-0.62	9.45	-3.46	596	9.75	-3.16	662	10.01	-2.90	725	
57	41602	C.Castelli						12.82	13.08	12.82	-0.9	9	-3.82	596	9.3	-3.52	662	9.56	-3.26	724	
58	42168	C.Castelli						13.23	13.1	13.1	-0.8	8.32	-4.78	595	8.6	-4.50	661	8.86	-4.24	724	
59	42649	Impianto Idrovoero V.Pianta						12.95	13.17	12.95	-2.01	7.58	-5.37	593	7.82	-5.13	660	8.04	-4.91	724	
60	43164	Sfocio in Reno						13.02	13.06	13.02	-1.99	6.5	-6.52	591	6.5	-6.52	660	6.5	-6.52	723	

Dall'analisi delle portate massime si osserva che nell'asta di pianura del Santerno, a differenza di quanto avviene per altri corsi d'acqua, gli effetti di laminazione dell'onda di piena sono particolarmente rilevanti come si può vedere anche dai grafici "Q1", "Q2" e "Q3". Infatti, con riferimento ad eventi con tempi di ritorno di 50 anni, nella sezione iniziale ad Imola (grafico "Q1") la portata presenta il massimo di circa 825 m³/sec dopo circa 12 ore dall'inizio dell'evento di pioggia.

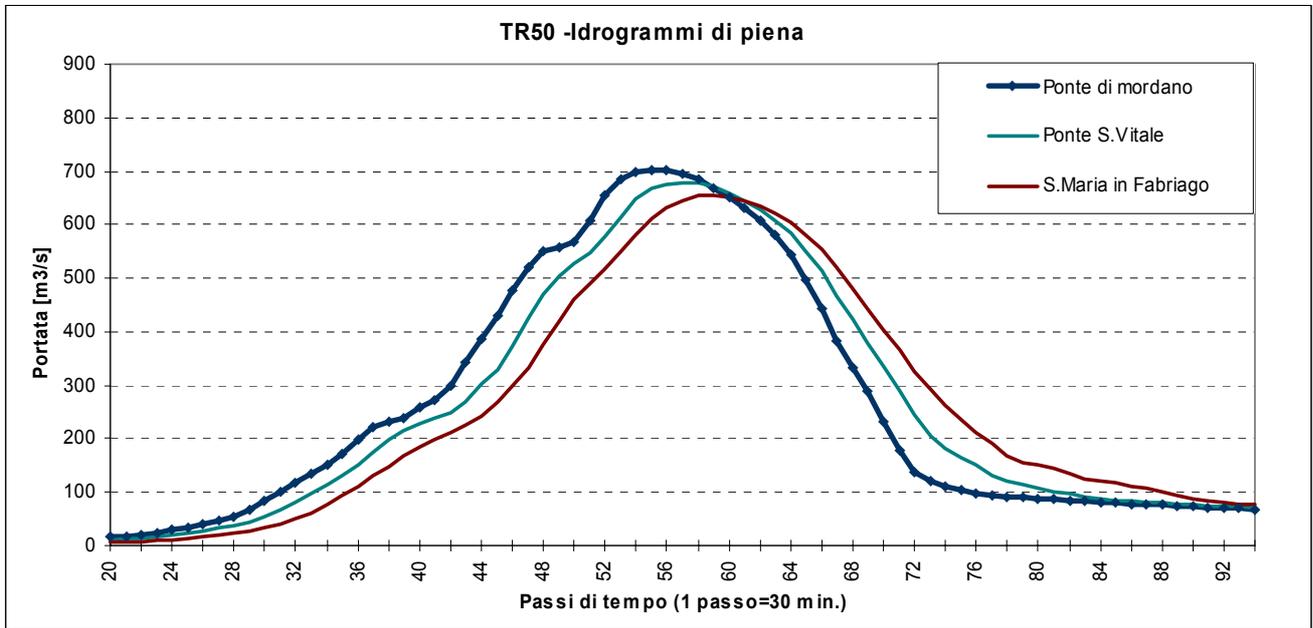


Graf.Q.1

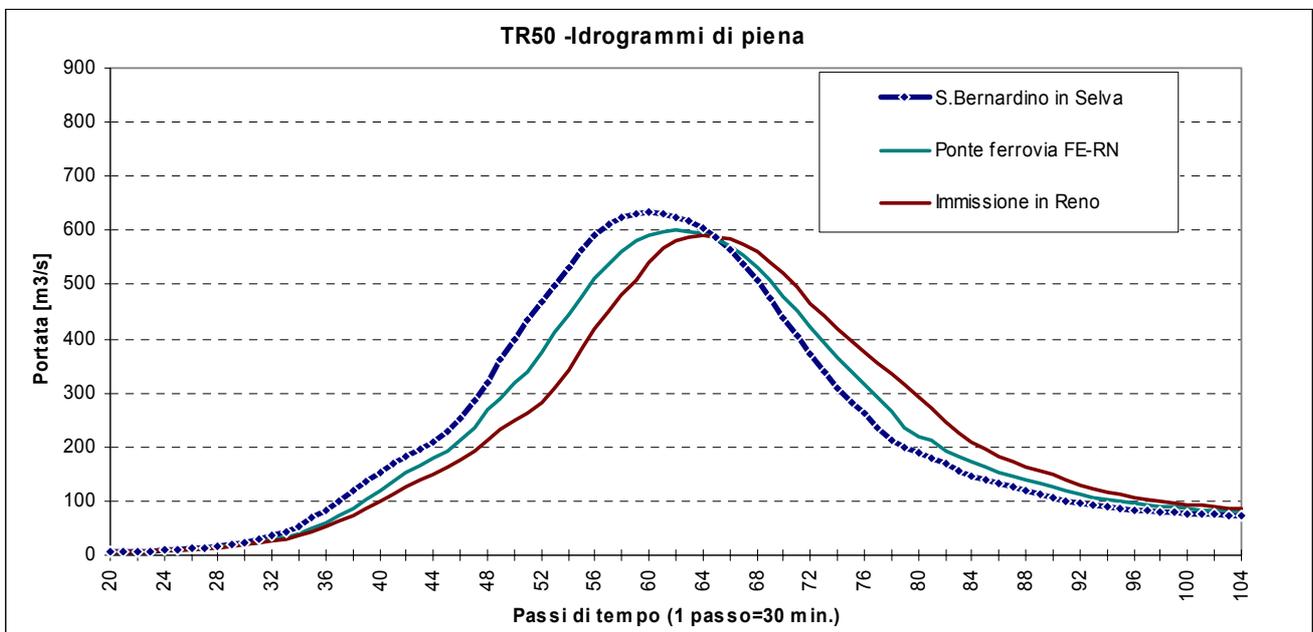
L'onda di piena si propaga fino al ponte della ferrovia Bologna-Ancona subendo una leggera laminazione di circa 6 m³/sec. Nella zona compresa tra il ponte della ferrovia ed il ponte dell'autostrada A14, la portata massima si riduce, nonostante gli apporti dell'interbacino²¹, di circa 27 m³/sec assumendo il valore di circa 790 m³/sec al ponte dell'autostrada. Tale valore è quello che risulta, non considerando riduzioni del picco di portata dovute a perdite di volumi d'acqua anche limitate soltanto alle fasi centrali della piena, all'inizio della zona arginata con opere di II categoria. L'onda di piena subisce poi una forte laminazione, dovuta alla presenza di ampie golene nei primi tratti arginati, giungendo al ponte di Mordano (grafico "Q2") con un picco di portata di circa 700 m³/sec. La laminazione continua riducendo la portata massima a circa 680 m³/sec al ponte della

²¹ Gli apporti dell'interbacino risultano complessivamente pari a circa 25 m³/sec

S.Vitale, a circa 655 m³/sec all’altezza di S. Maria in Fabriago, a circa 630 m³/sec nei pressi di S. Bernardino in Selva (grafico “Q3”), a circa 600 m³/sec al ponte della ferrovia Ferrara-Rimini e, infine, a circa 590 m³/sec all’immissione in Reno.



Graf.Q.2



Graf.Q.3

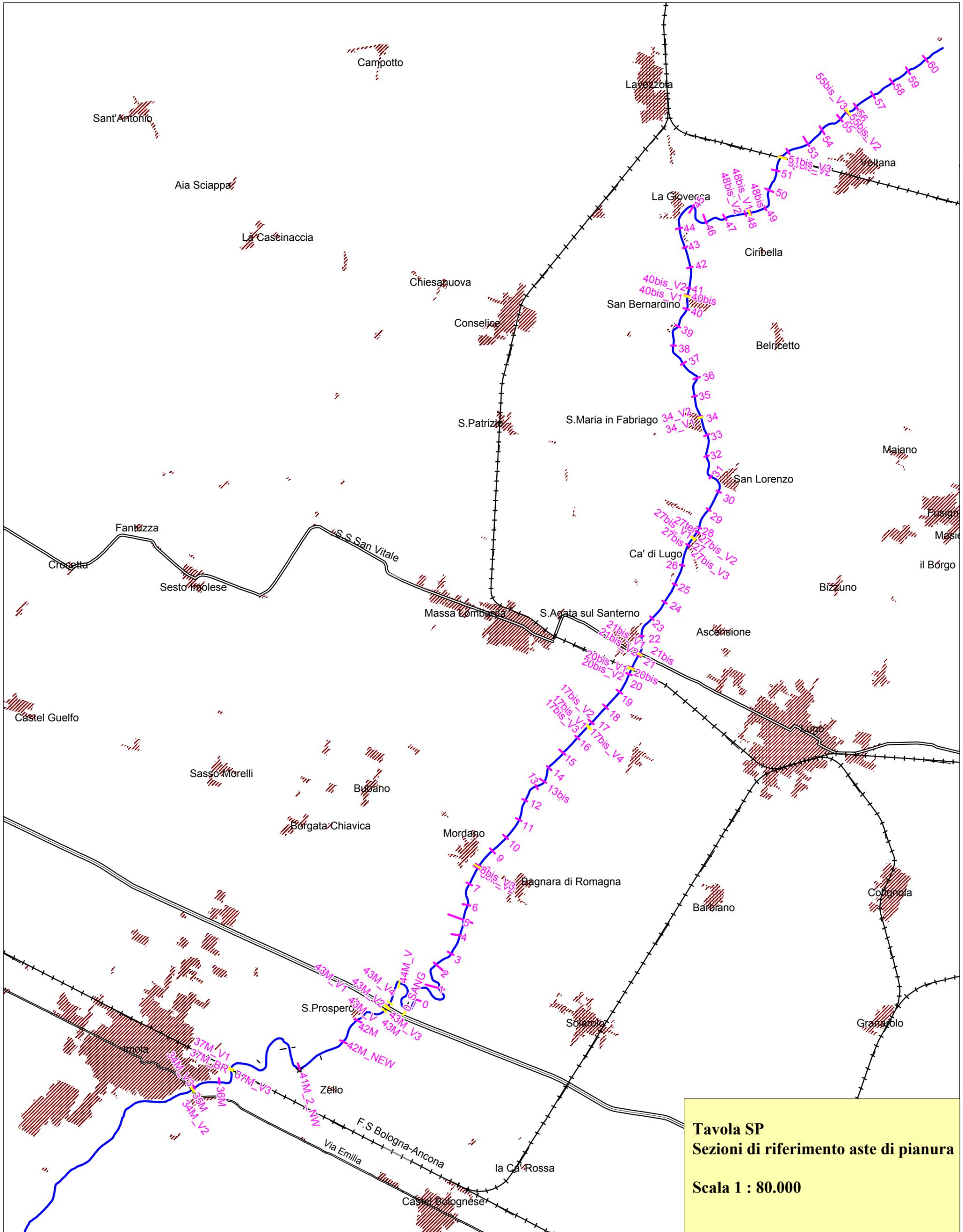


Tavola SP
Sezioni di riferimento aste di pianura
Scala 1 : 80.000

AREE PASSIBILI DI INONDAZIONE

La delimitazione delle aree passibili di inondazione, in riferimento ad eventi con tempi di ritorno di 30, 50, 100 e 200 anni, ha costituito la base per la perimetrazione delle aree ad alta probabilità di inondazione, per la valutazione del rischio idraulico, per l'individuazione degli interventi strutturali necessari per ridurre tale rischio a valori ritenuti accettabili e per la definizione delle fasce di pertinenza fluviale.

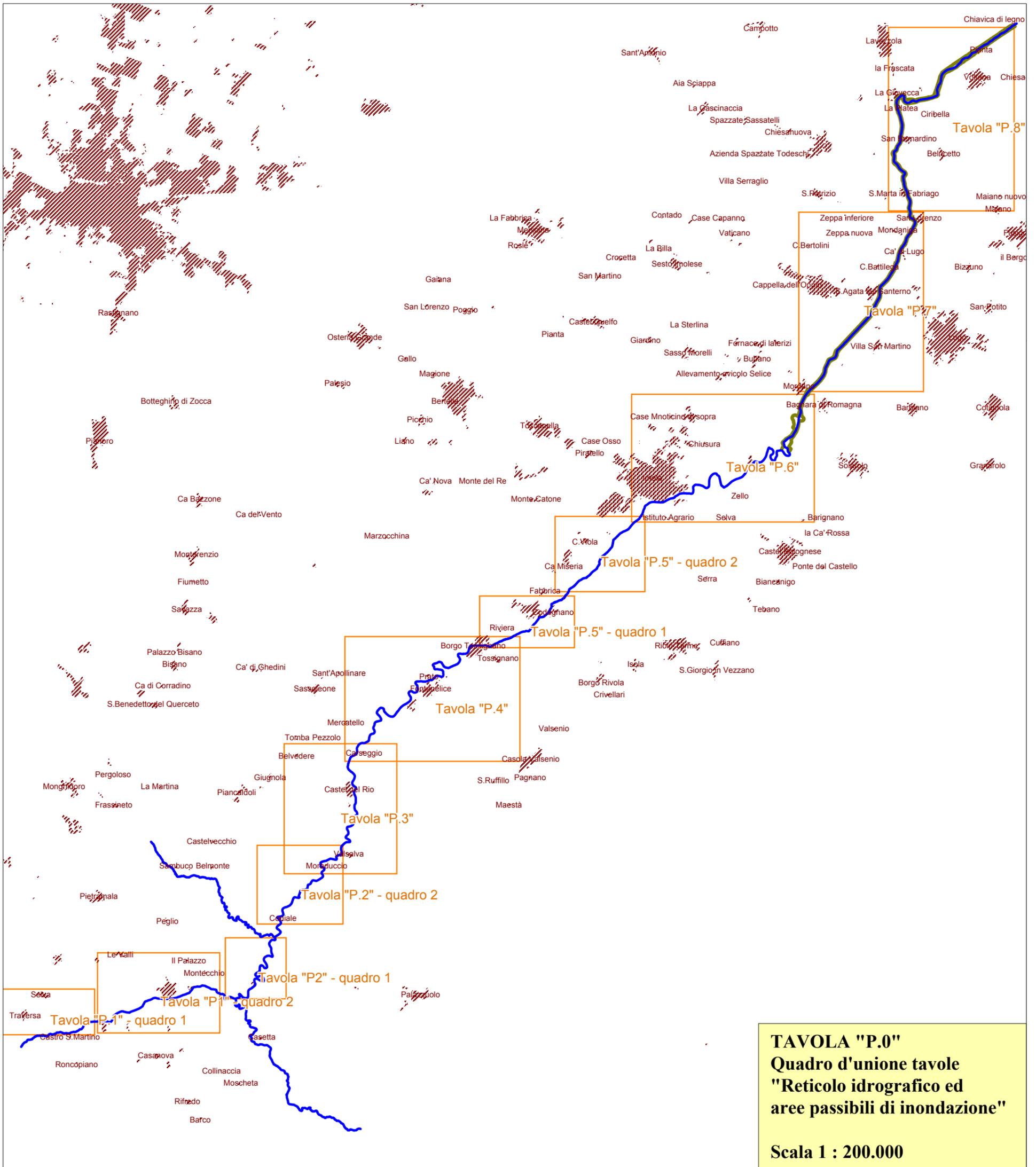
Per l'individuazione delle aree passibili di inondazione, rispetto alle quali imporre limiti all'uso del suolo, il funzionamento idraulico è stato valutato ipotizzando una propagazione senza esondazioni laterali. Ciò risulta opportuno per i seguenti motivi:

- i dati descrittivi della morfologia del reticolo idrografico e delle aree circostanti inducono un'approssimazione, nella valutazione dei volumi che non contribuiscono alla formazione del picco di portata, che non permette di stabilire con la dovuta precisione la portata a valle dei punti di esondazione;
- gli interventi strutturali sono finalizzati a ridurre la pericolosità in tutti i tronchi del reticolo idrografico e quindi il fatto che attualmente avvengano delle esondazioni è da vedere come un fatto transitorio;
- non si può escludere che siano realizzate opere, anche in termini di protezione civile, che impediscano, totalmente o parzialmente, le eventuali esondazioni laterali in considerazione anche del fatto che tali esondazioni possono provocare danni non irrilevanti.

La valutazione, sia pure largamente approssimata, della pericolosità considerando le esondazioni laterali è stata comunque usata per individuare i centri urbani complessivamente a rischio (danno atteso rilevante) rispetto ai quali definire le priorità di realizzazione degli interventi strutturali ed, eventualmente, le azioni di protezione civile.

Nelle tavole "P" successivamente riportate sono indicate:

- le aree facenti parte del reticolo idrografico principale;
- le aree ad alta probabilità di inondazione (passibili di inondazione per eventi con tempi di ritorno inferiori od uguali a 50 anni):
- le aree passibili di inondazione per eventi con tempi di ritorno di 200 anni.



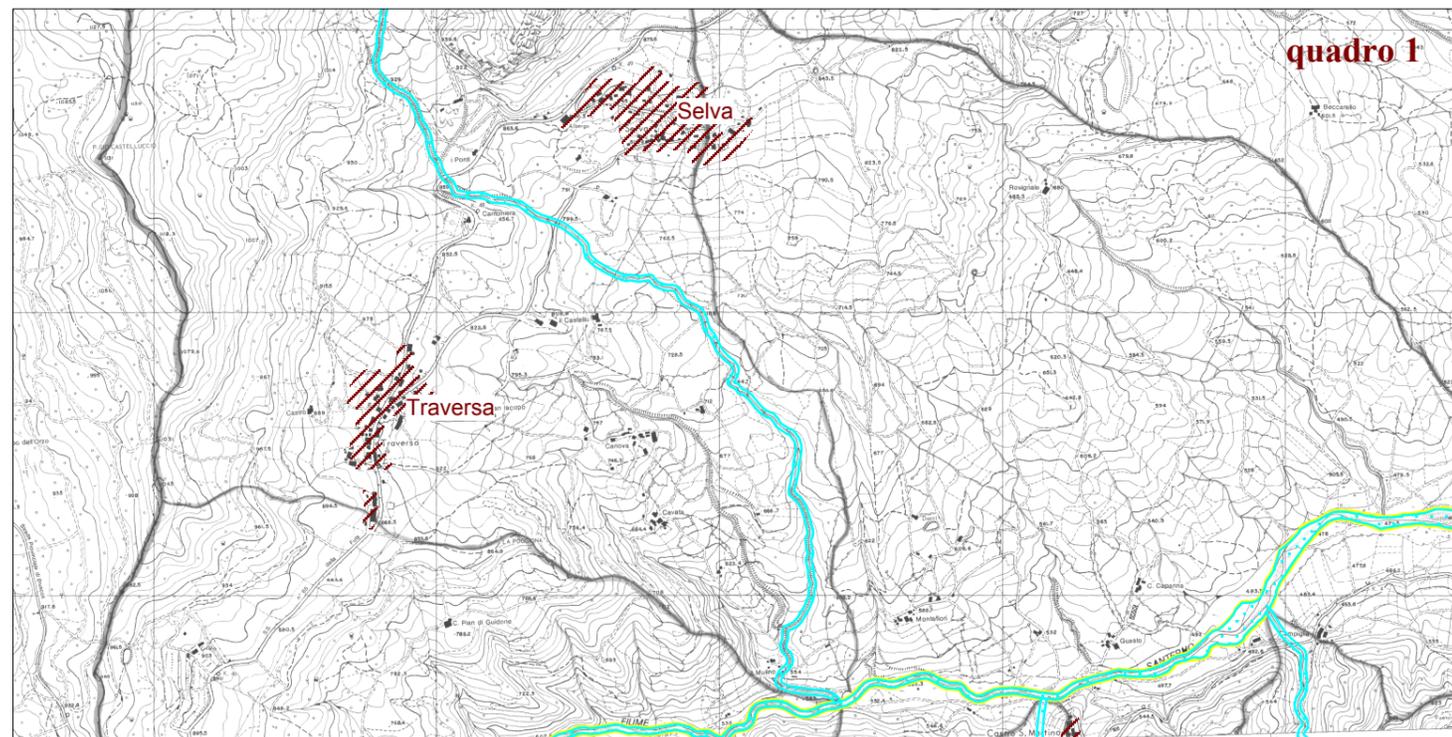
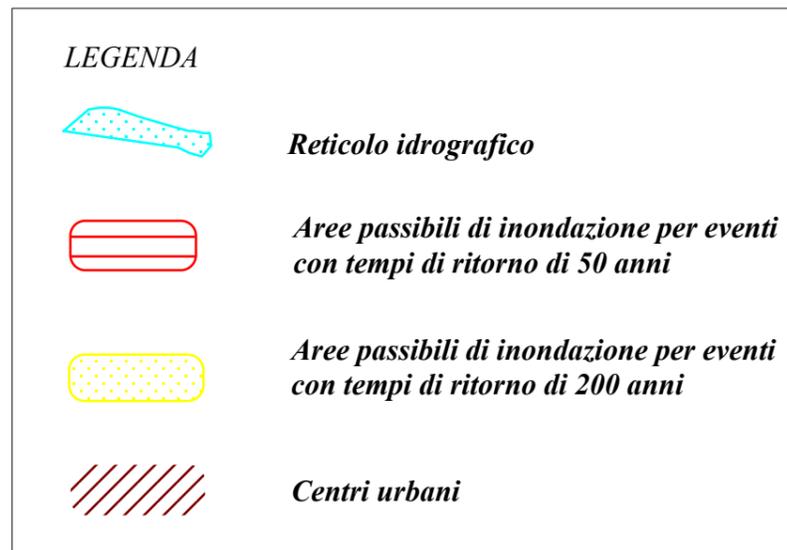
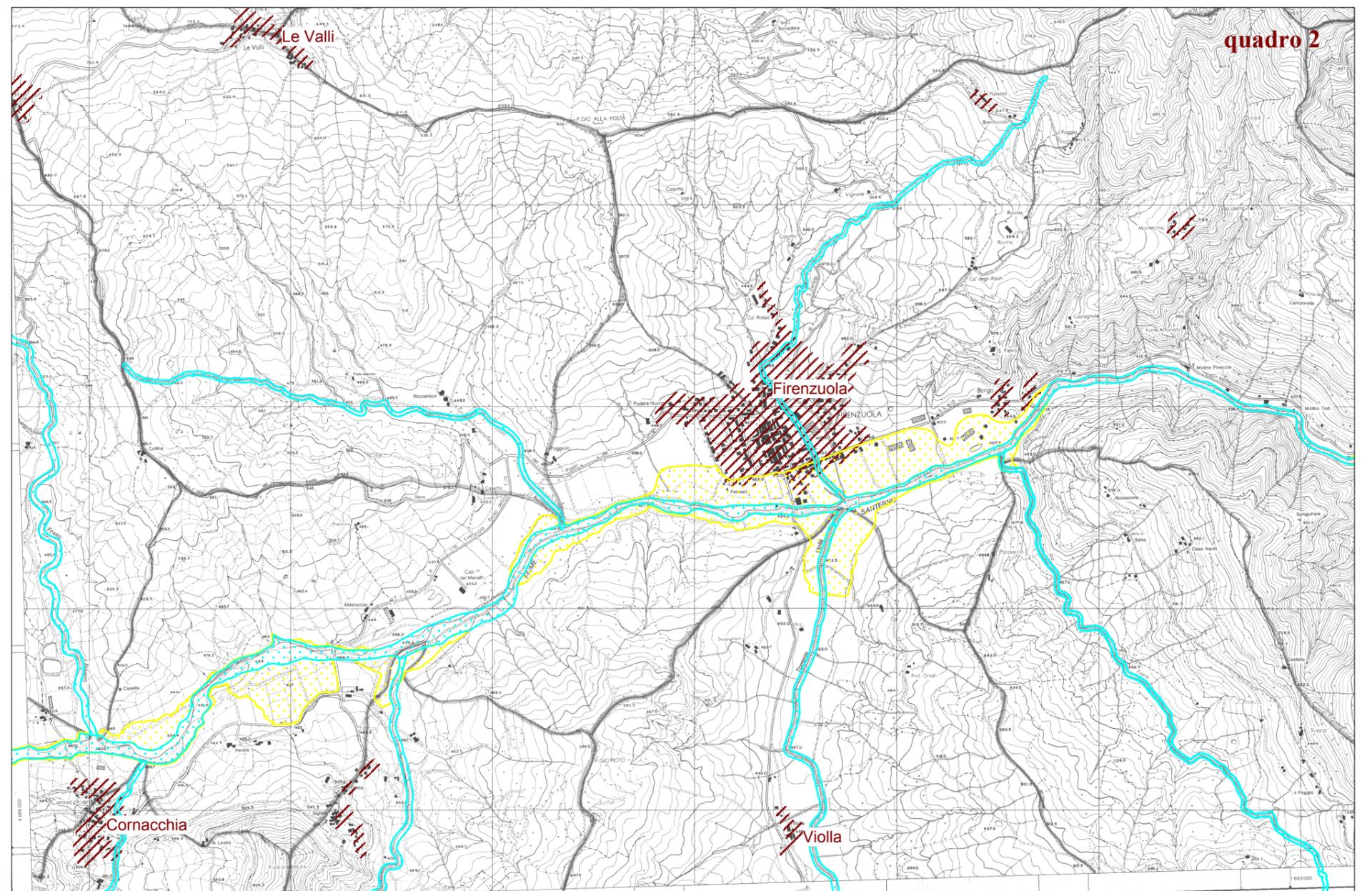


TAVOLA "P.1"
"Reticolo idrografico ed
aree passibili di inondazione"
 Scala 1 : 25000

LEGENDA

-  **Reticolo idrografico**
-  **Aree passibili di inondazione per eventi con tempi di ritorno di 50 anni**
-  **Aree passibili di inondazione per eventi con tempi di ritorno di 200 anni**
-  **Centri urbani**

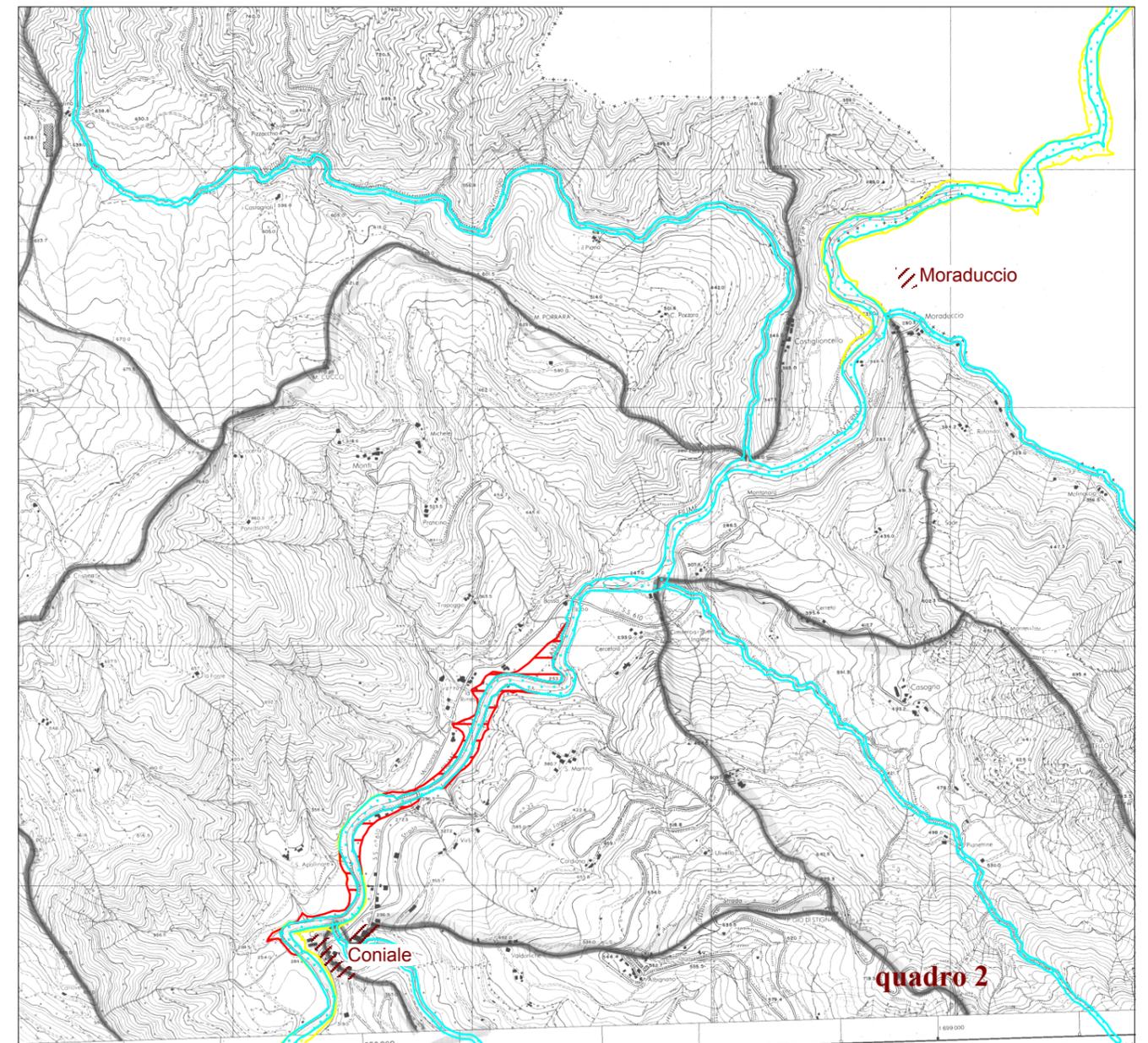
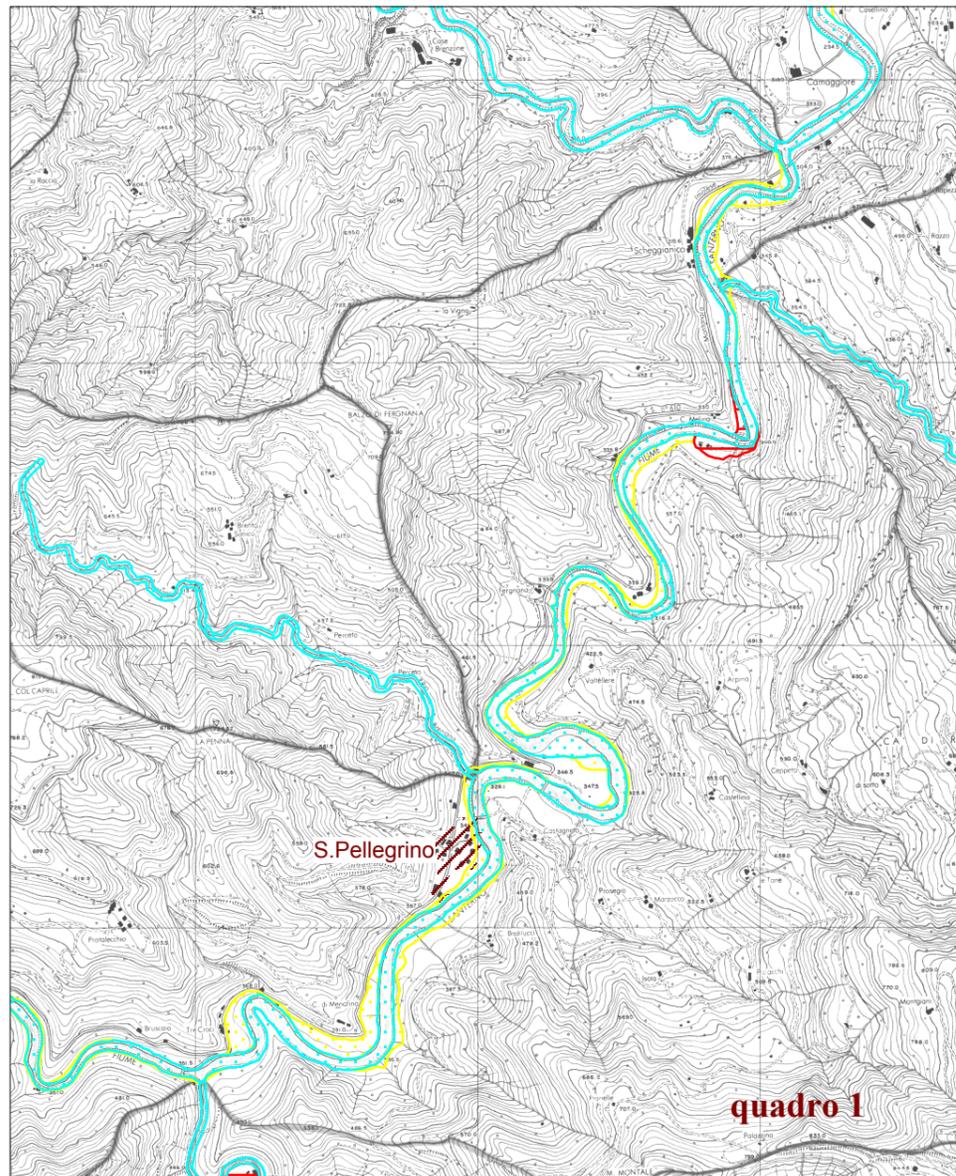


TAVOLA "P.2"
"Reticolo idrografico ed
aree passibili di inondazione"
Scala 1 : 25000

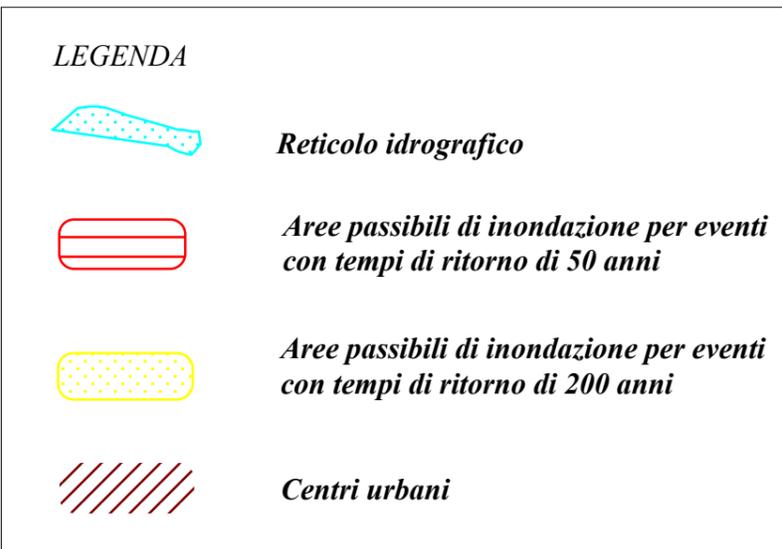
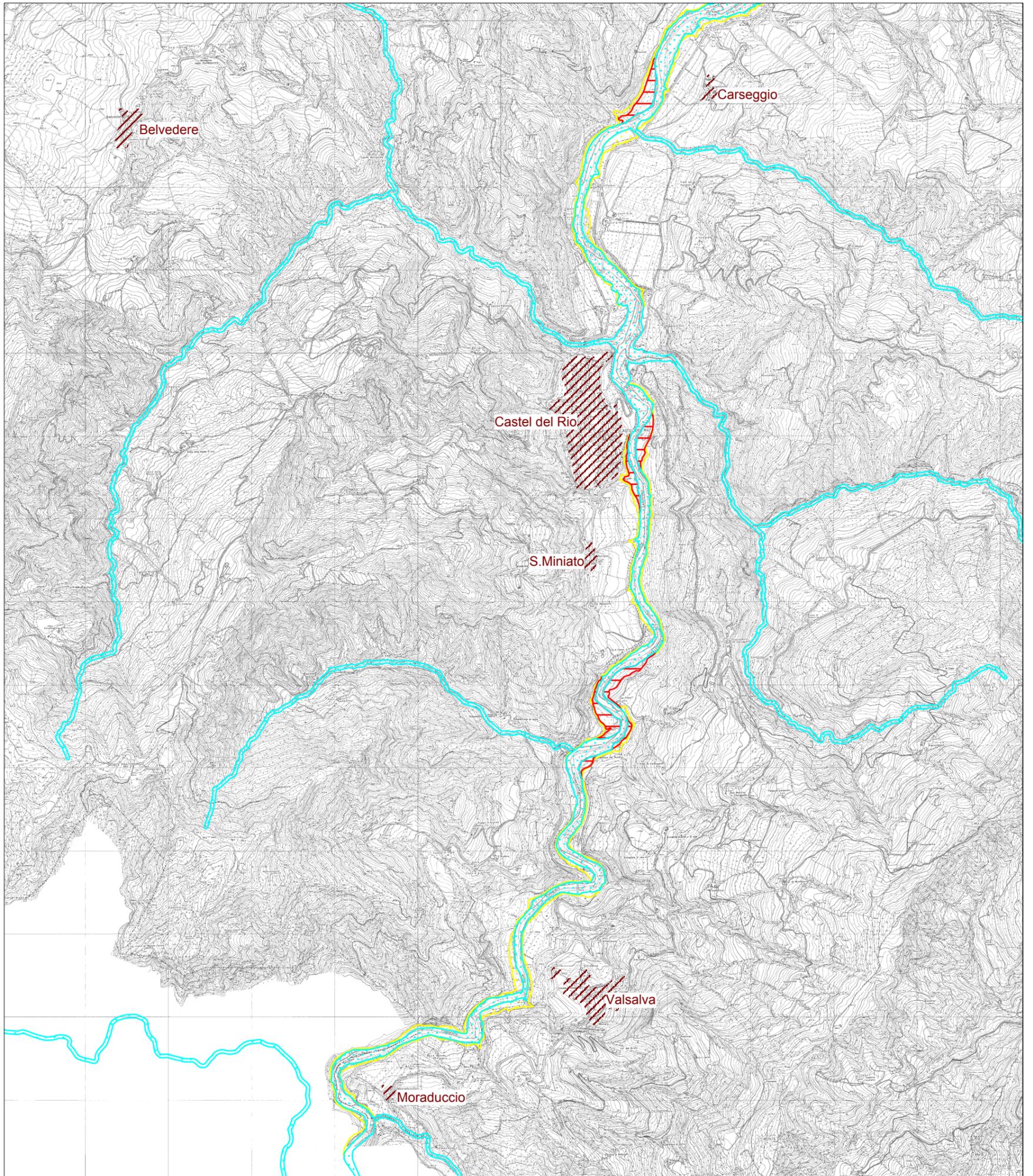


TAVOLA "P.3"
"Reticolo idrografico ed
aree passibili di inondazione"
Scala 1 : 25000

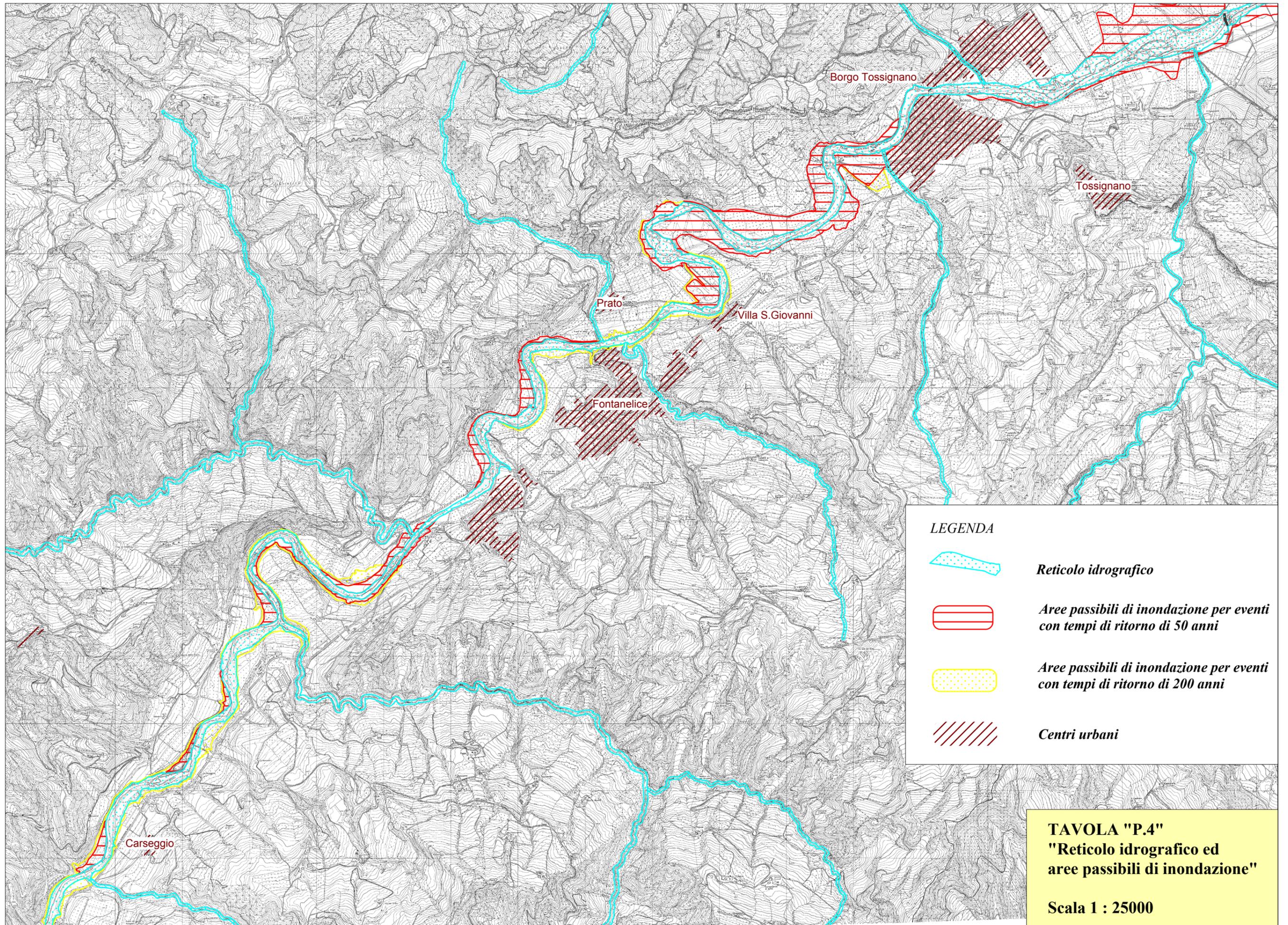


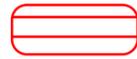
TAVOLA "P.4"
"Reticolo idrografico ed
aree passibili di inondazione"

Scala 1 : 25000

LEGENDA



Reticolo idrografico



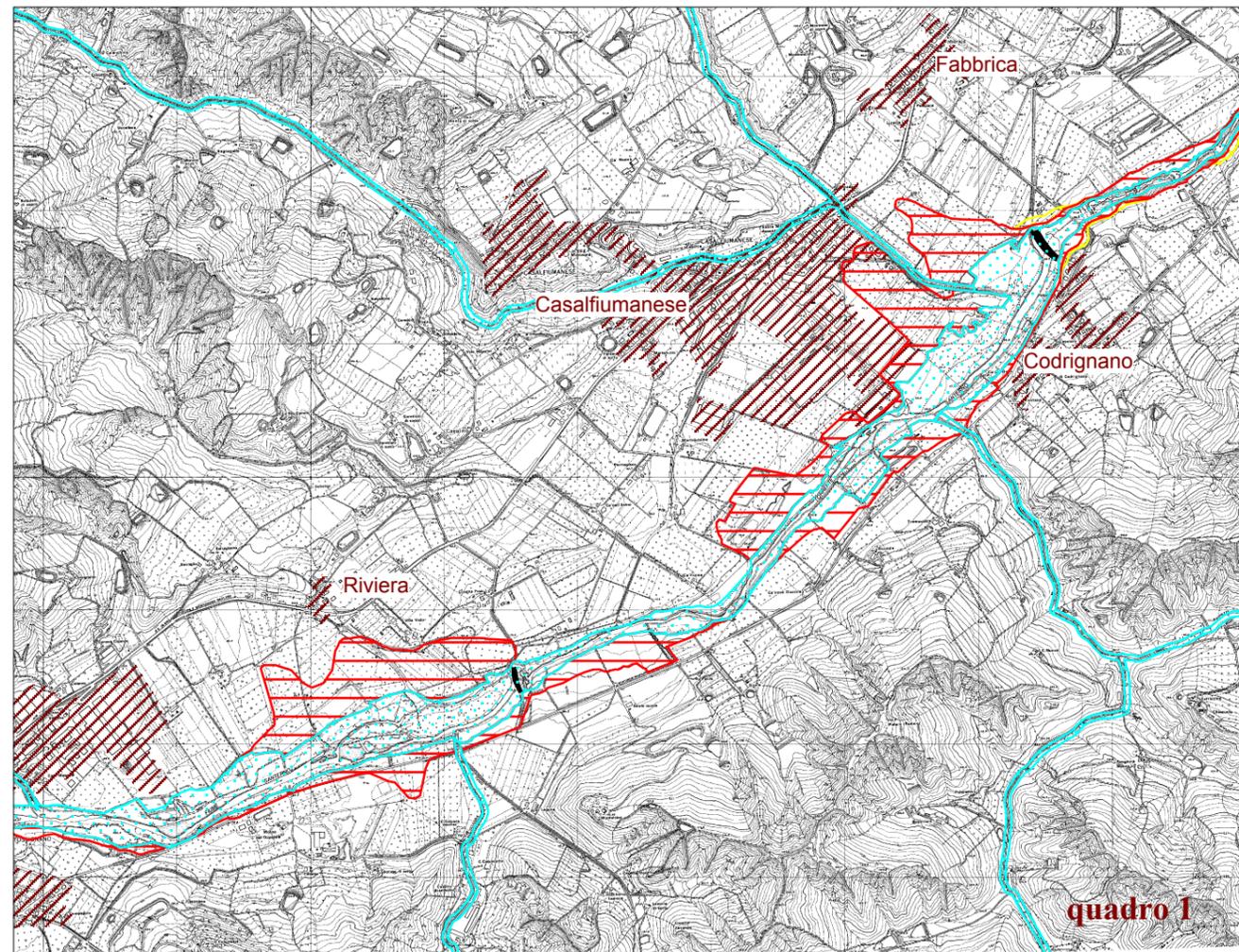
Aree passibili di inondazione per eventi con tempi di ritorno di 50 anni



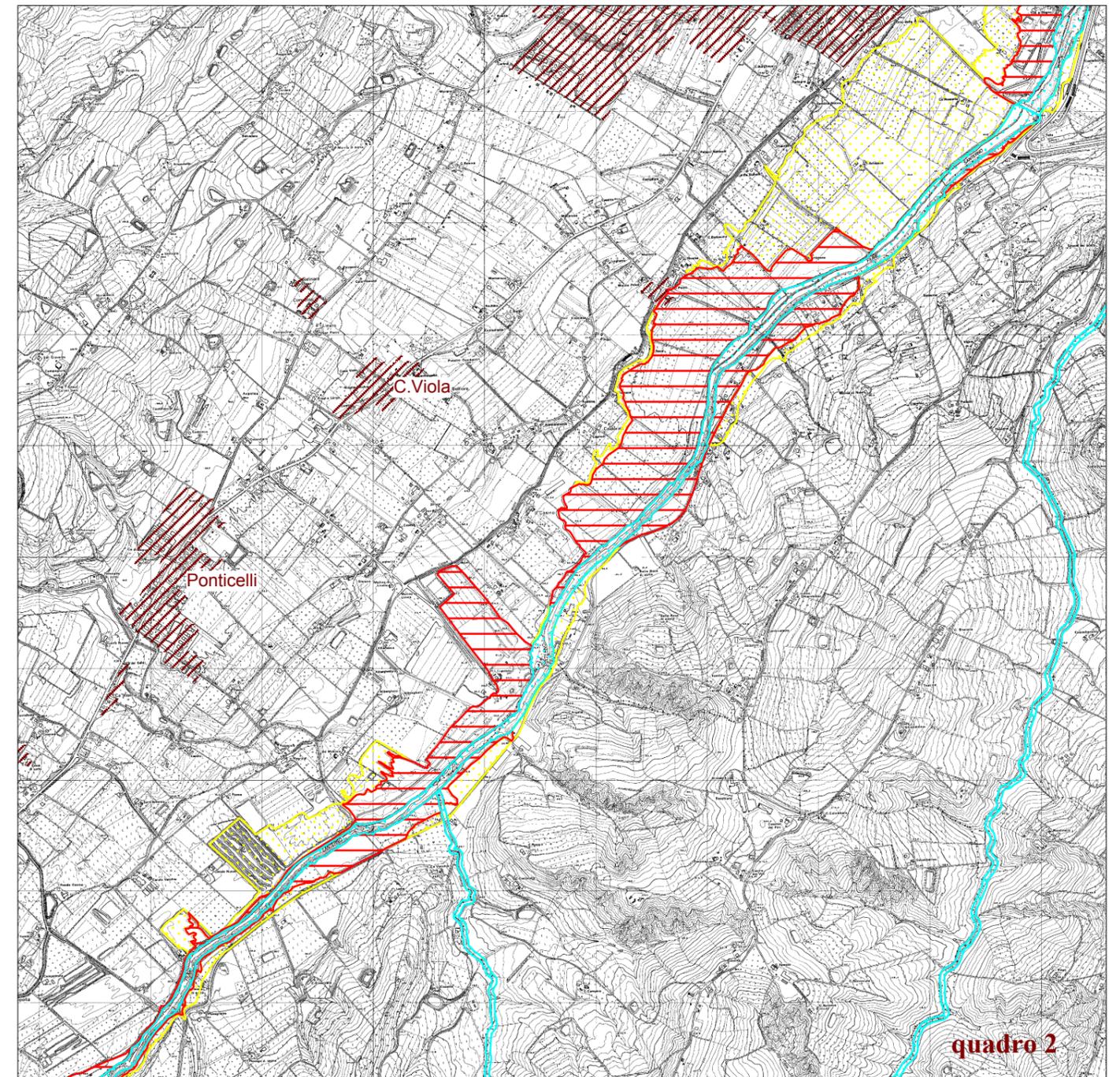
Aree passibili di inondazione per eventi con tempi di ritorno di 200 anni



Centri urbani



quadro 1



quadro 2

TAVOLA "P.5"
"Reticolo idrografico ed
aree passibili di inondazione"

Scala 1 : 25000

LEGENDA



Reticolo idrografico



Aree passibili di inondazione per eventi con tempi di ritorno di 50 anni



Aree passibili di inondazione per eventi con tempi di ritorno di 200 anni



Centri urbani



Argini di II categoria

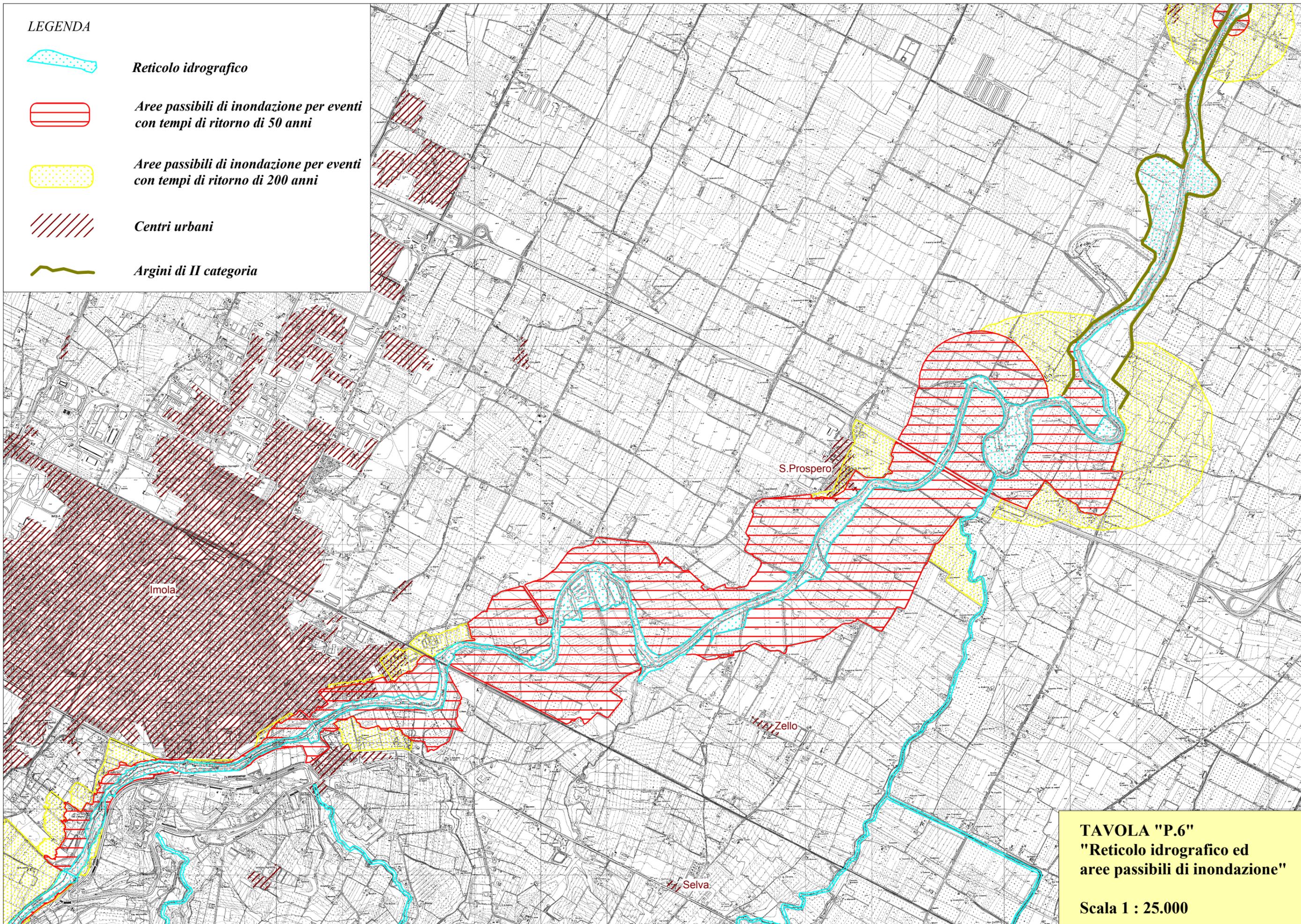


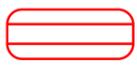
TAVOLA "P.6"
"Reticolo idrografico ed
aree passibili di inondazione"

Scala 1 : 25.000

LEGENDA



Reticolo idrografico



Aree passibili di inondazione per eventi con tempi di ritorno di 50 anni



Aree passibili di inondazione per eventi con tempi di ritorno di 200 anni



Centri urbani



Argini di II categoria

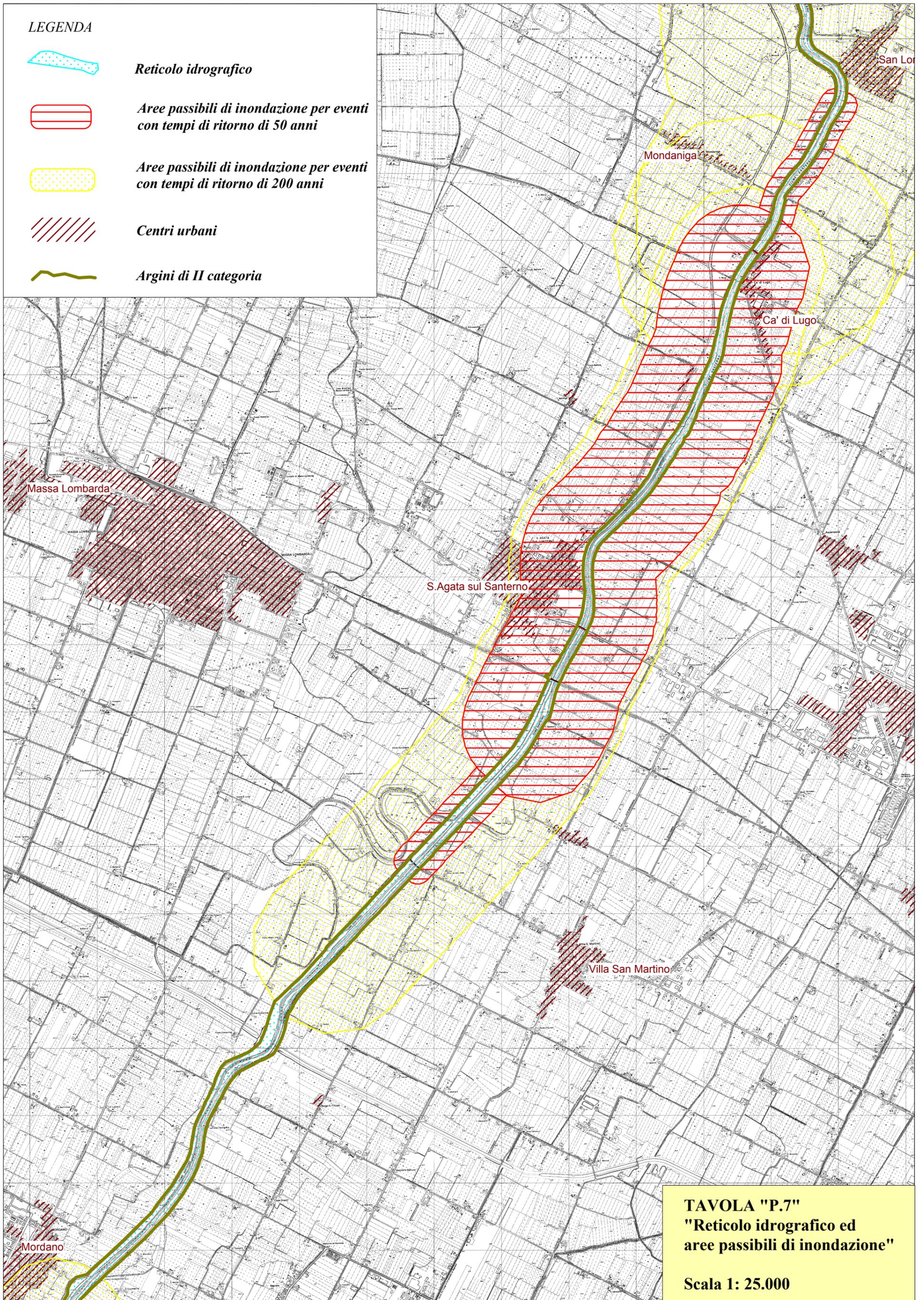
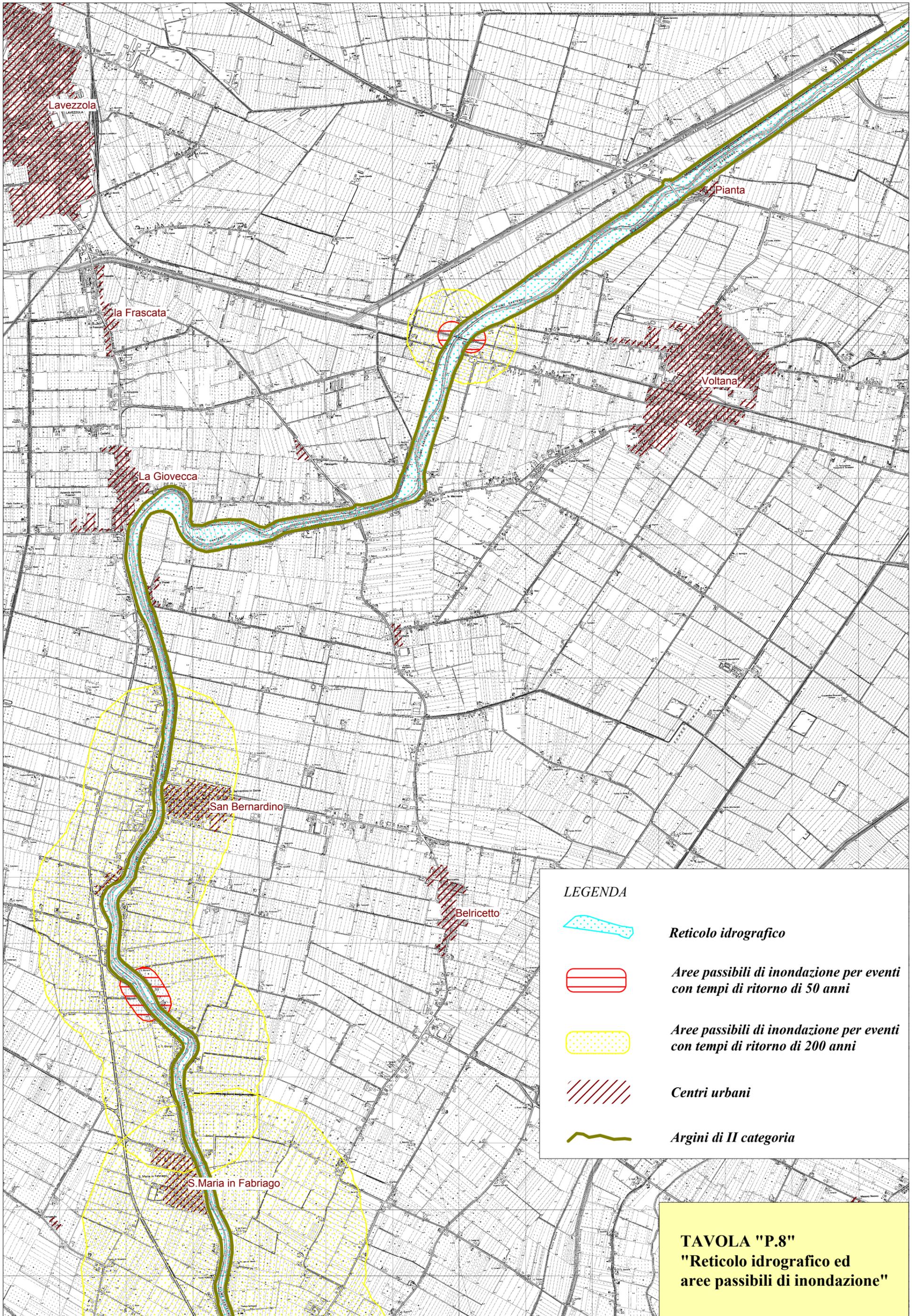


TAVOLA "P.7"
"Reticolo idrografico ed
aree passibili di inondazione"
Scala 1: 25.000



IL RISCHIO IDRAULICO

Nella valutazione del rischio idraulico, finalizzata all'individuazione degli interventi strutturali per la mitigazione del rischio ed alla loro priorità di realizzazione, sono stati presi in considerazione principalmente gli elementi rispetto ai quali il danno atteso è medio o grave. Tali elementi, interni alle aree passibili di inondazione o comunque soggetti alle azioni delle onde di piena, sono riportati nella seguente tabella "ER.1" in cui il "tempo di ritorno critico" (TR critico) rappresenta il tempo di ritorno minimo degli eventi che espongono alle azioni delle onde di piena gli elementi considerati.

Tab. ER.1 _ Elementi esposti alle azioni delle onde di piena

Tipo elemento	Località / Descrizione	TR critico
Insedimento industriale	Firenzuola	200 anni
Insedimento industriale	Casalfiumanese	50 anni
Ponte	Imola / ponte via Alighieri	100 anni
Edifici residenziali	Imola / via Graziadei	50 anni
Centro abitato	S. Prospero	50 anni
Ponte	Ponte Autostrada A14	50 anni
Ponte	Mordano / strada Mordano – Bagnara di Romagna	100 anni
Ponte	Ponte della Regina / strada Villa S. Martino-S. Agata	50 anni
Ponte	Ponte strada S. Vitale	50 anni
Centro abitato	S. Agata sul Santerno	50 anni
Ponte	Cà di Lugo	50 anni
Centro abitato	Cà di Lugo	50 anni
Centro abitato	S. Lorenzo	200 anni
Centro abitato	S. Maria in Fabriago	200 anni
Ponte	S. Bernardino in Selva	200 anni
Centro abitato	S. Bernardino in Selva	200 anni
Ponte	Ponte ferrovia Ferrara - Rimini	50 anni

Nella precedente tabella sono riportati i ponti esposti a rischio anche se in questi casi il danno atteso non può essere classificato, allo stato attuale delle conoscenze, medio o grave. L'inserimento dei ponti tra gli elementi di "maggior rilievo" esposti a rischio è stato tuttavia ritenuto utile al fine di fornire agli enti gestori dati conoscitivi sulla base dei quali valutare l'opportunità di eventuali interventi di rifacimento, totale o parziale, dei ponti stessi.

Dalla tab. ER.1 risulta che le situazioni dove il danno atteso è da considerarsi grave, in riferimento agli effetti degli "eventi critici", sono:

- gli insediamenti industriali di Firenzuola e di Casalfiumanese:
- i centri abitati di S. Prospero, S. Agata sul Santerno, Cà di Lugo, S. Lorenzo, S. Maria in Fabriago e S. Bernardino in Selva.

Risulta inoltre che il danno atteso è da considerarsi medio nel caso degli edifici residenziali in via Graziadei ad Imola.

Dall'incrocio dei dati relativi al danno atteso con le probabilità di accadimento dei fenomeni d'inondazione causa del danno, considerando anche gli effetti delle esondazioni nell'asta arginata, risulta che le situazioni a rischio elevato o molto elevato, conseguenti ad eventi con tempi di ritorno di 50 anni, sono localizzate a Casalfiumanese, a S. Agata sul Santerno e a Cà di Lugo.

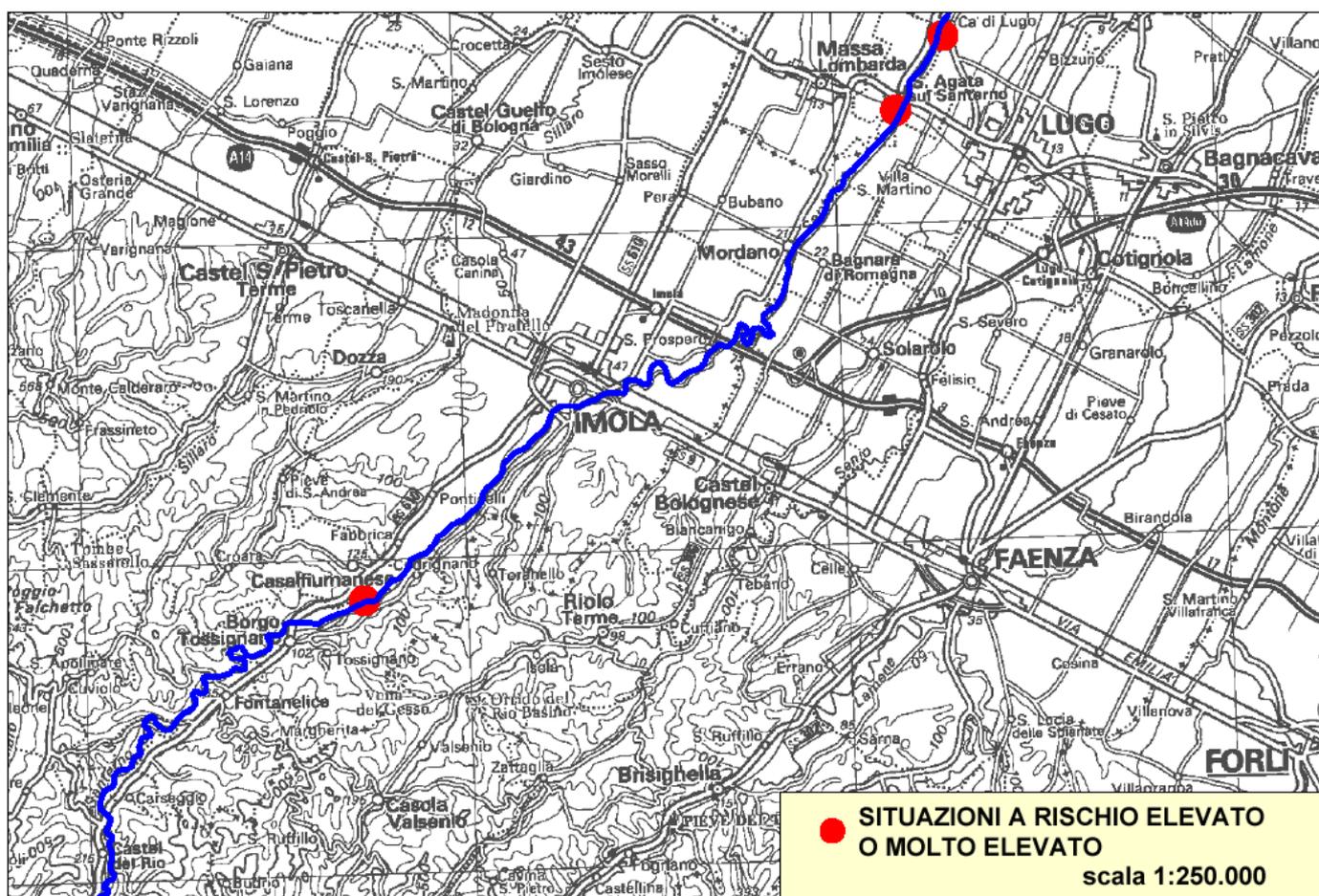
Gli elementi che possono essere considerati, anche per la loro adiacenza alle arginature del Santerno, *complessivamente vulnerabili* ai fenomeni di inondazione previsti per eventi con tempi di ritorno di 50 anni e che costituiscono i fattori di maggior rischio sono i centri abitati di S. Agata sul Santerno e di Cà di Lugo. Eventi di pioggia con tempi di ritorno fino a 30 anni non appaiono di intensità tale da esporre a rischio idraulico tali centri abitati.

Infatti, dai risultati di una simulazione effettuata, con riferimento ad eventi di pioggia con tempi di ritorno di 30 anni e considerando che è in corso di rifacimento il ponte della strada "S. Vitale" all'altezza di S. Agata sul Santerno, si può vedere che in nessun punto dell'asta arginata che interessa gli abitati in questione viene superato il livello limite. In tutta l'asta arginata del Santerno, a seguito di eventi di pioggia con tempi di ritorno fino a 30 anni, il livello limite è modestamente superato (circa 10 cm) soltanto in corrispondenza del "Ponte della Regina" e dei ponti FS Lavezzola-Faenza e Ferrara-Rimini in quanto la quota

inferiore dell'impalcato di tali ponti è notevolmente più bassa di quella delle sommità arginali. Questa configurazione del regime idraulico, considerando che il superamento della quota del sottotrave non dovrebbe implicare in questi casi il sormonto dell'opera arginale e che eventuali superamenti si verificano comunque almeno dopo circa 16 ore dall'inizio della pioggia, permette di ipotizzare un danno atteso moderato anche a seguito di adeguati interventi di protezione civile.

Eventi con tempi di ritorno di 30 anni non appaiono in grado di provocare danni rilevanti anche nel caso di Casalfiumanese.

Per i motivi prima evidenziati, si può affermare che la *capacità di smaltimento* del sistema idrografico relativo al torrente Santerno è pari a circa *50 anni*.



GLI INTERVENTI STRUTTURALI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

Gli interventi strutturali per la riduzione del rischio idraulico mediante la riduzione della pericolosità sono stati finalizzati alla riduzione delle portate mediante casse di espansione e ad un abbassamento dei livelli idrici anche mediante un adeguato risezionamento dell'alveo senza la creazione od il sopralzo di argini per non aumentare il grado di artificialità della rete idrografica.

La scelta di non affidare la riduzione della pericolosità del sistema sostanzialmente solo alla realizzazione di casse di espansione è stata indotta dai seguenti motivi:

- non intervenire sul reticolo idrografico significa dover realizzare casse di espansione con volumi utili²² tali da essere difficilmente raggiungibili se non con costi (finanziari, ambientali e sociali) estremamente elevati;
- l'attuale capacità di deflusso dell'asta arginata è destinata a ridursi rapidamente se non si attuano "pesanti" interventi manutentivi, di costo comunque non irrilevante;
- il risezionamento dell'asta arginata permette anche una certa riqualificazione del corso d'acqua dato che il deflusso delle portate di magra risulta meno "canalizzato".

Le situazioni a rischio molto elevato sono localizzate lungo l'asta arginata del Santerno a S. Agata sul Santerno e a Cà di Lugo. Per l'eliminazione di tali situazioni di rischio, che riveste carattere di priorità assoluta, è previsto un intervento di risezionamento e sistemazione dell'asta arginata (dal ponte dell'autostrada A14 fino allo sfocio in Reno) tale da permettere il deflusso in sicurezza di portate indotte da eventi con tempi di ritorno di 50 anni (portate massime in ingresso di circa 790 m³/s). È prevista inoltre una cassa d'espansione, localizzata immediatamente a monte dell'autostrada A14; finalizzata a mettere in sicurezza l'asta arginata per eventi con tempi di ritorno di 200 anni, portando quindi il rischio idraulico a valori irrilevanti lungo tale asta.

²² Il volume complessivo d'acqua da invasare per mettere in sicurezza l'asta arginata, operando solo con casse di espansione, risulta essere pari a circa 5.500.000 m³ per eventi con tempi di ritorno di 100 anni e a circa 7.000.000 m³ per eventi con tempi di ritorno di 200 anni.

L'altra situazione a rischio più elevato nel bacino del Santerno è localizzata nella zona industriale di Casalfiumanese. In questo caso sono previste opere di protezione spondale e di sistemazione dell'alveo del Santerno.

Tutti gli altri interventi strutturali previsti dal presente piano, per ridurre il rischio idraulico a valori irrilevanti a livello di bacino, consistono, al fine di far defluire con sicurezza piene per eventi con tempi di ritorno fino a 200 anni, nel risezionamento dell'alveo del Santerno e nella realizzazione d'opere di difesa delle aree a rischio nei centri abitati di Imola, San Prospero, Firenzuola e Borgo Tossignano.

Alle suddette opere vanno inoltre aggiunti gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria delle opere attualmente esistenti tra le quali certamente compaiono le briglie di Codrignano e di Casale.

Gli interventi previsti dal presente piano, schematicamente indicati nella tav. "LI" successivamente riportata, sono descritti nel "*Programma interventi strutturali – Indirizzi e criteri progettuali*".

LEGENDA

-  Reticolo idrografico corsi d'acqua principali, secondari e minori
-  Aree di localizzazione interventi per realizzazione "casse di espansione"
-  Rr.x Interventi di risezionamento tronchi non arginati
-  R.x Intervento di risezionamento asta con argini di II categoria
-  Ra.x Intervento di risezionamento reticolo idrografico e rifacimento argini
-  Ros.x Interventi di risezionamento tronchi non arginati e opere di difesa spondale

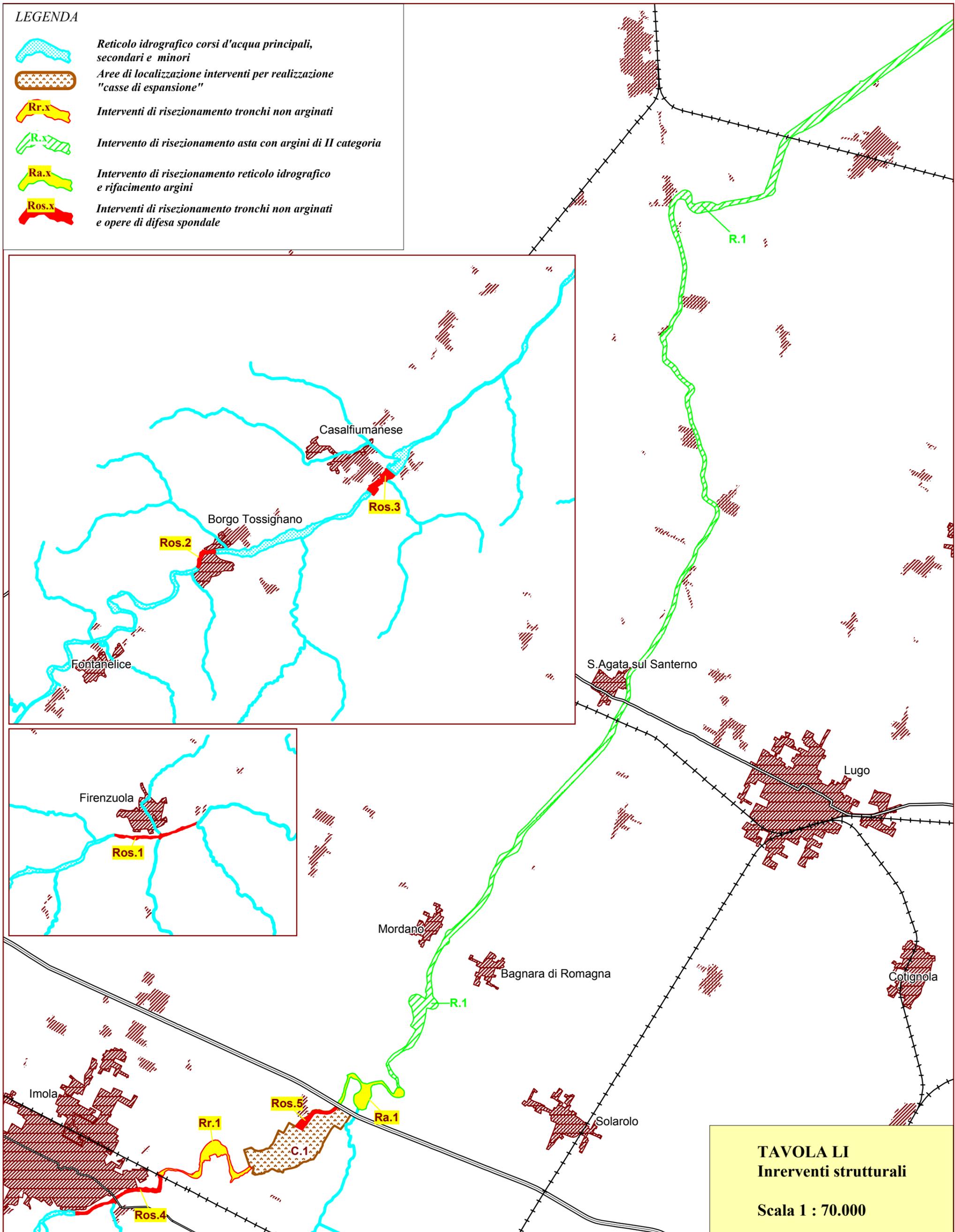


TAVOLA LI
Innerventi strutturali
Scala 1 : 70.000

RISEZIONAMENTO DELL'ALVEO E REALIZZAZIONE DI OPERE DI DIFESA DELLE AREE A RISCHIO DEI CENTRI ABITATI

Gli interventi strutturali previsti, in questo caso, consistono prevalentemente nell'adeguamento delle sezioni di deflusso per eventi di pioggia con tempi di ritorno fino a 200 anni e in alcuni casi nella realizzazione di opere di difesa spondale che potranno avere anche lo scopo di definire con certezza il livello massimo ammissibile.

Le opere in oggetto (la cui localizzazione è indicata nella tavola "LI") sono riportate, in ordine di priorità, nella seguente tabella "IR.

Tab. IR – Interventi di risezionamento alveo

LOCALIZZAZIONE	TIPO OPERA	CODICE
Casalfiumanese	Risezionamento alveo e opere di difesa spondale	Ros.3
San Prospero	Risezionamento alveo e opere di difesa spondale	Ros.5
Imola	Risezionamento alveo e opere di difesa spondale	Ros.4
A valle ferrovia BO-AN	Risezionamento alveo con creazione golene	Rr.1
Firenzuola	Risezionamento alveo e opere di difesa spondale	Ros.1
Borgo Tossignano	Risezionamento alveo e opere di difesa spondale	Ros.2

Per ciò che concerne Firenzuola, si segnala che è attualmente in corso di progettazione una sistemazione dell'area in cui sono presenti insediamenti produttivi e che risulta passibile di inondazione per eventi con tempi di ritorno di 200 anni. In tale sistemazione sono anche previste opere che dovrebbero mettere idraulicamente in sicurezza tale area per i suddetti eventi estremi.

Il costo stimato per la realizzazione degli interventi in oggetto è complessivamente di circa **3.500.000 €**.

RISEZIONAMENTO DELL'ASTA ARGINATA

Gli interventi in questo caso consistono in un risezionamento dell'intero tratto con argini di II categoria e del tratto compreso tra tali argini ed il ponte dell'autostrada A14 in cui è prevista anche una sistemazione degli argini esistenti.

La verifica dell'efficacia del risezionamento è stata effettuata simulando la propagazione di onde di piena conseguenti ad eventi con tempi di ritorno di 50 anni.

A seguito degli interventi di risezionamento, è previsto, per eventi con tempi di ritorno di 50 anni, un franco medio di sicurezza di oltre 1,5 m lungo l'intero tratto in questione. In corrispondenza di S. Agata sul Santerno, dove la pericolosità incide maggiormente sul rischio, il franco minimo di sicurezza risulta essere di circa 0,80 m. L'unica situazione relativamente "pericolosa", risulta essere in corrispondenza del Ponte FS Ferrara-Rimini dove il franco di sicurezza tende ad annullarsi rispetto al sottotrave del ponte stesso.

Gli interventi di risezionamento dell'asta arginata sono da considerare **prioritari** ed il loro costo stimato è di circa **6.000.000 €**.

CASSA DI ESPANSIONE

Le ipotesi d'intervento per ridurre la pericolosità del sistema mediante la riduzione delle portate prevedono la realizzazione di una cassa di espansione posta sul Santerno tra la ferrovia Bologna-Ancona e l'autostrada "A14".

La localizzazione della cassa di espansione è stata individuata sulla base dei seguenti criteri:

- collocazione delle casse di espansione, per motivi di efficacia e di efficienza, il più possibile a valle nel reticolo idrografico (si agisce così su onde già completamente formate,

con un andamento delle portate e dei livelli più regolare e la realizzazione di casse d'espansione non richiede scavi o li richiede in misura più limitata) rimanendo comunque a monte degli elementi esposti a rischio;

- utilizzo di aree già passibili di inondazione e/o di minor pregio dal punto di vista del loro utilizzo o da quello ambientale.

In particolare, la cassa è stata localizzata su un'area già sede di attività estrattive e passibile di inondazione per eventi con tempi di ritorno di 10/15 anni.

L'area di localizzazione²³ della cassa d'espansione è riportata nella tavola "Ali.C" in cui sono riportate anche le aree interessate dall'intervento (contraddistinto dal codice "Rr.1") di risezionamento dell'alveo con la creazione di ampie golene in quanto tale intervento, dati i possibili effetti di laminazione delle portate, potrebbe interagire funzionalmente con la cassa in modo non trascurabile.

La cassa d'espansione in oggetto, al fine di mettere in sicurezza il sistema dal ponte dell'autostrada A14 fino allo sfocio in Reno per eventi con tempi di ritorno di 200 anni, dovrebbe limitare le portate a circa $750 \text{ m}^3/\text{sec}$. A questo scopo la cassa dovrebbe avere un volume d'invaso pari a circa $5.000.000 \text{ m}^3$.

Dagli studi sul funzionamento idraulico del sistema, per eventi con tempi di ritorno di 200 anni, con la cassa in funzione e considerando già realizzati gli interventi di risezionamento dell'asta arginata, risulta che:

- il franco di sicurezza medio lungo l'asta arginata è circa di 1,8 m;
- il franco di sicurezza è circa di 40 cm nel punto "critico" al ponte della via S. Vitale a S. Agata.

Il costo stimato per la realizzazione della cassa è di circa **5.500.000 €**.

²³ Le "aree di localizzazione" degli interventi strutturali definiscono un ambito all'interno del quale dovranno essere individuate, in sede di progettazione preliminare, le aree strettamente necessarie per la realizzazione degli interventi previsti.

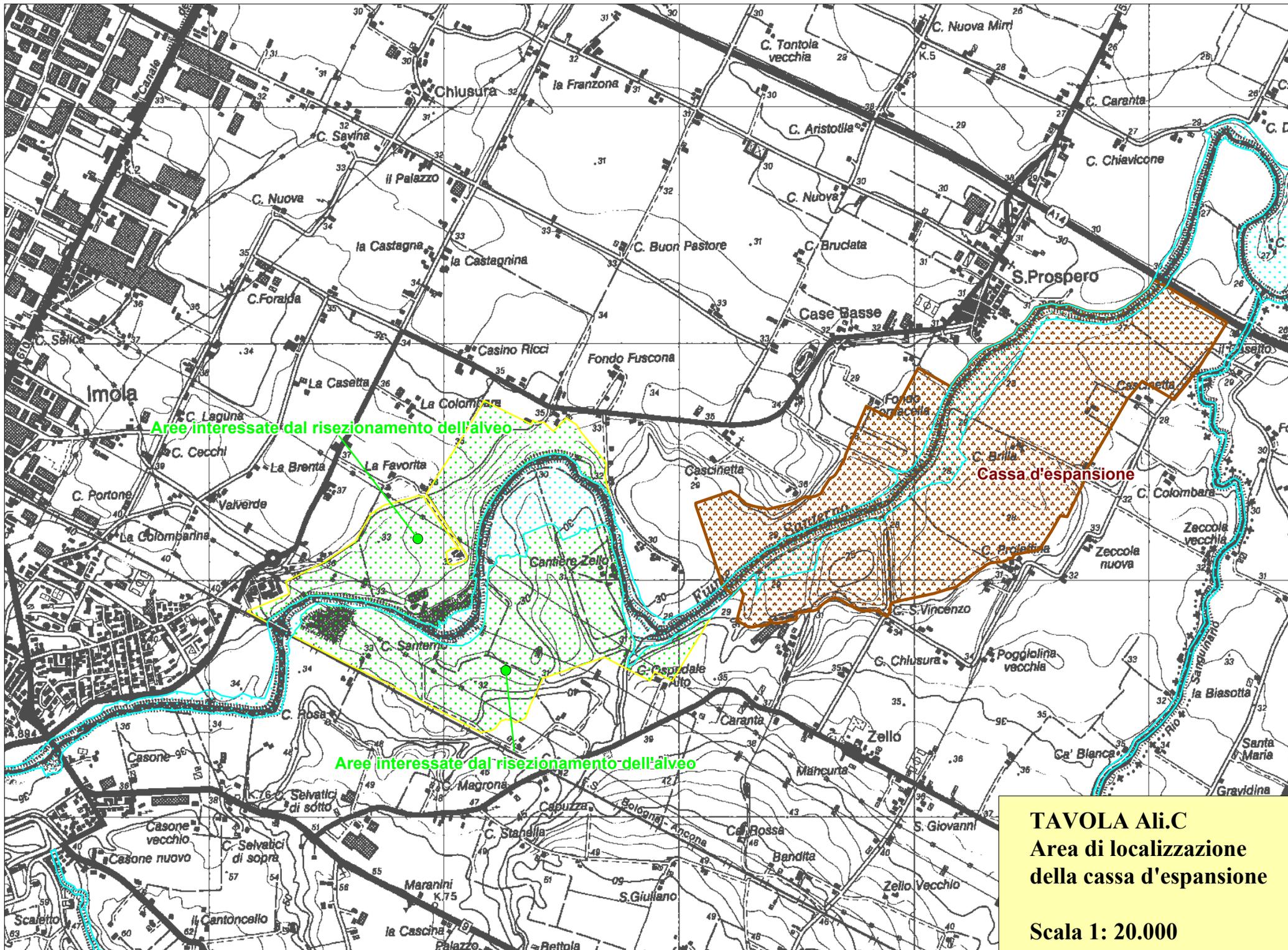


TAVOLA Ali.C
Area di localizzazione
della cassa d'espansione
Scala 1: 20.000

Tab.IS - Quadro riassuntivo interventi strutturali

COD	Corso d'acqua	Tipo intervento	Localizzazione	Finalità	Fase di realizzazione
R.1	Santerno	Risezionamento e sistemazione asta arginata	Da inizio argini II cat. a immissione in Reno	<ul style="list-style-type: none"> • Deflusso in condizioni di sicurezza di piene per eventi con $T_R=50$ anni • Incremento capacità di autodepurazione 	fase 1
Ros.3	Santerno	Risezionamento alveo e opere difesa spondale	Zona industriale di Casalfiumanese	<ul style="list-style-type: none"> • Deflusso in condizioni di sicurezza di piene per eventi con $T_R=200$ anni 	fase 1
Ros.4	Santerno	Risezionamento alveo e opere difesa spondale	Centro abitato di Imola	<ul style="list-style-type: none"> • Deflusso in condizioni di sicurezza di piene per eventi con $T_R=200$ anni 	fase 2
Ros.5	Santerno	Risezionamento alveo e opere difesa spondale	Centro abitato di San Prospero	<ul style="list-style-type: none"> • Deflusso in condizioni di sicurezza di piene per eventi con $T_R=200$ anni 	fase 2
C.1	Santerno	Cassa di espansione	A monte autostrada A14	<ul style="list-style-type: none"> • Laminazione piene per eventi con $T_R=200$ anni 	fase 2
Rr.1	Santerno	Risezionamento alveo con creazione golene	Dalla ferrovia BO-AN alla cassa C.1	<ul style="list-style-type: none"> • Deflusso in condizioni di sicurezza di piene per eventi con $T_R=200$ anni • Incremento capacità di autodepurazione 	fase 3
Ra.1	Santerno	Risezionamento alveo e sistemazione argini	Da autostrada A14 a inizio argini II cat.	<ul style="list-style-type: none"> • Deflusso in condizioni di sicurezza di piene per eventi con $T_R=200$ anni • Incremento capacità di autodepurazione 	fase 3
Ros.1	Santerno	Risezionamento alveo e opere difesa spondale	Zona industriale di Firenzuola	<ul style="list-style-type: none"> • Deflusso in condizioni di sicurezza di piene per eventi con $T_R=200$ anni 	fase 4
Ros.2	Santerno	Risezionamento alveo e opere difesa spondale	Centro abitato di Borgo Tossignano	<ul style="list-style-type: none"> • Deflusso in condizioni di sicurezza di piene per eventi con $T_R=200$ anni 	fase 4