

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.3 - BACINO DEL TORRENTE SILLARO

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. Patrizia Ercoli
 - Ing. Greta Moretti
 - Ing. Rosa Vignoli (*ET&P s.r.l.*)

Supervisione scientifica del Prof. Ing. Armando Brath

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

Supervisione scientifica del Prof. Ing. Armando Brath

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.3 BACINO DEL TORRENTE SILLARO

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>	<i>14</i>
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
Tavola “A” – Schema sistema idrografico Sillaro.....	28
Tavola “B1” – Corsi d’acqua e bacini ad immissione controllata.....	32
LE CARATTERISTICHE IDROLOGICHE	33
Tavola “B” – Bacino imbrifero del Sillaro.....	34
Graf. Q30 – Onde di piena $T_r=30$ anni, $D_p=6$ ore	35
Graf. Q50 – Onde di piena $T_r=50$ anni, $D_p=6$ ore	36
Graf. Q100 – Onde di piena $T_r=100$ anni, $D_p=6$ ore	36
Graf. Q200 – Onde di piena $T_r=200$ anni, $D_p=6$ ore	37
LE CARATTERISTICHE IDRAULICHE.....	38
<i>Regime idraulico.....</i>	<i>38</i>
Regime idraulico nelle aste di monte	40
Regime idraulico nell’asta di pianura del Sillaro	41
TAB. QL – Tabella pericolosità dell’asta di pianura del Sillaro	42
TAV. “SP” – Sezioni di riferimento dell’asta di pianura	44
<i>Aree passibili di inondazione.....</i>	<i>48</i>
Tavole “P” – Reticolo idrografico principale e secondario ed aree inondabili.....	49
IL RISCHIO IDRAULICO.....	57
Tab. ER.1 _ Elementi esposti alle azioni delle onde di piena	57
GLI INTERVENTI STRUTTURALI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO.....	59

Tav. "I.0" – Interventi strutturali per la mitigazione del rischio idraulico	61
<i>Risezionamento dell'asta arginata</i>	62
<i>Casse di espansione</i>	63
TAV. "Ali.C" - Aree di localizzazione delle casse d'espansione.....	65
Ipotesi progettuale relativa alla cassa 1	66
TAV. "A.C1" - Aree potenzialmente interessate dalla cassa 1	67
<i>Risezionamento alveo tratto confluenza Sellustra – confluenza Correcchio</i>	68
TAV. IR.1 – Reticolo idrografico dalla sez.3a alla sez.12a dopo interventi di risezionamento	69
<i>Funzionamento asta di pianura con tutti gli interventi previsti</i>	70
TAB. I tot – Portate e livelli con tutti gli interventi - $T_r=100$ anni e Durata Pioggia=6 ore	70
Tavola "IST.100" – Profilo longitudinale Sillaro con interventi strutturali complessivi	72
Tab.IS - Quadro riassuntivo interventi strutturali	73

GENERALITÀ

Oggetto del presente piano è il sistema idrografico del torrente Sillaro definito come l'insieme della rete idrografica, costituita dallo stesso torrente Sillaro 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'esondazione, data anche la presenza della rete dei canali di scolo, possono essere notevolmente distanti dal luogo dell'esondazione 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" del 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 riserzionamento 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 Sillaro (vedi Tav. A) è costituito dallo stesso torrente Sillaro 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 di piena, come quelli, ad esempio, la cui immissione 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 o con una lunghezza inferiore a 500 m 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 circoscrive 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.

>>>INSERIRE

Tavola “A” – Schema sistema idraulico Sillaro

Il reticolo idrografico principale è costituito soltanto dal torrente Sillaro con una lunghezza totale di circa 75 km di cui circa 21 con argini di II categoria.

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 massime con riferimento ad eventi di pioggia con tempi di ritorno di 5, 30, 100 e 200 anni, calcolate considerando in termini unitari i bacini dei secondari e dei minori.

Per il Sillaro i suddetti dati sono stati calcolati, oltre che nelle sezioni di chiusura del bacino montano e del bacino imbrifero complessivo, anche in sezioni intermedie dell’asta montana (vedi tavola “B” successivamente riportata) come risulta dalla seguente tabella.

TABELLA SOTTOBACINI MONTANI SILLARO

SEZIONE			BACINO			PORTATA [m ³ /s]			
Cod	Localizzazione	Lunghezza asta [km]	Superficie [km ²]	Altitudine media [m]	Larghezza media [km]	Tempo di ritorno [anni]			
						5	30	100	200
Silm1	Valle confl. Rio Zafferino	7.34	19.77	642.62	1805.00	58	101	141	162
Silm2	Valle confl. Rio Lanzatello	13.88	35.98	549.81	1840.00	78	143	187	211
Silm3	Valle confl. Rio Fergna	19.42	59.32	491.89	2027.00	120	214	276	301
Silm4	Valle confl. Torrente Acquabona	22.94	94.42	427.21	2992.00	169	297	384	422
Silm5	Valle confl. Cerré sotto	28.57	118.80	390.16	3055.00	192	322	404	449

I corsi d’acqua ad immissione controllata¹² sono stati classificati in base al loro ordine¹³. Nella tabella “B1” successivamente esposta sono riportati i canali fino al III ordine, la loro lunghezza, la superficie dei relativi bacini imbriferi ed il loro recapito finale di I ordine. Nella tavola “B1” sono indicati i principali corsi d’acqua ad immissione controllata ed i loro bacini imbriferi.

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 I dati relativi ai corsi d’acqua ad immissione controllata ed ai loro bacini imbriferi sono stati forniti dal Consorzio della Bonifica Renana.

¹³ I canali che si immettono nei corsi d’acqua di diretta competenza della regione sono di ordine 1, quelli che si immettono nei canali di ordine 1 sono di secondo ordine e così via.

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 Sillaro ⁽¹⁾	52.88	Principale	211.98	275.16	-	267	452	535	581
Torrente Sillaro ⁽²⁾	36.56	Principale	141.19	353	29.00	205	342	430	478
Torrente Sellustra	18.75	Secondario	27.08	198	0.97	61	88	106	115
Torrente dell'Acquabona	6.40	Secondario	11.78	309	1.07	47	87	118	135
Rio Sassuno	4.68	Secondario	8.11	345	0.88	35	69	93	107
Rio Sabbioso	10.63	Secondario	14.20	119	1.36	33	53	66	73
Rio Ronco	6.75	Secondario	7.19	290	0.91	30	53	72	83
Rio Pradole	4.28	Minore	5.81	346	1.02	25	48	65	75
Rio Grande	4.35	Minore	6.48	501	0.88	23	44	61	71
Rio San Clemente	4.05	Minore	5.20	333	0.97	23	46	62	71
Rio Calcina	4.29	Minore	3.99	217	0.76	17	33	45	51
Rio della Pianazza	2.95	Minore	3.39	293	0.97	16	31	42	48
Rio dell'Osso	2.54	Minore	2.96	394	0.80	14	26	36	42
Rio dei Masi	2.27	Minore	2.78	314	1.36	13	25	34	40
Rio Secco	2.53	Minore	3.28	636	0.87	13	23	32	38
Rio Zafferino	2.83	Minore	3.30	549	0.76	13	23	32	37
Rio Valletta	3.62	Minore	3.42	532	0.76	13	23	32	37
Rio della Beccara	2.76	Minore	2.28	236	0.84	11	21	29	33
NN300 ⁽³⁾	2.36	Minore	2.13	363	1.10	10	19	27	31
Rio dell'Acqua Salata	3.55	Minore	2.41	191	0.85	10	19	26	30
Rio dei Raggi	1.83	Minore	1.51	288	0.50	10	17	22	25
Rio della Rabbia	2.02	Minore	1.55	181	0.73	9	16	21	23
Rio delle Pioppe	2.99	Minore	2.35	479	0.72	9	16	23	26
Rio del Molinetto	1.73	Minore	1.79	330	0.52	9	18	24	28
Rio di Ripiano	2.97	Minore	1.92	325	0.72	9	16	23	27
NN301 ⁽³⁾	1.86	Minore	1.26	270	0.60	9	15	19	21
Rio Dozza	5.27	Minore	2.42	110	0.23	8	14	19	21
Rio della Tomba	2.07	Minore	1.73	184	1.10	8	14	18	20
Rio Selva (SX)	2.13	Minore	1.59	365	0.80	8	15	21	24
Rio di Maleto	2.13	Minore	1.50	270	0.62	8	15	20	23
Rio Selva (DX)	2.32	Minore	1.49	266	0.75	7	14	20	23
Rio dei Gralchi	3.14	Minore	1.69	190	0.38	7	13	18	21
Rio Bornazzano	1.32	Minore	1.04	224	0.40	7	12	15	17
Rio della Villa	1.75	Minore	1.04	226	0.30	7	12	15	17
Rio Zelo	1.79	Minore	1.42	390	0.79	6	12	17	19
Rio della Colombarina	2.20	Minore	1.22	239	0.51	6	12	16	19
Rio delle Pianelle	1.90	Minore	1.38	485	0.37	6	11	16	18
Rio della Montagna	1.37	Minore	1.43	541	0.78	6	11	15	18
Rio Salaretta	1.32	Minore	1.14	299	0.43	6	12	16	18
Rio Firola	2.29	Minore	1.27	405	0.54	6	11	15	17
Rio detto delle	2.23	Minore	1.14	129	0.26	6	10	12	14
Rio della Croce	2.31	Minore	1.13	209	0.25	5	9	12	13
NN193 ⁽³⁾	1.91	Minore	1.32	699	1.22	5	10	13	16
Rio delle Pozzere	2.02	Minore	1.21	423	0.79	5	10	13	16
NN181 ⁽³⁾	1.56	Minore	1.22	644	0.50	5	9	13	15
Rio Collelungo	1.94	Minore	0.87	329	0.70	5	8	12	14
Rio Rosso + Rio Toscanella	6.60 ⁽⁴⁾	Minori	10.52	68	0.80	29	45	55	61

⁽¹⁾ Confluenza Correcchio ⁽²⁾ Chiusura bacino montano

⁽³⁾ Corso d'acqua sprovvisto di nome sulla CTR

⁽⁴⁾ Lunghezza media

Tab. B1 - Corsi d'acqua ad immissione controllata

Cod. BR	Denominazione	Ord.	Lunghezza [m]	Area bacino [km ²]	Recapito Ordine 1
08000000000	Sc. Correcchio	1	11688	33.006	-
08010000000	Sc. Ladello	2	11719	20.607	Sc. Correcchio
08010100000	Sc. Rampino	3	906	0.590	Sc. Correcchio
08010200000	Fossa Giardino	3	3340	3.616	Sc. Correcchio
08010300000	Sc. Fossatone	3	3844	6.092	Sc. Correcchio
08020000000	Sc. dei Prati Cupi	2	4991	5.444	Sc. Correcchio
11000000000	Canale Garda	1	3360	132.511	-
11010000000	Sc. Sesto Alto	2	16556	44.430	Canale Garda
11010100000	Sc. Corla	3	10711	12.317	Canale Garda
11010200000	Sc. Centonara Abbandonato	3	10109	6.125	Canale Garda
11010300000	Fosso Casino Nuovo	3	2036	15.751	Canale Garda
11010400000	Fossa Selva	3	1786	6.592	Canale Garda
11020000000	Gaeda Alto	2	10861	87.796	Canale Garda
11020100000	Allacciante Fantuzza	3	5216	36.659	Canale Garda
11020200000	Allacciante Garda	3	6646	51.137	Canale Garda
14000000000	Collettore Menata	1	4657	117.851	-
14010000000	Sc. Munizioni	2	2484	1.010	Collettore Menata
14020000000	Sc. Mattiola	2	2081	2.317	Collettore Menata
14030000000	Sc. Sesto Basso	2	17172	33.683	Collettore Menata
14030100000	Sc. Scacerna	3	1179	0.636	Collettore Menata
14030200000	Sc. S. Antonio	3	3948	3.260	Collettore Menata
14030300000	Sc. Centonarola Basso	3	3863	3.153	Collettore Menata
14030400000	Sc. Canalazzo Basso	3	706	0.199	Collettore Menata
14030500000	Fossa Nuova	3	2780	4.111	Collettore Menata
14040000000	Sc. Menata	2	8620	37.363	Collettore Menata
14040100000	Sc. Menatello Nuovo	3	1133	1.555	Collettore Menata
14040200000	Canale di Medicina	3	24192	4.495	Collettore Menata
14040300000	Fossa Fantuzza Bassa	3	4558	12.598	Collettore Menata
14050000000	Sc. Garda Basso	2	14142	34.737	Collettore Menata
14050100000	Sc. Partecipanza I	3	2379	3.898	Collettore Menata
14050200000	Sc. Menatello Basso	3	3316	9.017	Collettore Menata
14050300000	Sc. Galaffia Basso Inf.	3	3120	4.393	Collettore Menata
14050400000	Sc. Sillaretto Inf.	3	4084	5.913	Collettore Menata
14050500000	Sc. Omidale Inf.	3	580	0.270	Collettore Menata
14050600000	Sc. Gaiarella	3	2977	3.560	Collettore Menata
00000000002	Sussidiario	0	3903	0.572	

>>>**INSERIRE**

Tavola “B1” – Corsi d’acqua e bacini ad immissione controllata

LE CARATTERISTICHE IDROLOGICHE

Per gli studi idrologici è stato adottato il programma ARNO¹⁴ 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 pioggia¹⁵ con i quali sollecitare il sistema oggetto di studio.

Per lo studio delle caratteristiche idrologiche del sistema oggetto del piano è stata presa in considerazione soltanto quella parte del bacino imbrifero del torrente Sillaro (Tav. B) che contribuisce sempre alla formazione dell’onda di piena dato che le acque, che da esso defluiscono, vengono raccolte da “corsi d’acqua ad immissione naturale”. Tale bacino imbrifero 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 Sillaro chiuso alla via Emilia, con una superficie di circa 141 km²;
- il bacino del Sellustra chiuso alla via Emilia, con una superficie di circa 27 km²;
- il cosiddetto “interbacino”, costituito sostanzialmente da quei bacini le cui acque si raccolgono nel Sillaro a valle della via Emilia, che si chiude nella sezione di confluenza del Correcchio, con una superficie di circa 44 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 Sillaro nella sezione di chiusura convenzionalmente posta alla confluenza del Correcchio.

¹⁴ 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.

¹⁵ 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.

>>>**INSERIRE**

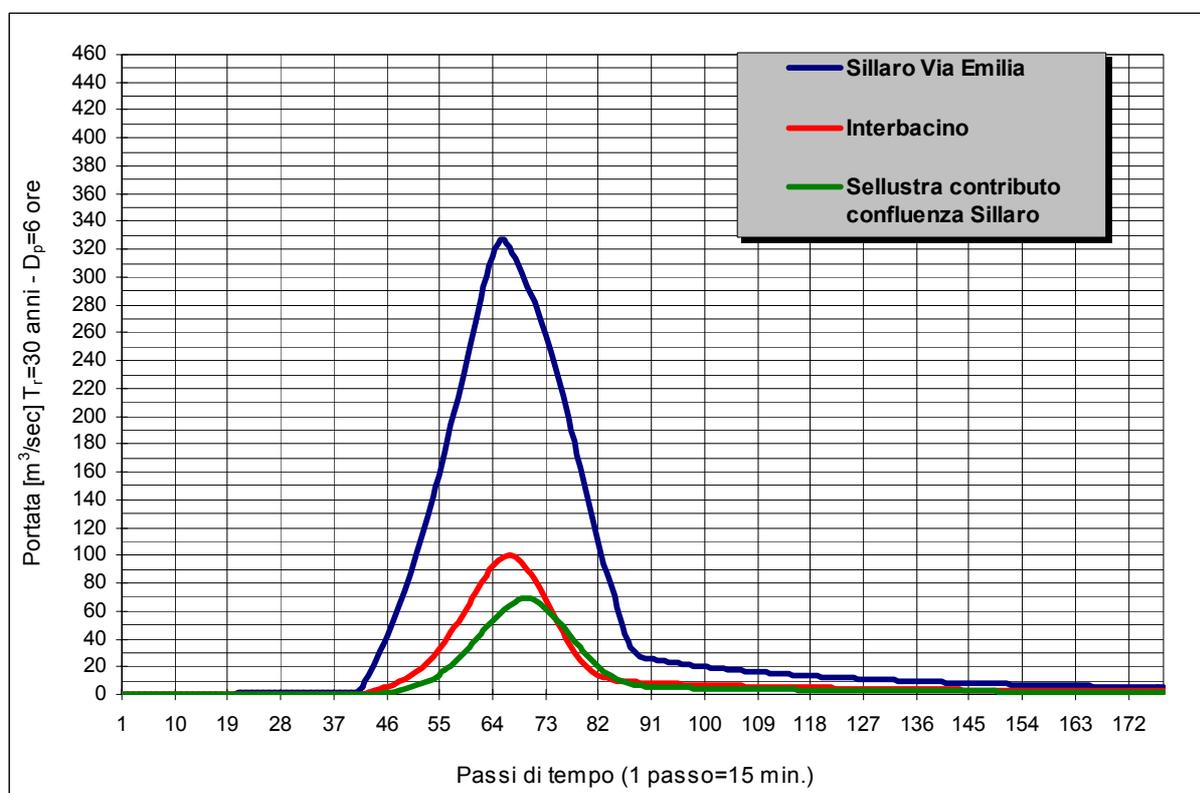
Tavola “B” – Bacino imbrifero del Sillaro

L'andamento delle onde di piena nella sezione di chiusura del bacino montano del Sillaro è stata calcolata considerando il bacino sia in termini unitari che come sommatoria di sei sottobacini. Le portate massime sono risultate maggiori nel caso del bacino del Sillaro considerato in termini unitari. Per questo motivo, data l'opportunità di adottare criteri di sicurezza, è stato fatto riferimento alle onde di piena calcolate considerando unitariamente il bacino montano del Sillaro.

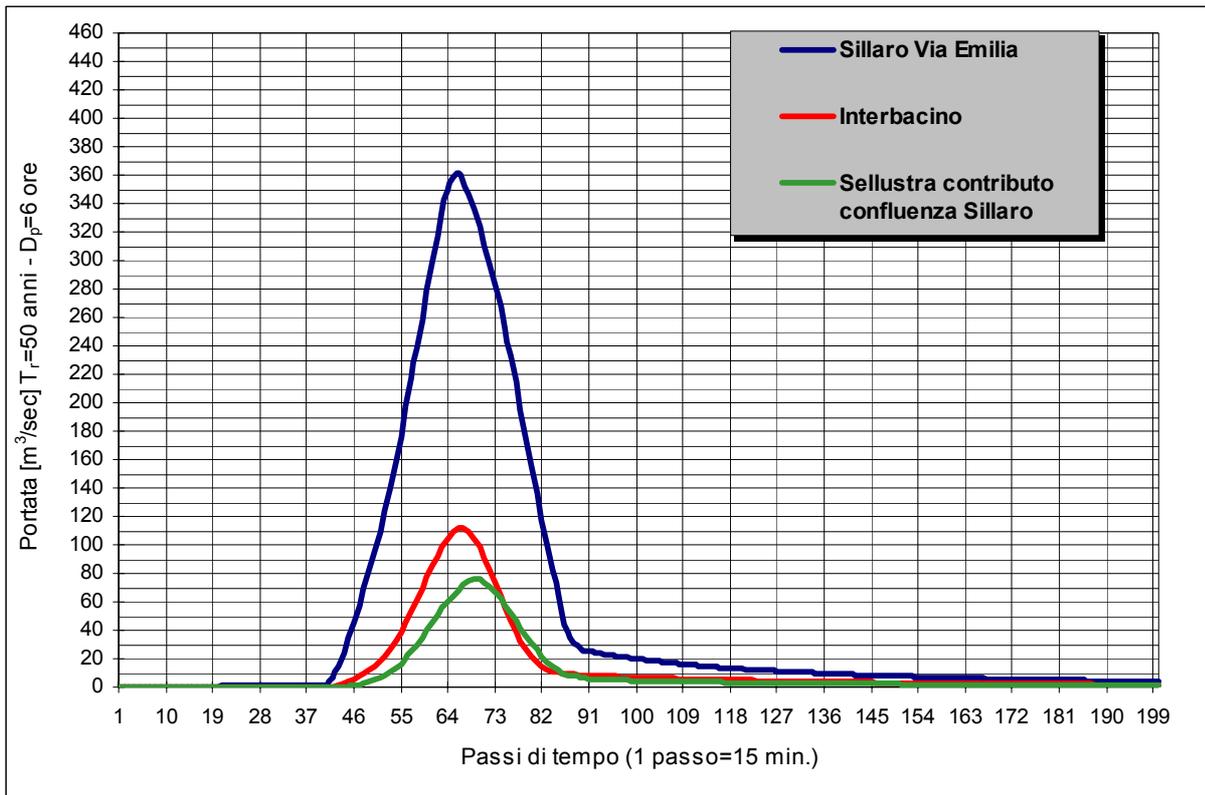
Dall'analisi delle onde di piena indotte da eventi con diversi tempi di durata è risultato che gli eventi di pioggia che maggiormente sollecitano il sistema a valle della via Emilia, a parità di tempi di ritorno, sono quelli con una durata di 6 ore.

Nei grafici Q30, Q50, Q100 e Q200 sono riportate le onde di piena, dovute ad eventi di pioggia della durata di 6 ore e caratterizzati da tempi di ritorno di 30, 50, 100 e 200 anni, con le quali è stato sollecitato il reticolo idrografico a valle della via Emilia.

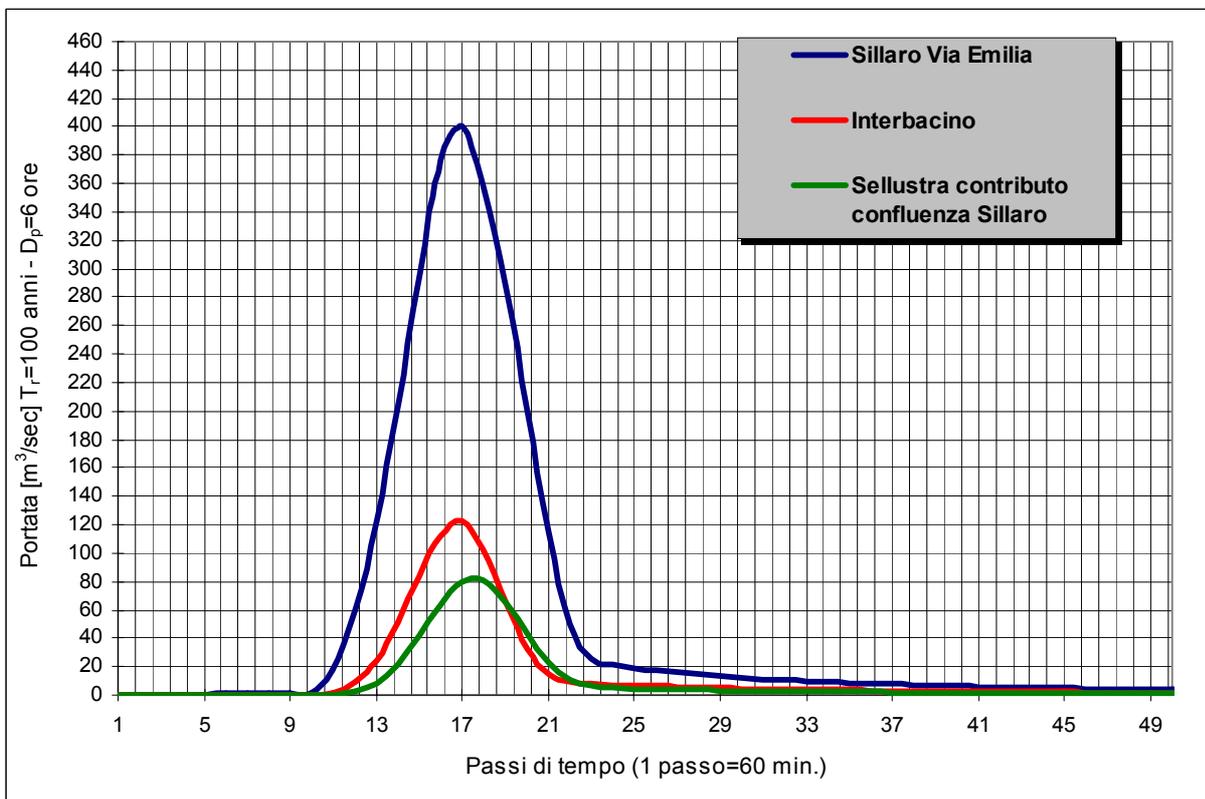
Graf. Q30 – Onde di piena $T_r=30$ anni, $D_p=6$ ore



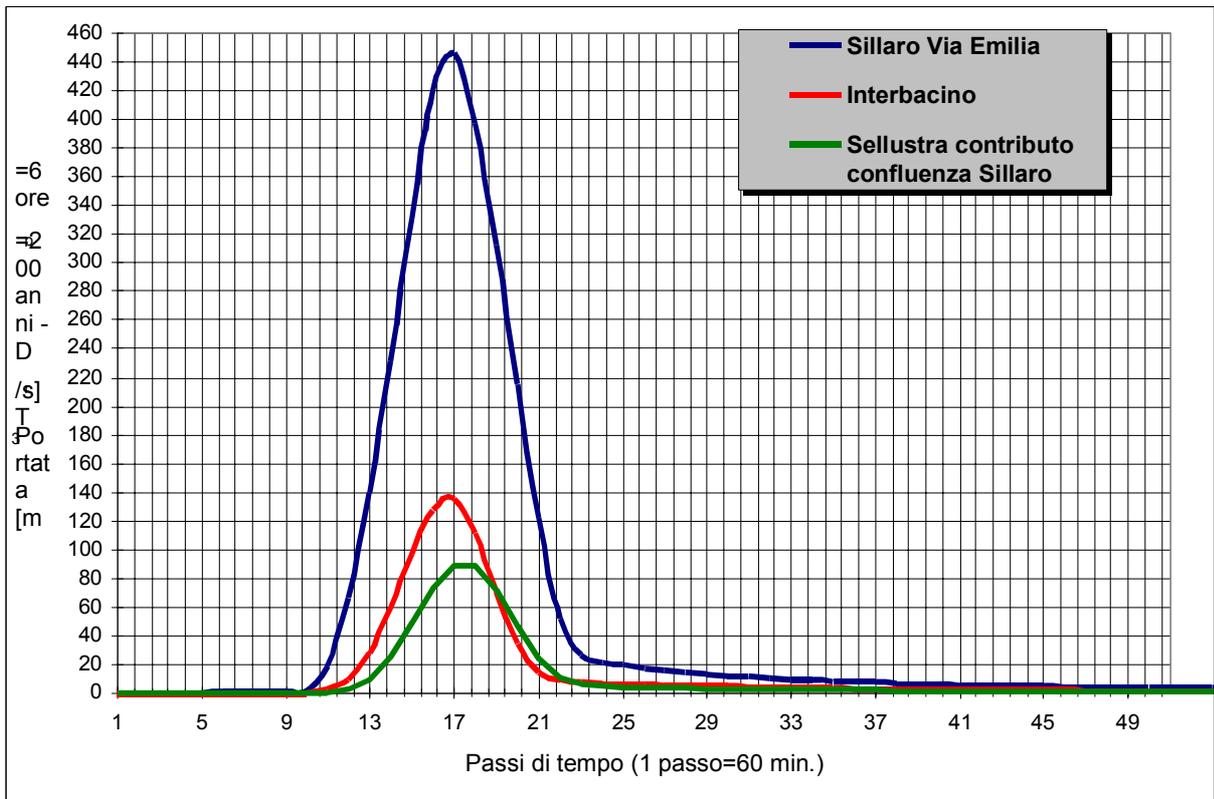
Graf. Q50 – Onde di piena $T_r=50$ anni, $D_p=6$ ore



Graf. Q100 – Onde di piena $T_r=100$ anni, $D_p=6$ ore



Graf. Q200 – Onde di piena $T_r=200$ anni, $D_p=6$ ore



Per il reticolo idrografico principale (costituito dal Sillaro) e per quello secondario (torrente Sellustra, torrente dell'Acquabona, rio Sassuno, rio Sabbioso e rio Ronco), le portate massime¹⁶ sono state calcolate in tutti i punti delle aste montane

¹⁶ 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).

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 Sillaro, a monte della via Emilia), 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 metodo¹⁷ 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 di propagazione di piena monodimensionale PAB¹⁸ che opera in condizioni di moto vario.

¹⁷ 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.

¹⁸ 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.

E' risultato necessario, per i motivi che saranno successivamente esposti, studiare il regime idraulico assunto dal Sillaro 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”¹⁹.

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 Sillaro, 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”.

¹⁹ 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 SILLARO

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

- il livello idrico del Reno²⁰ alla confluenza del Sillaro è stato considerato tale da indurre un tirante nel Sillaro pari alla metà del tirante corrispondente alla sommità arginale (9 m s.l.m.); tale quota corrisponde ad un tirante in Reno pari a circa 10 m;
- sono state considerate portate in alveo, all'inizio dell'evento di pioggia, pari a 3 m³/sec nel Sillaro e a 1 m³/sec nel Sellustra;
- 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 m^{-1/3} sec (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 m^{-1/3} sec (canali in terra poco curati e con vegetazione) e pari a 0,07 m^{-1/3} sec (o 0,08) in corrispondenza dei ponti per tenere conto delle singolarità delle sezioni.

Il regime idraulico nell'asta di pianura²¹ del Sillaro è stato valutato con riferimento ad eventi di pioggia con tempi di ritorno di 5, 30, 50, 100 e 200 anni.

Nella tabella “QL” 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 30, 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 ammissibile²² mentre è stata considerata “alta” se il livello ammissibile viene superato di una quantità maggiore di 20 cm. Le simulazioni sono state effettuate sia considerando nulle le esondazioni laterali, sia considerando i loro effetti sulla propagazione delle onde di piena.

²⁰ 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.

²¹ La sezione iniziale dell'asta di pianura è stata posta immediatamente a valle della via Emilia.

²² 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 arginale. Nelle zone non arginate (o arginate in modo discontinuo), il livello ammissibile è stato posto pari alle quote massime dell'alveo inciso così come risultanti dalle sezioni rilevate e dalle CTR in scala 1:5000.

TAB. QL - Tabella Pericolosità dell'asta di pianura del Sillaro T_r=50 anni e Durata Pioggia=6 ore

SEZIONI			Pericolosità				Caratteristiche sezioni		Simulazione senza esondazioni			Simulazione con esondazioni			
			Simulazione senza esondazioni		Simulazione con esondazioni										
CODICE	Progressiva [km]	Localizzazione	Peric. bassa	Peric. alta	Peric. bassa	Peric. alta	Livello limite. [m]	Quota fondo [m]	Livello idrico [m]	Superamento. Liv. lim. [m]	Portata max. [m³/sec]	Livello idrico [m]	Superamento. Liv. lim. [m]	Portata max. [m³/sec]	VOL_ESON [m³]
1M V	0.00	Ponte via Emilia					62.90	56.80	60.06	-2.85	361.40	60.06	-2.85	361.40	0
1M BR2	0.02						62.43	56.80	60.06	-2.37	361.37	60.06	-2.37	361.37	0
1M BR1	0.04						62.43	56.80	59.85	-2.58	361.30	59.85	-2.58	361.30	0
1M	0.05						62.43	54.85	59.90	-2.53	361.26	59.90	-2.53	361.26	0
2M V1	0.95						58.83	53.40	56.69	-2.14	358.04	56.69	-2.14	358.07	0
2M PONTE	0.96	Ponte ferrovia					58.83	53.40	55.51	-3.32	358.01	55.51	-3.32	358.03	0
2M BR1	0.98						55.23	52.52	54.14	-1.09	357.95	54.14	-1.09	357.97	0
2M BR2	1.00						55.23	50.14	51.82	-3.41	357.89	51.82	-3.41	357.91	0
2M BR3	1.01						55.23	48.20	49.90	-5.33	357.86	49.90	-5.33	357.88	0
2M	1.02						55.23	45.30	49.82	-5.41	357.83	49.82	-5.41	357.85	0
3M	2.48			si		si	44.48	41.11	45.08	0.60	355.80	45.08	0.60	355.82	0
4M I1	3.42		si		si		42.66	38.25	42.69	0.03	356.12	42.69	0.03	356.11	0
4MV	3.49	Ponte Autostrada					45.40	38.25	42.37	-3.04	356.31	42.37	-3.04	356.30	0
4M	3.50						42.66	38.25	42.39	-0.27	356.34	42.39	-0.27	356.33	0
5M	4.70			si		si	38.16	33.86	39.73	1.57	359.62	39.73	1.57	359.60	0
6M	5.46			si		si	37.34	32.50	38.61	1.27	383.76	38.60	1.26	383.94	0
7M	6.34			si		si	37.36	30.15	37.63	0.27	413.06	37.58	0.22	413.14	0
1a	7.17	Confluenza Sellustra		si	si		36.16	27.77	36.44	0.28	517.82	36.25	0.09	517.93	0
2a	7.68						36.23	27.35	36.02	-0.21	533.40	35.73	-0.50	533.90	0
3aV	7.98	Ponte Dozza					35.76	26.91	35.49	-0.27	529.30	35.09	-0.67	529.76	0
3a	7.99						36.13	26.91	35.57	-0.56	529.16	35.17	-0.96	529.63	0
4a	8.34			si		si	32.59	26.31	35.07	2.48	524.52	34.47	1.88	524.95	0
5a	8.99			si		si	32.38	24.85	34.02	1.64	517.10	32.92	0.54	419.36	1025800
6a	9.54			si		si	31.22	23.83	33.18	1.96	511.55	31.78	0.56	337.40	1015600
7aV	10.15	Ponte Bettola		si		si	29.07	23.28	32.33	3.26	505.62	30.74	1.67	311.60	733800
7a	10.16			si	si		30.80	23.28	32.30	1.50	505.42	30.74	-0.06	290.09	0
8a	10.53			si	si		30.25	22.16	31.85	1.60	501.79	30.29	0.04	286.59	23600
9a	11.49			si		si	28.80	20.75	30.63	1.83	495.58	29.02	0.22	267.57	260300
10a	13.08			si	si		26.79	18.46	28.47	1.68	490.61	26.99	0.20	268.93	186900
10a-V	13.77			si			26.10	17.77	27.18	1.08	490.70	25.87	-0.23	280.16	0
12a	14.72			si	si		24.32	15.71	25.57	1.25	492.98	24.33	0.01	295.40	3000
1 I2	15.60			si			23.61	14.41	24.61	1.00	497.57	23.33	-0.28	310.18	0
1	15.61	Confluenza Correcchio		si			23.61	14.41	24.61	1.00	497.62	23.32	-0.29	310.35	0
2	16.08			si			23.57	14.05	24.39	0.82	495.89	23.07	-0.50	310.12	0
3	16.60			si			23.08	13.71	24.02	0.94	494.88	22.71	-0.37	309.88	0
4V	16.78	Ponte Sesto Imolese		si	si		22.49	13.59	23.81	1.32	494.63	22.51	0.02	304.67	30300
4	16.79			si	si		22.49	13.59	23.81	1.32	494.62	22.51	0.02	304.65	100
5	17.28			si			22.56	13.25	23.50	0.94	493.95	22.17	-0.39	303.77	0
6	17.85			si			22.11	12.87	23.10	0.99	493.18	21.74	-0.37	302.88	0
7	18.36			si			21.95	12.69	22.93	0.98	490.75	21.51	-0.44	302.27	0
8	18.81			si			21.55	12.54	22.58	1.03	489.27	21.16	-0.39	301.99	0
9	19.33			si			21.39	12.16	22.26	0.87	487.94	20.78	-0.61	301.68	0
10	19.83			si			21.18	11.79	21.88	0.70	486.65	20.36	-0.82	301.38	0
10 bis-V	19.88	Ponte Via Tiglio		si		si	19.63	11.76	21.80	2.17	486.53	21.28	1.65	291.75	83700
10 bis	19.89			si			20.60	11.76	21.79	1.19	486.51	20.27	-0.33	291.74	0
11	20.36			si			21.00	11.49	21.65	0.65	485.29	20.13	-0.87	291.30	0
12	20.87			si			20.59	10.77	21.39	0.80	484.50	19.87	-0.72	290.99	0
13	21.34			si			20.40	10.62	21.12	0.72	484.27	19.59	-0.81	290.71	0

continua nella pagina seguente

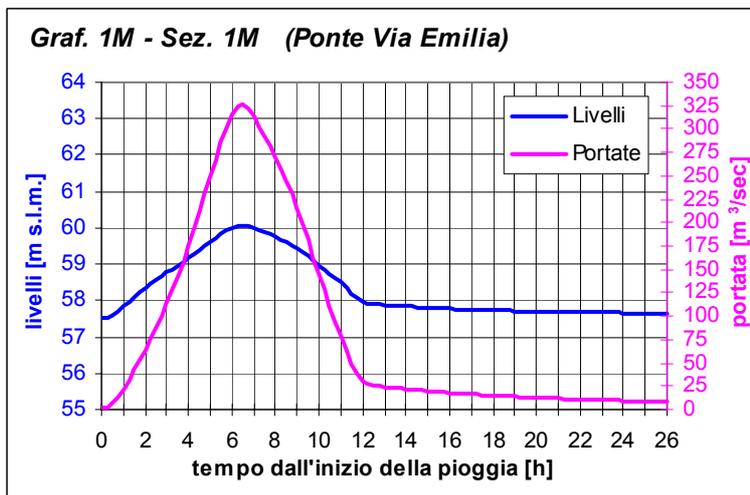
SEZIONI			Percolosità				Caratteristiche sezioni		Simulazione senza esondazioni			Simulazione con esondazioni			
			Simulazione senza esondazioni		Simulazione con esondazioni										
CODICE	Progressiva [km]	Localizzazione	Peric. bassa	Peric. alta	Peric. bassa	Peric. alta	Livello limite. [m]	Quota fondo [m]	Livello idrico [m]	Superamento. Liv. lim. [m]	Portata max. [m³/sec]	Livello idrico [m]	Superamento. Liv. lim. [m]	Portata max. [m³/sec]	VOL_ESON [m³]
14	21.87			si			20.25	10.16	20.79	0.54	484.01	19.26	-0.99	290.60	0
15	22.39			si			19.99	9.70	20.33	0.34	483.76	18.82	-1.17	290.54	0
16	22.88			si			19.78	9.27	20.13	0.35	483.52	18.60	-1.18	290.48	0
17	23.38			si			19.28	9.10	19.74	0.46	480.73	18.25	-1.03	289.42	0
18	23.87			si			18.90	8.93	19.65	0.75	478.12	18.12	-0.78	288.68	0
19	24.40			si			19.20	8.77	19.48	0.28	475.23	17.95	-1.25	287.94	0
20	24.87			si			18.62	8.63	19.19	0.57	473.29	17.68	-0.94	287.30	0
21	25.43			si			18.42	8.46	18.86	0.44	471.61	17.36	-1.06	286.83	0
22V1	25.85	Ponte di Portonovo	si				18.50	8.35	18.32	-0.19	470.33	16.87	-1.63	286.51	0
22	25.86						18.94	8.35	18.32	-0.62	470.30	16.87	-2.07	286.51	0
23	25.91			si			17.76	8.34	18.28	0.52	470.15	16.83	-0.93	286.47	0
24	26.45			si			17.54	7.87	17.83	0.29	468.82	16.39	-1.15	286.06	0
25	26.95			si			17.18	7.44	17.45	0.27	468.51	16.03	-1.15	285.86	0
26	27.50		si				16.81	6.97	17.00	0.19	468.17	15.62	-1.19	285.84	0
27	27.95		si				16.54	6.58	16.59	0.05	465.99	15.24	-1.30	285.15	0
28	28.47						16.40	6.32	16.09	-0.31	463.94	14.72	-1.68	284.58	0
29	28.90		si				15.83	6.10	16.00	0.17	462.83	14.59	-1.24	284.12	0
30	29.43			si			15.70	5.84	15.95	0.25	461.42	14.51	-1.19	283.54	0
31	29.96			si			15.40	5.57	15.92	0.52	460.72	14.47	-0.93	283.22	0
32V1	30.26	Ponte della Cardinala		si			15.17	5.69	15.68	0.51	460.51	14.28	-0.89	283.12	0
32	30.27						16.61	5.69	15.69	-0.92	460.51	14.28	-2.33	283.11	0
33	30.41		si				15.60	5.76	15.64	0.04	460.42	14.23	-1.37	283.07	0
34	30.92		si				15.30	4.54	15.33	0.03	460.08	13.93	-1.37	282.90	0
35	31.41			si			14.70	4.38	15.00	0.30	459.75	13.62	-1.08	282.89	0
36	31.92		si				14.67	4.21	14.64	-0.03	460.03	13.28	-1.39	283.16	0
37	32.34		si				14.42	4.07	14.34	-0.08	459.23	13.00	-1.42	282.66	0
38	32.92						14.24	3.88	13.95	-0.29	458.13	12.63	-1.61	281.97	0
39	33.44						13.91	3.63	13.61	-0.30	457.16	12.33	-1.58	281.66	0
40	33.93						14.04	3.40	13.22	-0.82	456.66	11.99	-2.05	281.39	0
41	34.38						13.66	3.18	12.84	-0.82	456.54	11.67	-1.99	281.15	0
42	34.93						13.72	2.92	12.36	-1.36	456.40	11.26	-2.46	280.85	0
43	35.39						14.21	2.71	12.04	-2.17	456.29	10.96	-3.25	280.91	0
44	35.92						13.80	2.47	11.36	-2.44	456.15	10.38	-3.42	280.98	0
45	36.32						14.16	2.29	10.52	-3.64	456.32	9.74	-4.42	281.04	0
46	36.64						14.91	2.27	9.00	-5.91	456.71	9.00	-5.91	281.09	0

>>>**INSERIRE**

TAV. “SP” – Sezioni di riferimento dell’asta di pianura

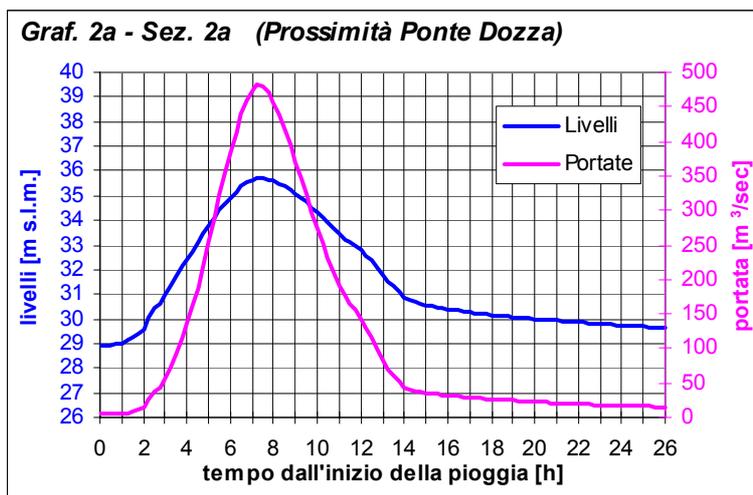
Il regime idraulico del Sillaro a valle della via Emilia può essere qualitativamente descritto mediante la rappresentazione dell'andamento delle portate e dei livelli idrometrici come risulta dalle simulazioni effettuate per eventi con tempi di ritorno di 30 anni.

Nella sezione iniziale "1M" al ponte della via Emilia (grafico 1M), la portata coincide ovviamente con la portata in uscita dal bacino montano del Sillaro e presenta il massimo (circa 325 m³/sec), unitamente al livello idrometrico (circa 60 m. s.l.m.), dopo circa 6,5 ore dall'inizio dell'evento di pioggia.



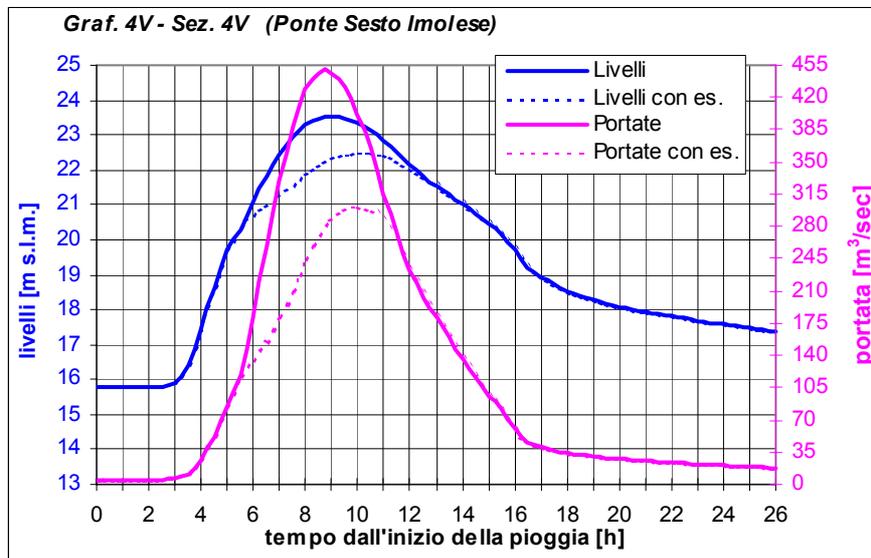
L'onda di piena si propaga, poi, fino al ponte dell'autostrada subendo una leggera laminazione di circa 5 m³/sec.

Poco più a valle, nella sez. 2a (graf. 2a), gli apporti dell'interbacino e del Sellustra portano il picco di portata a circa 480 m³/sec con un incremento di quasi il 50% rispetto alla portata massima nella sezione di chiusura del bacino montano del Sillaro.

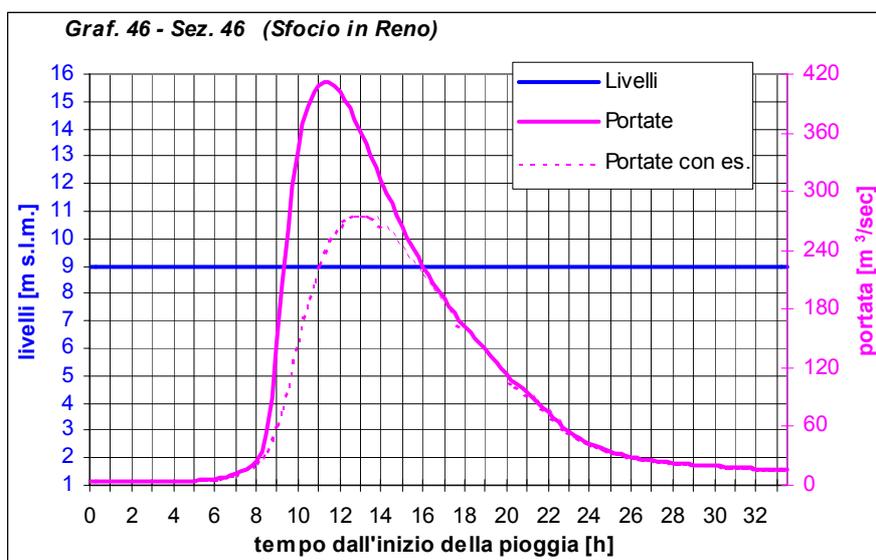


Le esondazioni laterali, che per la maggior parte avvengono nel tratto delimitato dalle sezioni "6a" e "10a" con un volume complessivo di circa 2.400.000 m³, abbassano la portata massima, nella sezione "4V" in corrispondenza del ponte di Sesto Imolese, da circa

450 m³/sec (propagazione senza esondazioni laterali) a circa 300 m³/sec e portano il livello idrometrico ad un valore prossimo a quello ammissibile (Graf. 4V).



Le onde di piena continuano a propagarsi fino alla sezione “46” corrispondente all’immissione in Reno (grafico 46) subendo una laminazione pari a circa 8,5% nel caso della propagazione senza esondazioni laterali e a 7,5% nel caso della propagazione con esondazioni laterali. Nella sezione “46” il livello idrometrico è costante e corrisponde a quello previsto per il fiume Reno posto pari a 9 m s.l.m.



Dall'analisi dei risultati degli studi idraulici effettuati, si può osservare, non considerando le eventuali esondazioni laterali che sono comunque di difficile valutazione e rendono i risultati delle simulazioni scarsamente affidabili²³, che:

- l'asta arginata, dove la pericolosità assume una rilevanza maggiore per ciò che concerne sia la sua "significatività" che il rischio idraulico, presenta numerosi elementi ad alta pericolosità già per eventi con tempi di ritorno di 30 anni;
- per eventi con $T_r=30$ anni, il superamento medio del livello limite²⁴ nell'asta arginata è di - 0,2 m, presenta un massimo di 1,8 m e al ponte di Sesto Imolese²⁵ è di 1 m; tali valori ovviamente aumentano con il tempo di ritorno degli eventi considerati per arrivare, con tempi di ritorno di 200 anni, mediamente a 0,5 m con un massimo di 2,6 m e a 1,8 m al ponte di Sesto Imolese;
- l'entità dei fenomeni sopra indicati è tale da rendere estremamente difficile anche qualsiasi azione di protezione civile che può essere ipotizzata al fine di contenere il deflusso delle onde di piena all'interno delle opere arginali.

Se si considerano da un punto di vista qualitativo i risultati delle simulazioni con esondazioni laterali²⁶, si può osservare che la maggior parte di esse avvengono nei tronchi a cavallo di "ponte Bettola" con un effetto di laminazione delle onde di piena che fissa le portate massime a valle di tali zone ad un valore praticamente indipendente dall'entità dei fenomeni di pioggia

E' stato anche effettuato uno studio finalizzato alla valutazione degli effetti della variazione dei livelli in Reno sulla propagazione delle onde di piena nel Sillaro e quindi sulla pericolosità del reticolo idrografico. I risultati di tale studio indicano che, nel caso specifico del Sillaro, i livelli in Reno sono sostanzialmente ininfluenti nella determinazione della pericolosità dell'asta del rischio idraulico.

²³ La causa è da ricercarsi nella schematizzazione dei corsi d'acqua che, per la scarsità dei dati disponibili specialmente nei tronchi non arginati, permette una corretta valutazione dei fenomeni soltanto da un punto di vista qualitativo.

²⁴ Sommità arginale o sottotrave dei ponti.

²⁵ Dove la pericolosità incide maggiormente sul rischio.

²⁶ Confermati dal rilievo degli effetti degli eventi di pioggia del Giugno 1994.

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.

>>>**INSERIRE**

Tavole “P0/P7” – Reticolo idrografico ed aree passibili di inondazione

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

Corso d'acqua	Tipo elemento	Località / Descrizione	TR critico
Sillaro	Ponte	Ponte Bettola	20
Sillaro	Ponte	Sesto Imolese/ Ponte via S. Vitale	30
Sillaro	Centro abitato	Sesto Imolese	30
Sillaro	Nucleo abitato	Passo del Signore	30
Sillaro	Ponte	Ponte della Cardinala	50
Sillaro	Ponte	Ponte Dozza	200
Sillaro	Ponte	Portonovo	200
Sillaro	Nucleo abitato	Frazione di Portonovo	200
Sillaro	Nucleo abitato	Bettola	200
Sillaro	Nucleo abitato	S. Martino in Pedriolo	200
Sellustra	Insedimento produttivo	Montrone di sotto	200

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:

- il centro abitato di Sesto Imolese;
- l'insediamento produttivo di Montrone di Sotto dove, comunque, sono necessari ulteriori rilievi e studi idraulici per classificare la classe del danno atteso.

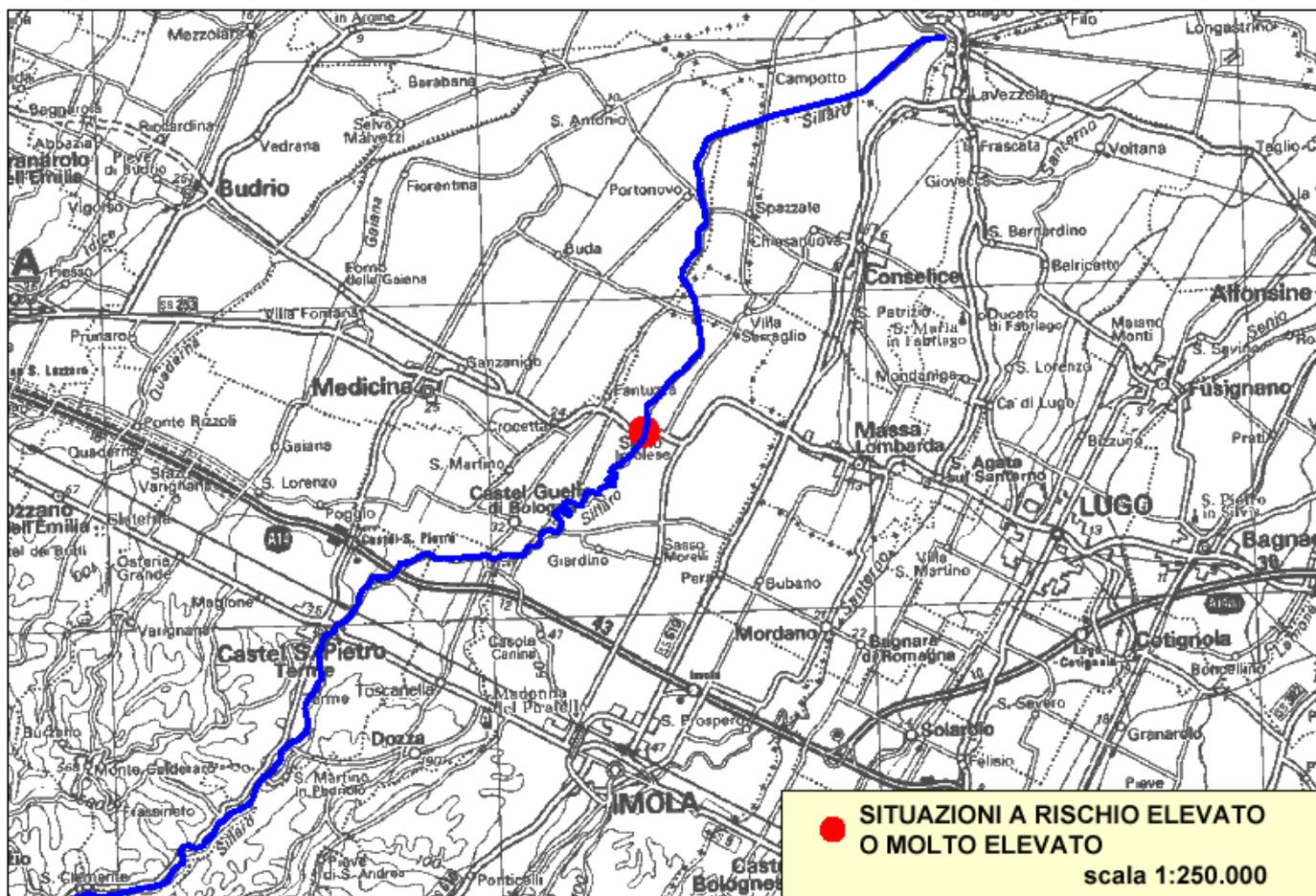
Risulta inoltre che il danno atteso è da considerarsi medio o moderato nelle altre situazioni indicate in tabella.

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 l'unica situazione a rischio elevato o molto elevato, conseguente ad eventi con tempi di ritorno di 30 anni, è localizzata a Sesto Imolese.

Infatti, l'elemento che può essere considerato, anche per la sua adiacenza alle arginature del Sillaro, *complessivamente vulnerabile* ai fenomeni di inondazione previsti per eventi con tempi di ritorno di 30 anni è il centro abitato di Sesto Imolese

Eventi di pioggia con tempi di ritorno sensibilmente minori di 30 anni non appaiono di intensità tale da rendere gravemente vulnerabile il suddetto centro abitato.

In conclusione, per i motivi prima evidenziati, si può quindi affermare che la *capacità di smaltimento* del sistema idrografico relativo al torrente Sillaro è pari a circa **30 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 utili²⁷ 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".

Nella definizione delle priorità d'intervento sono stati presi in considerazione in primo luogo i tronchi dove la pericolosità incide maggiormente sul rischio.

I principali interventi strutturali previsti per la riduzione della pericolosità, in ordine di priorità e con riferimento alla tav. "I.0" sono:

- risezionamento dell'asta arginata (dall'immissione del Correcchio fino allo sfocio in Reno) al fine di far defluire con adeguati margini di sicurezza onde di piena conseguenti ad eventi con tempi di ritorno di almeno 30 anni (portate massime in ingresso di circa 450 m³/sec) e con "ridotti" margini di sicurezza onde di piena conseguenti ad eventi con tempi di ritorno di almeno 50 anni (portate massime in ingresso di circa 500 m³/sec);

²⁷ 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 5.000.000 m³ per eventi con tempi di ritorno di 200 anni.

- realizzazione di due casse di espansione, poste sul Sillaro all'altezza dell'autostrada "A14" e immediatamente a monte della confluenza del Correcchio, finalizzate a limitare le portate a valle di esse a $450 \text{ m}^3/\text{sec}$ per eventi con tempi di ritorno fino a 200 anni;
- risezionamento del tratto compreso tra la confluenza del Sellustra e quella del Correcchio con lo scopo di far defluire con sicurezza portate fino a $450 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Gli interventi previsti sono descritti nel "Programma interventi strutturali – Indirizzi e criteri progettuali".

Si evidenzia infine che occorre approfondire gli studi idraulici, attraverso anche ulteriori rilievi topografici, al fine di verificare la necessità (per eventi con tempi di ritorno fino a 200 anni) di ulteriori interventi strutturali nelle seguenti situazioni di rischio:

- in località Montrone di Sotto, in destra Sellustra, dove è presente un'attività produttiva;
- a S. Martino in Pedriolo, in sinistra Sillaro, dove è presente un nucleo abitato.

>>>**INSERIRE**

Tav. "I.0" – Interventi strutturali per la mitigazione del rischio idraulico

RISEZIONAMENTO DELL'ASTA ARGINATA

Gli interventi in questo caso consistono in un risezionamento dell'intero tratto con argini di II categoria.

La verifica dell'efficacia del risezionamento è stata effettuata simulando la propagazione di onde di piena conseguenti ad eventi con tempi di ritorno di 30 e di 50 anni.

Le scabrezze, rappresentate dal coefficiente di Manning, adottate nelle simulazioni sono state poste pari a 0,05 (canali in terra poco curati e con vegetazione) per l'intero tratto arginato, sia per l'alveo inciso che per l'alveo golenale, e pari a 0,07 in corrispondenza dei ponti per tenere conto delle singolarità delle sezioni.

Il livello in Reno nelle simulazioni è stato posto pari a 12 metri.

A seguito degli interventi di risezionamento, è previsto, per eventi con tempi di ritorno di 30 anni, un franco medio di sicurezza di oltre un metro lungo l'intero tratto in questione. In corrispondenza del ponte di Sesto Imolese, dove la pericolosità incide maggiormente sul rischio, il franco di sicurezza risulta essere di circa 0,50 m. L'unica situazione "pericolosa", con un superamento del livello limite di 0,35 m., risulta essere in corrispondenza del Ponte pedonale di via Tiglio di cui in ogni caso è prevista la ricostruzione. Per eventi di pioggia con tempi di ritorno di 50 anni (portate di circa $500 \text{ m}^3/\text{sec}$), il franco medio di sicurezza si riduce a 0,80 m ed esso a Sesto Imolese risulta essere di circa 0,20 m. Si aggrava la situazione di pericolo al Ponte pedonale di via Tiglio, con un superamento del livello ammissibile di 0,70 m.

Gli interventi di risezionamento dell'asta arginata sono da considerare **prioritari**.

CASSE DI ESPANSIONE

Le ipotesi d'intervento per ridurre la pericolosità del sistema mediante la riduzione delle portate prevedono la realizzazione di due casse di espansione poste sul Sillaro all'altezza dell'autostrada "A 14" (cassa 1) e immediatamente a monte della confluenza del Correcchio (cassa 2).

La localizzazione delle casse 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 1" è stata localizzata su un'area già sede di attività estrattive e la "cassa 2" nella parte più a valle del Sillaro prima dell'abitato di Sesto Imolese che costituisce l'elemento più significativo esposto a rischio.

L'insieme delle due casse d'espansione, al fine di mettere in sicurezza l'asta arginata del Sillaro (dall'immissione del Correcchio fino allo sfocio in Reno) per eventi con tempi di ritorno di 200 anni, dovrebbe limitare le portate a circa 450 m³/sec.

Sono state formulate tre ipotesi d'intervento sulla base della quali è stata analizzato il funzionamento idraulico del sistema in riferimento ad eventi di pioggia caratterizzati da tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni e di durate di pioggia di 6 e 12 ore.

Le suddette ipotesi possono essere così riassunte:

- ipotesi A, consistente nella limitazione delle portate a 200 m³/sec a valle delle Cassa 1 ed a 450 m³/sec a valle delle Cassa 2;
- ipotesi B, consistente nella limitazione delle portate a 250 m³/sec a valle della Cassa 1 ed a 450 m³/sec a valle Cassa 2;
- ipotesi C, consistente nella limitazione delle portate a 300 m³/sec a valle della Cassa 1 ed a 450 m³/sec a valle Cassa 2.

Dall'analisi dei risultati degli studi sul funzionamento idraulico del sistema in riferimento alle varie ipotesi d'intervento è risultato che l'ipotesi da privilegiare, sulla base di valutazioni di efficacia e di efficienza, è l'ipotesi B. Con riferimento a tale ipotesi e considerando già realizzati gli interventi di risizionamento dell'asta arginata:

- il franco di sicurezza supera i 50 cm anche per eventi con tempi di ritorno di 200 anni nel punto "critico" di Sesto Imolese;
- i volumi d'acqua da invasare nella "cassa 1" sono pari circa a 1.000.000 m³ per eventi con $T_R = 50$ anni, a 1.600.000 m³ per eventi con $T_R = 100$ anni e a 2.300.000 m³ per eventi con $T_R = 200$ anni; tali volumi risultano essere tali da rendere realizzabile la cassa, specialmente per gli eventi con tempi di ritorno di 50 e 100 anni, senza dover affrontare costi estremamente elevati;
- la "cassa 2" entra in funzione per eventi con tempi di ritorno superiori ai 100 anni e i volumi d'acqua da invasare per eventi con $T_R = 200$ anni sono pari a circa 300.000 m³; ciò permette di realizzare una cassa di espansione senza danni attesi apprezzabili per le attività agricole esistenti e con una potenzialità d'invaso tale da poter "supplire" ad eventuali deficit della capacità d'invaso della "cassa 1" e/o a far fronte ad eventi con tempi di ritorno superiori ai 200 anni;
- la portata massima rispetto alla quale mettere in sicurezza il tratto del Sillaro compreso tra la confluenza del Sellustra e quella del Correcchio è di circa 450 m³/sec.

Per quanto riguarda le priorità d'intervento, il piano prevede la realizzazione:

- della "cassa 1" con capacità d'invaso riferita ad eventi con $T_R=100$ anni (circa 1.600.000 m³) nella fase 2;
- della "cassa 1" e della "cassa 2" con capacità d'invaso almeno riferite ad eventi con $T_R=200$ anni (circa 2.300.000 m³ e 500.000 m³) nella fase 3.

Le "aree di localizzazione"²⁸ delle casse d'espansione sono riportate nella tavola "Ali.C".

²⁸ 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.

>>> INSERIRE

TAV. “ Ali.C ” - Aree di localizzazione delle casse d’espansione

IPOTESI PROGETTUALE RELATIVA ALLA CASSA I

Le aree potenzialmente interessate dalla cassa sono indicate nella tavola “A.C1”.

La quota media stimata della falda superficiale d’acqua nell’area indicata come “Lotto E” è di circa 48 m.

Per ottenere i volumi d’invaso voluti in riferimento ad eventi centennali, utilizzando soltanto le aree a monte dell’autostrada, sarebbero necessarie quote d’invaso e della soglia di sfioro estremamente elevate e ciò porterebbe alla realizzazione di opere particolarmente complesse e di dimensioni rilevanti con conseguenti rilevanti problemi di costo, gestionali e di impatto ambientale.

La soluzione che appare migliore, allo stato dei fatti e sulla base dei dati disponibili, è l’utilizzo delle aree a valle dell’autostrada per ottenere i volumi d’invaso riferiti ad eventi centennali²⁹ e, unitamente a queste, delle aree a monte dell’autostrada per ottenere i volumi d’invaso riferiti ad eventi duecentennali³⁰. Tale scelta permette inoltre l’utilizzo delle aree a monte dell’autostrada (che sono le più pregiate dal punto di vista della fruibilità) anche come aree di riequilibrio ecologico secondo i principi dettati dalla legge regionale n.11 del 1988. Le aree a monte dell’autostrada, una volta “svincolate” dall’essere usate per la realizzazione di casse d’espansione per eventi con tempi di ritorno inferiori od uguali a 100 anni, potrebbero essere sede anche di un impianto di fitodepurazione e di invasi polifunzionali: casse di espansione, serbatoi di raccolta delle acque da depurare e serbatoi, con funzione di “volano idrico”, dove accumulare l’acqua quando disponibile e restituirla nei periodi di siccità a sostegno delle portate di magra.

Le ipotesi progettuali relative alle parti dell’opera destinata a far fronte ad eventi duecentennali devono essere predisposte, vista la potenziale polifunzionalità dell’intervento, coinvolgendo tutti gli operatori che possono essere interessati all’intervento stesso.

Dato che tale attività non può essere svolta, anche per la mancanza di dati conoscitivi necessari, nell’ambito dell’elaborazione del presente piano, lo schema funzionale della cassa successivamente illustrato riguarda soltanto la parte della stessa finalizzata alla laminazione delle piene dovute ad eventi con tempi di ritorno fino a 100 anni.

²⁹ Intervento contraddistinto in Tabella IS con il Codice C1.1

³⁰ Intervento contraddistinto in Tabella IS con il Codice C1.2

>>> **INSERIRE**

TAV. "A.C1" - Aree potenzialmente interessate dalla cassa 1

RISEZIONAMENTO ALVEO TRATTO CONFLUENZA SELLUSTRA – CONFLUENZA CORRECCHIO

Il tratto in questione è stato sede di una serie di interventi che, attraverso la creazione di argini e la sottrazione al corso d'acqua di ampie aree golenali, hanno portato la sua configurazione di corso d'acqua "naturale" ad un assetto analogo a quello di un canale artificiale creando, al contempo, non irrilevanti problemi di sicurezza idraulica che però non si traducono comunque in rischio idraulico elevato.

La messa in sicurezza del tratto in oggetto, che in ogni caso dovrà avvenire dopo il raggiungimento della piena efficienza degli altri interventi strutturali previsti, dovrebbe essere realizzata mediante interventi che portino il suo assetto idraulico ad una conformazione il più possibile vicina a quella originaria. Un tale obiettivo, affinché sia raggiungibile, presuppone, durante la fase di progettazione, il coinvolgimento ed il "consenso" di coloro che attualmente usano a fini produttivi le aree che dovrebbero essere "restituite" (nel senso che diventerebbero aree "normalmente" passibili di inondazione) al corso d'acqua. Dato che un processo di progettazione di questo genere esula, anche in termini di tempi necessari, dalle attività di pianificazione, il piano si limita a proporre un'ipotesi progettuale che è da intendersi soltanto come verifica di fattibilità e base di discussione per avviare un processo che può essere definito come "progettazione partecipata".

L'ipotesi progettuale che è stata predisposta consiste nella realizzazione di un reticolo idrografico come planimetricamente descritto nella tavola "IR.1"

>>> INSERIRE

***TAV. IR.1 – Reticolo idrografico dalla sez.3a alla sez.12a dopo interventi di
risezionamento***

FUNZIONAMENTO ASTA DI PIANURA CON TUTTI GLI INTERVENTI PREVISTI

Il funzionamento idraulico complessivo dell'asta di pianura del Sillaro (dalla confluenza del Sellustra allo sfocio in Reno), per eventi con tempi di ritorno di 100 anni e dopo la realizzazione di tutti gli interventi strutturali previsti per far fronte a tali eventi, è rappresentato nella tabella "I tot" e nella tavola "IST.100" in cui sono riportati i risultati delle simulazioni considerando un livello in Reno pari a 12 metri e scabrezze pari a quelle definite negli studi dei singoli interventi. Dall'analisi di tali risultati si può vedere che:

- il franco medio di sicurezza è pari a circa 1,5 metri per tutta l'asta considerata e a circa 1,4 metri nella parte arginata;
- il franco minimo di sicurezza, non considerando la passerella pedonale di via Tiglio che comunque è in corso di rifacimento, è pari a circa 0,3 metri nella zona a monte dell'asta arginata dove il franco minimo è di circa 0,8 metri.

TAB. I tot – Portate e livelli con tutti gli interventi - Tr=100 anni e Durata Pioggia=6 ore

SEZIONI						Quote e portate massime		
CODICE	Localizzazione	Progressiva dal ponte della v.Emilia	Caratteristiche Sezioni					
			Livello amm. DX [m]	Livello amm. SX [m]	Livello ammissibile [m]	Livello idrico [m]	Sup. livello ammissibile [m]	Portata massima [m ³ /s]
1a	Confluenza Sellustra	7169	39,00	36,16	36,16	35,34	-0,82	433,54
2a		7676	36,23	36,96	36,23	34,09	-2,14	452,33
3aV2	Ponte Dozza	7973	37,00	37,00	37,00	32,64	-4,36	449,35
3a		7993	36,13	36,80	36,13	31,60	-4,53	449,15
4a		8340	35,00	34,14	34,14	30,97	-3,17	445,66
5a		8986	32,38	31,21	31,21	30,11	-1,10	439,16
6a		9544	29,89	30,16	29,89	29,53	-0,36	436,33
7aV2	Ponte Bettola	10140	29,07	29,07	29,07	27,77	-1,30	436,97
7a		10160	31,02	30,80	30,80	27,74	-3,06	436,99
8a		10525	28,39	27,44	27,44	27,12	-0,32	437,38
9a		11487	27,61	26,50	26,50	25,70	-0,80	438,41
10a		13076	24,50	24,50	24,50	23,98	-0,52	440,11
12a		14722	24,00	24,00	24,00	23,54	-0,46	441,88
1	Confluenza Correcchio	15613	23,65	23,61	23,61	22,76	-0,85	420,45
2		16081	23,59	23,57	23,57	22,44	-1,13	417,43
3		16595	23,08	23,32	23,08	22,03	-1,05	414,12
4V2	Ponte Sesto Imolese	16769	22,52	22,49	22,49	21,70	-0,79	413,00
4		16789	22,52	22,49	22,49	21,74	-0,75	412,87
5		17278	22,56	22,86	22,56	21,40	-1,16	410,11

continua nella pagina successiva

segue dalla pagina precedente

Codice	Localizzazione	Distanza progressiva	Livello amm. DX [m]	Livello amm. SX [m]	Livello ammissibile [m]	Livello idrico [m]	Sup. livello ammissibile [m]	Portata massima [m ³ /s]
6		17845	22,13	22,11	22,11	21,01	-1,10	410,74
7		18357	22,07	21,95	21,95	20,82	-1,13	410,02
8		18811	21,66	21,55	21,55	20,47	-1,08	409,37
9		19331	21,40	21,39	21,39	20,18	-1,21	408,65
10		19833	21,38	21,18	21,18	19,89	-1,29	407,94
10 bis-V2	Ponte Via Tiglio	19868	19,63	19,63	19,63	19,68	0,05	407,89
10 bis		19888	20,62	20,60	20,60	19,70	-0,90	407,87
11		20360	21,00	21,05	21,00	19,41	-1,59	407,20
12		20865	20,77	20,59	20,59	19,12	-1,47	406,49
13		21343	20,40	21,25	20,40	18,85	-1,55	405,82
14		21865	20,25	21,34	20,25	18,57	-1,68	405,09
15		22390	19,99	20,91	19,99	18,14	-1,85	404,35
16		22884	19,78	20,04	19,78	17,95	-1,83	403,65
17		23384	19,28	19,67	19,28	17,58	-1,70	399,44
18		23867	18,90	19,68	18,90	17,49	-1,41	397,93
19		24401	19,20	19,61	19,20	17,29	-1,91	396,26
20		24865	18,70	18,62	18,62	17,03	-1,59	394,81
21		25425	18,42	18,84	18,42	16,75	-1,67	393,05
22V2	Ponte di Portonovo	25842	18,50	18,60	18,50	16,26	-2,24	391,75
22		25862	18,94	19,12	18,94	16,26	-2,68	391,69
23		25911	17,76	17,91	17,76	16,25	-1,51	391,53
24		26453	17,54	17,62	17,54	15,94	-1,60	389,84
25		26947	17,18	17,29	17,18	15,63	-1,55	388,29
26		27496	16,81	16,89	16,81	15,29	-1,52	386,57
27		27947	16,71	16,54	16,54	14,98	-1,56	380,17
28		28473	16,95	16,40	16,40	14,66	-1,74	378,75
29		28895	15,83	16,25	15,83	14,60	-1,23	377,82
30		29427	15,70	15,90	15,70	14,51	-1,19	376,65
31		29955	15,40	15,85	15,40	14,47	-0,93	375,49
32V2	Ponte della Cardinala	30253	15,17	15,17	15,17	14,25	-0,92	374,84
32		30273	16,62	16,61	16,61	14,26	-2,35	374,79
33		30406	15,60	15,88	15,60	14,23	-1,37	374,50
34		30921	15,41	15,30	15,30	14,04	-1,26	373,37
35		31413	15,14	14,70	14,70	13,83	-0,87	372,28
36		31922	14,71	14,67	14,67	13,61	-1,06	371,16
37		32342	14,42	14,55	14,42	13,44	-0,98	367,09
38		32923	14,24	14,51	14,24	13,23	-1,01	362,17
39		33435	13,91	14,26	13,91	13,03	-0,88	361,15
40		33928	14,21	14,04	14,04	12,83	-1,21	360,17
41		34379	14,19	13,66	13,66	12,66	-1,00	359,28
42		34930	14,28	13,72	13,72	12,50	-1,22	358,18
43		35392	14,28	14,21	14,21	12,40	-1,81	357,26
44		35919	14,21	13,80	13,80	12,22	-1,58	356,22
45		36315	14,35	14,16	14,16	12,09	-2,07	355,43
46		36640	15,46	14,91	14,91	12,00	-2,91	354,78

>>>INSERIRE Tavola AutoCad

Tavola “IST.100” – Profilo longitudinale Sillaro con interventi strutturali complessivi

Tab.IS - Quadro riassuntivo interventi strutturali

COD	Tipo intervento	Localizzazione	Finalità e Dimensioni	Fase di realizzazione
R1	Risezionamento e sistemazione asta arginata	Da confluenza Correcchio a immissione in Reno	Deflusso in condizioni di sicurezza di piene per eventi con $T_R=30$ anni <i>Lunghezza = 16 km</i> <i>Volume movimentazione terra=1,5 Mm³</i>	fase 1
C1.1	Cassa di espansione	A valle dell'Autostrada "A14"	Laminazione piene per eventi con $T_R=100$ anni <i>$Q_{USCITA\ CASSA}=250\ m^3/sec$</i> <i>Volume utile in vaso=1,6 Mm³</i>	fase 2
C1.2	Cassa di espansione	A monte dell'Autostrada "A14"	Laminazione piene per eventi con $T_R=200$ anni <i>$Q_{USCITA\ CASSA}=250\ m^3/sec$</i> <i>Volume utile in vaso=0,7 Mm³</i>	fase 3
C2	Cassa di espansione	Confluenza Correcchio	Laminazione piene per eventi con $T_R=200$ anni <i>$Q_{USCITA\ CASSA}=450\ m^3/sec$</i> <i>Volume utile in vaso=0,3 Mm³</i>	fase 3
R2	Risezionamento e sistemazione asta arginata	Da confluenza Sellustra a confluenza Correcchio	Deflusso in condizioni di sicurezza di piene per eventi con $T_R=100$ anni <i>Lunghezza = 7 km</i>	fase 4