

# COMUNE DI POGGIO A CAIANO

## Provincia di Prato

STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO PER EVENTI DI PIENA CON TEMPO DI RITORNO VENTENNALE  
DI SUPPORTO ALLA VARIANTE AL PIANO STRUTTURALE ED AL REGOLAMENTO URBANISTICO

Tavola:

# REL

Disegno:

# RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

Scala:

Data:

NOVEMBRE 2010

STUDIO DI GEOLOGIA - DOTT.GEOL. ALBERTO TOMEI

59100 PRATO - Via del Vergaio, 19

Tel/fax 0574.41843

P.IVA 01728910975

C.F.TMOLRT61P06D612D

Collaboratore:

A4 INGEGNERIA

STUDIO TECNICO ASSOCIATO

**DOTT.ING. DAVID MALOSI**

VIA ROMA 26 - 59100 - PRATO

TEL/FAX 0574442523

MAIL: info@a4ingegneria.it

Committenza:



COMUNE DI POGGIO A CAIANO

Sede: VIA CANCELLIERI, 4

59016 POGGIO A CAIANO (PO) - tel. 055 87011

data	collaboratore	oggetto della modifica

Questo disegno e' protetto dalle vigenti leggi di autore e pertanto non puo' essere riprodotto, in tutto od in parte, ne' essere ceduto a terzi senza la nostra autorizzazione scritta.

## SOMMARIO

1	PREMESSA.....	2
2	FASI DELLO STUDIO.....	3
3	ACQUISIZIONE DATI TOPOGRAFICI.....	3
4	ANALISI IDROLOGICA.....	4
4.1	Risultati dei calcoli svolti .....	5
5	ANALISI IDRAULICA .....	6
5.1	Descrizione della metodologia di calcolo.....	7
5.2	Dati di input del modello idraulico di calcolo.....	10
5.3	Risultati dello studio idraulico.....	11
5.4	Perimetrazioni delle aree inondabili .....	11
6	ANALISI DEI RISULTATI DELLE SIMULAZIONI .....	12
6.1	Torrente Furba.....	12
6.2	Rio Montiloni.....	12
6.3	Torrente Ombrone .....	13
7	INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO .....	13
8	CONCLUSIONI.....	14

ALLEGATO 1 – IDROGRAMMI DI PIENA PER TR 20, 30, 100, 200 ANNI E DURATE 2, 4, 7, 12 ORE

ALLEGATO 2 – CURVE D'INVASO DELLE AREE DI POTENZIALE ESONDAZIONE

ALLEGATO 3 – PROFILI LONGITUDINALI CON LIVELLI IDRAULICI

ALLEGATO 4 – SEZIONI TRASVERSALI CON LIVELLI IDRAULICI

ALLEGATO 5 – TABELLE OUTPUT MODELLO IDRAULICO - SEZIONI

ALLEGATO 6 – TABELLE OUTPUT MODELLO IDRAULICO – AREE DI POTENZIALE ESONDAZIONE

## **1 PREMESSA**

Il presente studio idrologico-idraulico è stato redatto a supporto della variante del Piano Strutturale e al Regolamento Urbanistico del Comune di Poggio a Caiano. I corsi d'acqua oggetto di studio sono il Torrente Furba, il Rio Montilioni e il Torrente Ombrone e rientrano tra quelli classificati ai sensi del D.C.R.12/00.

Tutti i corsi d'acqua sono stati analizzati sia dal punto di vista idrologico che idraulico. E' stato infatti costruito un unico modello idraulico di calcolo all'interno del quale sono stati inseriti tutti i dati idrologici, idraulici, geometrici e topografici disponibili sia per i corsi d'acqua che per l'intero territorio circostante; in base ai risultati ottenuti utilizzando il modello sono state eseguite le perimetrazioni delle aree potenzialmente inondabili per eventi con tempo di ritorno pari a 20, 30, 100 e 200 anni in ottemperanza alle disposizioni normative regionali (vedi D.P.G.R. del 27/04/2007 n.26/R Regolamento di Attuazione dell'art.62 della L.R. 01/05) con metodologia conforme agli allegati alle norme di attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno approvato con D.P.C.M. del 06/05/2005.

## 2 FASI DELLO STUDIO

La relazione si articola nelle seguenti fasi dello studio:

- 1) **Acquisizione dei dati topografici.**
- 2) **Acquisizione dei dati idrologici:** viene indicata la fonte dalla quale sono stati ripresi gli idrogrammi di piena di riferimento per i bacini oggetto di studio in relazione agli scenari di pioggia analizzati. Si riportano inoltre tutti gli idrogrammi di piena per i quattro tempi di ritorno valutati per tutti i bacini/sottobacini in esame.
- 3) **Analisi idraulica:** vengono descritti gli strumenti di calcolo, i dati utilizzati nella costruzione del modello idraulico, le ipotesi assunte ed i risultati ottenuti.
- 4) **Perimetrazioni di rischio:** alla luce delle verifiche idrauliche sono state delimitate le aree a rischio idraulico per i diversi tempi di ritorno.
- 5) **Ipotesi di piano di bonifica:** alla luce delle perimetrazioni delle aree allagabili con riferimento ad evento con tempo di ritorno di 200 anni è stato ipotizzato un piano di bonifica per ridurre il rischio idraulico di tali aree, eseguendo una stima di massima dei costi.

Lo studio ha riguardato i seguenti tratti.

Corso d'acqua	Ubicazione della sezione iniziale del tratto di studio	Ubicazione della sezione di chiusura del tratto di studio
Torrente Furba	A valle del ponte sulla "Strada Vicinale della valle" nel Comune di Carmignano	Confluenza con Torrente Ombrone
Rio Montiloni	A monte di via Ugo Foscolo	Confluenza con Torrente Ombrone
Torrente Ombrone	A valle della confluenza con Torrente Stella	Confluenza con Fiume Arno nel Comune di Carmignano

Come sopra indicato i tratti dei corsi d'acqua oggetto di simulazione risultano anche al di fuori del territorio comunale: questo perché nell'ottica di stimare le portate ed i volumi esondati che possono interessare il territorio del Comune di Poggio a Caiano, è necessario valutare anche le esondazioni che avvengono nel territorio adiacente e considerare, per quanto riguarda il Torrente Ombrone, il rigurgito del Fiume Arno.

I calcoli di seguito esposti sono effettuati con modalità e modelli conformi a quelli indicati dalla Autorità di Bacino nell'Allegato 2 alle Norme del P.A.I. approvato con D.P.C.M. del 06-05-2005.

Nei capitoli successivi saranno comunque riportate le caratteristiche del modello idraulico in modo più esaustivo.

## 3 ACQUISIZIONE DATI TOPOGRAFICI

Per la redazione dello studio sono stati utilizzati i seguenti dati topografici:

- sezioni fluviali del Torrente Furba ottenute da rilievo svolto dal Genio Civile di Prato;
- sezioni fluviali del Rio Montiloni appositamente rilevate a supporto dello studio in oggetto;
- sezioni fluviali del Torrente Ombrone ottenute da rilievo fornito dall'Amministrazione Provinciale di Prato.

Le sezioni sono state rilevate mediante stazione GPS e georeferenziate sul sistema Gauss - Boaga della Carta Tecnica Regionale.

Lungo il Torrente Furba, ai fini dei calcoli idraulici, sono state definite, mediante il software di calcolo, una serie di sezioni interpolate che non rientrano tra quelle sotto indicate.

Le sezioni utilizzate per ricostruire il modello geometrico-idraulico, in base al quale sono stati eseguiti i calcoli per redigere le perimetrazioni delle aree allagabili, sono in un numero complessivo pari a 304 così ripartite:

Corso d'acqua	n. sezioni utilizzate
Torrente Furba	41
Rio Montiloni	30
Torrente Ombrone	223

Nella tabella seguente è riportata la numerazione delle sezioni di valle e di monte dei corsi d'acqua studiati.

Corso d'acqua	n. sezione monte	n. sezione valle
Torrente Furba	FUR_6b_HYDEA	FUR_39
Rio Montiloni	MON_3	MON_33
Torrente Ombrone	OM280PO	OM002PO

Per definire la geometria delle aree di potenziale allagamento è stata utilizzata la carta tecnica regionale CTR in scala 1:2000 al momento disponibile.

In Tavola 01 sono riportate le posizioni delle sezioni e delle aree di potenziale esondazione.

#### 4 ANALISI IDROLOGICA

Gli idrogrammi relativi ai bacini dei corsi d'acqua oggetto di studio sono stati ottenuti e immessi nel modello idraulico con metodi differenti, perciò vengono descritti di seguito separatamente.

Per il Torrente Furba sono stati acquisiti dal software AI.To. 1.1 i dati geomorfologici dell'intero bacino, prendendo quindi come sezione di chiusura la confluenza con il Torrente Ombrone, e ottenuti gli idrogrammi di piena relativi ai vari tempi di ritorno analizzati con l'ausilio dell'applicazione, realizzata dall'Autorità di Bacino, denominata IDRARNO che costituisce una "estensione" di AI.To. e permette, utilizzando la medesima metodologia e dati di input, di ricostruire gli idrogrammi di piena fissando la durata dell'evento di pioggia.

Per il Rio Montiloni sono stati acquisiti dal software AI.To. 1.1 i dati geomorfologici dell'intero bacino (denominato Montiloni\_2) e del sottobacino con sezione di chiusura in prossimità dell'inizio del tratto tombato tra via Ugo Foscolo e via Granaio (denominato Montiloni\_1), e ricavati gli idrogrammi di piena con l'applicazione IDRARNO.

Di seguito si riporta l'estratto del modello AI.To. nel quale si evidenziano i tratti processati (evidenziati in rosso) relativi al territorio comunale del Comune di Poggio a Caiano.

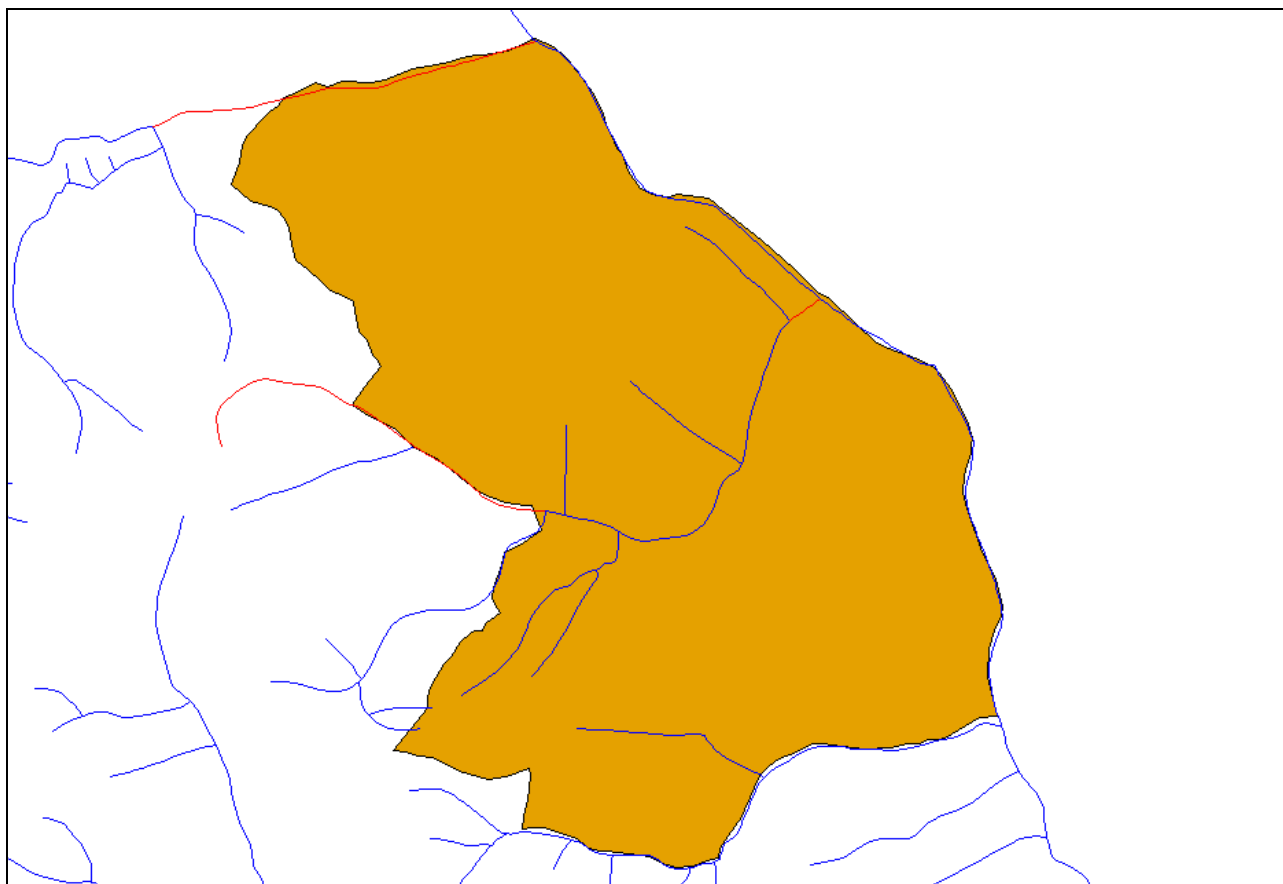


Figura 1. Estratto del modello AI.To. relativo al Comune di Poggio a Caiano

Gli idrogrammi di piena relativi al Torrente Ombrone sono stati estrapolati dallo studio idraulico redatto dagli scriventi nell'agosto 2009 a supporto della Variante al Piano Strutturale del Comune di Prato e approvato dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno.

La ricostruzione degli idrogrammi di piena per ciascun bacino-sottobacino individuato è stata eseguita, in ottemperanza alle normative vigenti, con riferimento ad eventi di pioggia con tempi di ritorno pari a 20, 30, 100 e 200 anni.

Sono stati indagati 4 diversi tempi di precipitazione, ed in particolare 2, 4, 7 e 12 ore, al fine di tenere conto delle condizioni più critiche per il Torrente Furba e il Rio Montiloni, riscontrabili negli scenari con eventi di pioggia con durate tipicamente brevi, e per il Torrente Ombrone, individuabili, viceversa, durante eventi piovosi caratterizzati da durate estremamente lunghe.

Per ciascun bacino sono stati ricostruiti 16 idrogrammi (per ogni tempo di ritorno analizzato, 20, 30, 100 e 200 anni, sono stati infatti simulati eventi con durata di pioggia pari a 2, 4, 7 e 12 ore).

In Allegato 1 sono riportati i grafici relativi agli idrogrammi che risultano dai calcoli svolti sulla base dei dati precedentemente indicati.

#### 4.1 RISULTATI DEI CALCOLI SVOLTI

La seguente tabella presenta in sintesi i valori di portata al colmo relativi ai singoli bacini considerati. Nello specifico in tabella vengono indicati per i quattro tempi di ritorno analizzati i valori massimi di portata con riferimento alla durata di pioggia che massimizza il picco.

Bacino	Durata di pioggia che massimizza il picco	Q <sub>20</sub> (mc/s)	Q <sub>30</sub> (mc/s)	Q <sub>100</sub> (mc/s)	Q <sub>200</sub> (mc/s)
FURBA	2 h	61.06	67.49	89.92	105.32
MONTILONI_1	2 h	8.66	9.42	12.09	13.95
MONTILONI_2	2 h	36.17	39.36	50.52	58.27
OMBRONE	12 h	324.56	339.08	367.06	377.81

Gli idrogrammi sono stati inseriti poi nel modello idraulico di calcolo.

In Allegato 1 sono riportati gli idrogrammi per i 16 scenari studiati.

## 5 ANALISI IDRAULICA

Le geometrie dei corsi d'acqua oggetto di simulazioni idrauliche sono per la maggior parte caratterizzate dalla presenza di strutture arginali di difesa; ne consegue che le esondazioni per effetto di tracimazioni arginali provocano una "perdita di volume d'acqua" che si va a distribuire nelle aree pressoché pianeggianti a campagna. In tali condizioni la metodologia di calcolo da utilizzare è lo schema di moto vario.

Gli argini sono schematizzati come elementi rigidi, anche in caso di avvenuta tracimazione. La distribuzione dei volumi a campagna è stata effettuata suddividendo il territorio in celle appositamente delimitate in base alle infrastrutture viarie presenti e alla morfologia del terreno. Tali celle sono state denominate con la sigla APE (Area di Potenziale Esondazione) seguita da un numero progressivo.

Il modello geometrico-idraulico dei corsi d'acqua studiati e della pianura suddivisa in celle è stato ricostruito utilizzando il software HEC-RAS 4.0 con il quale sono state eseguite le simulazioni idrauliche per i 16 scenari di calcolo precedentemente definiti.

La struttura di calcolo del modello per la fase di propagazione nelle aree a campagna delle acque inondate non permette di analizzare la condizione di transito delle acque nel trasferimento da una ipotetica sezione di esondazione all'area di accumulo. I livelli idrometrici che risultano dai calcoli svolti con il modello sopra descritto vengono ricostruiti sulla base della curva d'invaso altezze-volumi, rappresentativa della geometria della cella territoriale. I volumi accumulati all'interno delle celle, e conseguentemente i livelli idrometrici, variano nel tempo in conseguenza dell'andamento delle esondazioni e del passaggio delle acque da una cella all'altra attraverso le connessioni idrauliche presenti. Le APE sono state idraulicamente connesse tra loro riportando il profilo della superficie di delimitazione tra le celle stesse.

Di seguito è riportata la schematizzazione del modello idraulico.

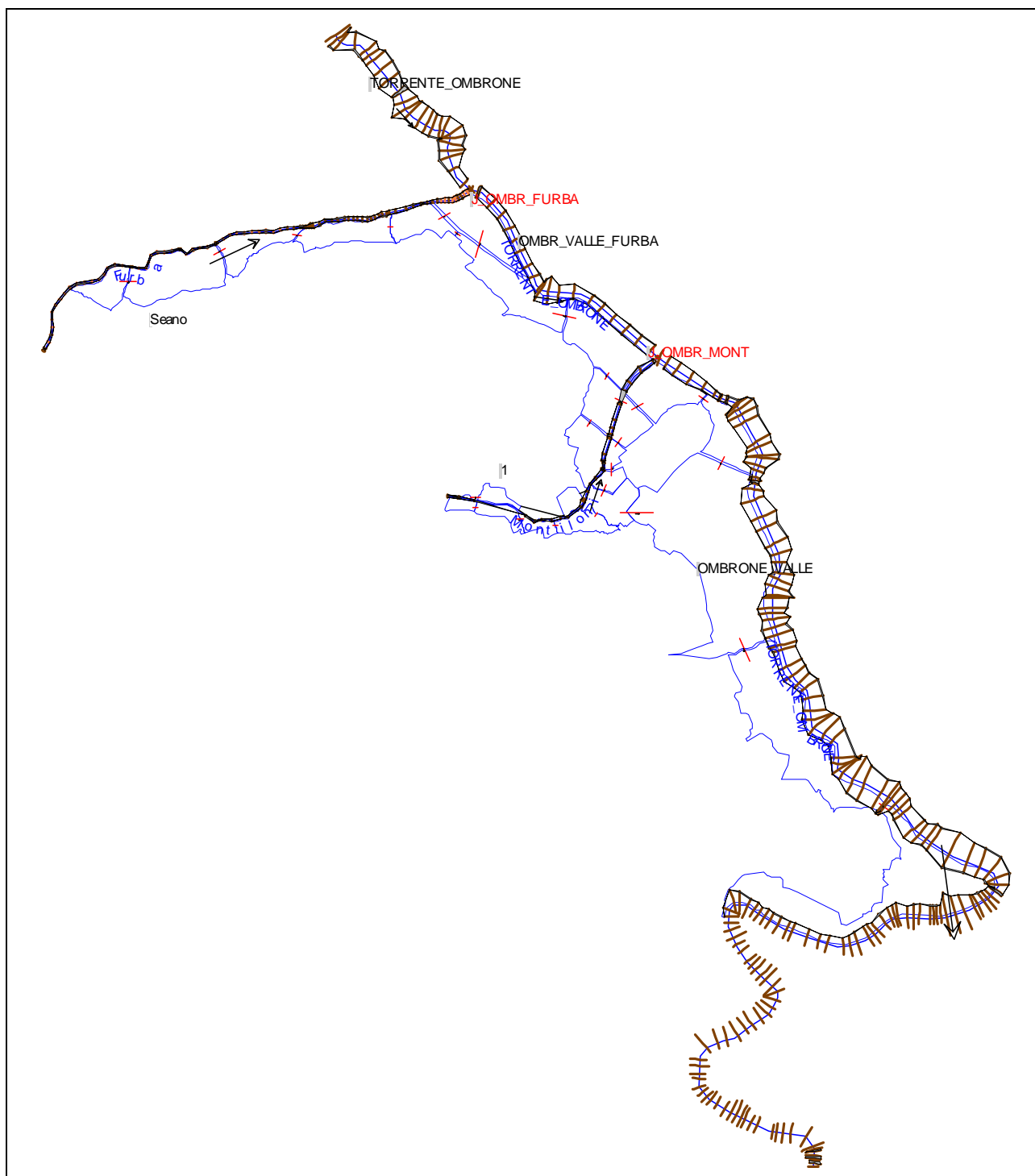


Figura 2. Schematizzazione del modello idraulico

### 5.1 DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA DI CALCOLO

Il modello idraulico utilizzato, denominato HEC-RAS, è stato sviluppato dall'US Army Corps Of Engineers; è in grado di effettuare simulazioni di tipo monodimensionale del fenomeno di propagazione dell'onda di piena su corsi d'acqua. Il modello presuppone che siano fornite tutte le informazioni necessarie, ed in particolare la geometria di un numero sufficiente di sezioni



trasversali. Il programma consente di inserire sezioni trasversali fittizie, interpolando quelle rilevate, in modo da assicurare che il passo di discretizzazione spaziale non ecceda un assegnato valore limite (per i corsi d'acqua studiati non è stato necessario utilizzare questa opzione).

Per l'analisi in moto permanente il software determina il profilo del pelo libero tra una sezione e la successiva mediante la procedura iterativa denominata *standard step*, risolvendo l'equazione del bilancio energetico,

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - h_e \quad (1)$$

dove:

$Y_1$  e  $Y_2$  sono le altezze d'acqua riferite al fondo dell'alveo;

$Z_1$  e  $Z_2$  sono le altezze del fondo rispetto ad una quota di riferimento;

$V_1$  e  $V_2$  sono le velocità medie della corrente nelle due sezioni estreme del tronco fluviale considerato;

$\alpha_1$  e  $\alpha_2$  sono coefficienti di ragguglio delle potenze cinetiche;

$h_e$  è la perdita di carico tra le due sezioni considerate.

Il termine  $h_e$  dipende sia dalle perdite per attrito che da quelle per contrazione ed espansione. Si può valutare mediante la relazione:

$$h_e = L \cdot \bar{S}_f + C \cdot \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (2)$$

dove:

$L$  è la lunghezza del tronco considerato;

$\bar{S}_f$  è la cadente media tra le due sezioni;

$C$  è il coefficiente di perdita di carico per contrazione o espansione.

Il primo termine rappresenta la perdita totale per attrito, prodotto tra la distanza tra le due sezioni e la cadente media. Il programma prevede diverse possibilità di calcolo della cadente, che viene determinata presupponendo una suddivisione dell'alveo in sottosezioni all'interno dei quali la velocità possa ritenersi con buona approssimazione costante.

Il secondo termine della equazione per il calcolo delle perdite di carico rappresenta invece il contributo dovuto alla contrazione ed espansione dell'area bagnata; tali perdite sorgono nel momento in cui si abbia un allargamento o restringimento della sezione che determini una situazione di corrente non lineare. Il coefficiente  $C$  varia in un intervallo compreso tra 0.1 e 1 per correnti subcritiche, mentre in caso di correnti veloci generalmente si assumono valori inferiori.

L'altezza del pelo libero, in riferimento ad una assegnata sezione, viene determinato mediante una risoluzione iterativa delle equazioni (1) e (2). Il modello fornisce inoltre i valori dell'altezza critica nelle diverse sezioni fluviali. Qualora si verificano transizioni da corrente lenta e veloce o viceversa, in tali segmenti di asta fluviale l'equazione di bilancio energetico è sostituita dall'equazione globale di equilibrio dinamico.

Il modello HEC-RAS consente di modellare l'effetto indotto sulla corrente dalla presenza di attraversamenti fluviali, nel caso che il deflusso attraverso il ponte avvenga a pelo libero ma anche

in pressione. La perdita di energia causata dal ponte è divisa in tre parti: in primo luogo le perdite che si hanno nella zona immediatamente a valle del ponte dove, generalmente, si ha un'espansione della corrente. Sono poi considerate le perdite di energia che si verificano durante l'attraversamento del ponte, nonché le perdite che si hanno immediatamente a monte, ove la corrente subisce una contrazione.

Per lo studio del deflusso attraverso un ponte HEC-RAS fa riferimento a quattro sezioni fluviali trasversali: sezione a monte del ponte, sezione di ingresso al ponte, sezione in uscita al ponte e sezione a valle del ponte. Il calcolo può essere effettuato utilizzando diverse soluzioni.

Il metodo del bilancio energetico (metodo standard step), che è stato utilizzato nell'ambito del presente studio, tratta la sezione in cui è presente il ponte esattamente come le altre, ad eccezione del fatto che l'area occupata dalla struttura viene sottratta dall'area totale e che il perimetro bagnato risulta incrementato per via del contributo dato dal ponte stesso. Poiché le perdite totali sono funzione delle perdite per attrito e delle perdite per contrazione ed espansione, occorre definire in questa fase i coefficienti necessari per il calcolo. In particolare, essendovi variazioni di velocità anche notevoli, il coefficiente di contrazione e soprattutto quello di espansione risulteranno sensibilmente maggiori dei valori assunti per i normali tronchi fluviali.

Il metodo del bilancio della quantità di moto si basa invece sull'applicazione dell'omonima equazione tra le quattro sezioni fluviali in precedenza descritte. Il modello permette all'utente di utilizzare, per lo studio di ogni ponte, ciascuno dei metodi sopra citati o eventualmente di selezionarli entrambi; il software provvede a restituire il profilo che prospetta la situazione caratterizzata da maggior criticità.

Le equazioni che governano le correnti a pelo libero in moto vario sono quelle di De Saint Venant, valide nelle ipotesi di corrente gradualmente variata e pendenza d'alveo contenuta. La risoluzione di dette equazioni differenziali è effettuata da HEC-RAS utilizzando uno schema implicito alle differenze finite a quattro nodi, definito in letteratura come box scheme, nel quale deve essere indicato un peso di discretizzazione temporale  $\theta$ . Questo schema risulta incondizionatamente stabile per valori di  $\theta$  compresi tra 0.5 e 1, condizionatamente stabile per  $\theta$  uguale a 0.5 e instabile per  $\theta < 0.5$ ; nella realtà, soprattutto in presenza di strutture che alterino drasticamente la geometria della sezione, possono presentarsi situazioni in cui la stabilità del sistema di risoluzione non è garantita. Le equazioni di De Saint Venant si compongono dell'equazione di continuità e l'equazione di bilancio di massa, applicate ad un assegnato tronco fluviale. Nell'ipotesi di fluido incomprimibile, l'equazione di continuità si scrive come:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial t} - q_s = 0 \quad (3)$$

Q è la portata fluviale;

A è l'area bagnata;

S è l'area di accumulo, cioè l'area della sezione che non contribuisce al deflusso;

e  $q$  è la portata per unità di larghezza dovuta agli apporti laterali.

L'equazione del moto si scrive come:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Q \cdot V)}{\partial x} + g \cdot A \cdot \left( \frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0 \quad (4)$$

dove:

V è la velocità;

$Q$  è la portata;  
 $S_f$  è la cadente.

Le equazioni (3) e (4) sono di tipo differenziale e non lineari; possono essere risolte per via iterativa o mediante tecniche di linearizzazione.

L'analisi dell'effetto dei ponti in condizioni di moto vario è effettuata da HEC-RAS con due approcci alternativi: il primo si esplica sottraendo dall'area bagnata l'area occupata dalle spalle e dalle pile della struttura; il perimetro bagnato risulta incrementato sempre per la presenza del ponte e, conseguentemente, si ha una riduzione della capacità di portata. Si preferisce questa procedura nei casi di spalle non troppo alte e facilmente sommergibili. Il secondo approccio considera invece la sezione del ponte imponendo una condizione interna, con la definizione di relazioni Q-h (portata-altezza idrica) in sostituzione alle equazioni di moto vario.

## 5.2 DATI DI INPUT DEL MODELLO IDRAULICO DI CALCOLO

Per ricostruire il modello geometrico sono state inserite le sezioni dell'alveo dei corsi d'acqua oggetto di studio (vedi capitolo 3) e definite le curve di invaso delle aree di potenziale esondazione in cui è stato suddiviso il territorio. Il Torrente Ombrone è stato suddiviso in 3 reach denominati "TORRENTE\_OMBRONE", compreso tra l'innescio del modello e la confluenza con il Torrente Furba, "OMBR\_VALLE\_FURBA", compreso tra la confluenza con il Torrente Furba e quella con il Rio Montiloni, "OMBRONE\_VALLE", compreso tra la confluenza con il Rio Montiloni e quella con il Fiume Arno. In prossimità delle confluenze con il Torrente Furba e il Rio Montiloni, sono state definite delle giunzioni denominate rispettivamente "J\_OMBR\_FURBA" e "J\_OMBR\_MON".

Al fine di aumentare la precisione della soluzione numerica le sezioni disponibili per il Torrente Furba sono state aumentate mediante interpolazione, fino ad ottenere una distanza ragionevole fra una sezione e la successiva, evitando brusche variazioni delle sezioni stesse che possono condizionare la soluzione. Per quanto riguarda i ponti presenti nel modello questi sono stati modellati mediante due sezioni aggiuntive inserite subito a monte ed a valle dei manufatti, mentre l'impalcato è stato definito così come riportato nelle sezioni, senza alcuna approssimazione. Nel caso di ponti ad arco, l'andamento di quest'ultimo è stato riportato con un numero finito di punti.

Relativamente alle celle è opportuno evidenziare che queste sono state delimitate sulla base dei rilevati stradali ed arginali presenti e della morfologia del terreno; le curve di invaso delle varie celle sono state definite utilizzando un apposito software che permette di ricostruire, a partire dall'immissione di una distribuzione spaziale di punti quotati ricavati sulla base della CTR in scala 1:2000, un modello tridimensionale della cella in esame. Le curve di invaso delle aree di potenziale esondazione sono riportate in Allegato 02.

Le celle ricostruite sono in un numero pari a 26.

Una volta ricostruito il modello geometrico, il primo passo dell'analisi consiste nel definire le condizioni al contorno da utilizzare per svolgere i calcoli. Svolgendo simulazioni con schema di moto vario è stato necessario utilizzare quali condizioni al contorno:

- gli idrogrammi di piena in ingresso alle sezioni iniziali;
- i livelli del pelo libero raggiunti dal Fiume Arno per i vari scenari analizzati.

Per le portate di input del modello di calcolo relativamente ai 16 scenari (tempo di ritorno 20, 30, 100, 200 anni con durate di 2, 4, 7 e 12 ore) sono stati utilizzati gli idrogrammi ricostruiti come descritto in precedenza. Nel dettaglio sono stati immessi alla sezione di ingresso del Torrente Furba gli idrogrammi di piena relativi all'interno bacino, inserendo quindi a favore di sicurezza, valori di portata maggiori. Per il Rio Montiloni sono stati utilizzati come idrogrammi di ingresso quelli relativi al sottobacino denominato Montiloni\_1 e per mezzo di un ingresso uniforme laterale distribuito lungo il corso d'acqua a valle della sezione di chiusura di tale sottobacino, la differenza tra gli idrogrammi relativi all'intero bacino (Montiloni\_2) e al sottobacino (Montiloni\_1). Per quanto riguarda invece il Torrente Ombrone sono stati utilizzati, come input alla sezione iniziale del modello, gli idrogrammi di piena relativi alla sezione a valle della confluenza con il Torrente Stella estratti dallo studio idraulico redatto dagli scriventi nell'agosto 2009 a supporto della Variante al Piano Strutturale del Comune di Prato. È stata poi assegnata come condizione al contorno di valle l'andamento dei livelli idrometrici del Fiume Arno forniti dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno relativi ai vari scenari analizzati.

### 5.3 RISULTATI DELLO STUDIO IDRAULICO

Nelle tabelle di cui all'Allegato 5 sono riassunti i livelli idrometrici massimi relativi alle sezioni dei corsi d'acqua oggetto di studio e nelle tabelle di cui all'Allegato 6 sono riportati i livelli idrometrici massimi raggiunti nelle aree di potenziale esondazione suddivisi per i 16 scenari studiati per le 4 durate di riferimento (2, 4, 7 e 12 ore), per ciascun tempo di ritorno analizzato (20, 30, 100, 200 anni).

### 5.4 PERIMETRAZIONI DELLE AREE INONDABILI

Le perimetrazioni delle aree a pericolosità idraulica per i 4 tempi di ritorno studiati sono state ricostruite sulla base dei risultati ottenuti dal modello. La base topografica utilizzata è stata la carta CTR in scala 1:2000.

Le aree perimetrate indicate sulla carta (vedi Tavole 02 1/4) comprendono quindi sia le aree di accumulo, sia le zone interessate da battenti di transito a seguito del passaggio delle acque tracimate dagli argini/sponde dei corsi d'acqua studiati. Per quest'ultime è stato considerato un battente pari a 30 cm.

La definizione dei perimetri delle aree di accumulo è stata effettuata basandosi sull'involuppo dei livelli idrometrici massimi che risultano, all'interno delle aree di potenziale esondazione, per ciascun tempo di ritorno, dai quattro scenari di pioggia considerati (vedi Allegato 6).

Per quanto riguarda invece l'APE\_05, delimitata dalle arginature del Torrente Ombrone, Torrente Furba e Fosso di Colecchio (vedi Tavola 01), non essendo interessata da esondazioni, è stato ipotizzato un battente d'acqua causato dall'insufficienza del sistema fognario per eventi piovosi con tempo di ritorno superiore a 20 anni. Il primo passo è stata calcolare l'altezza di pioggia relativa ad eventi con tempi di ritorno superiori a 20 anni e durata pari a 12 h utilizzando la curva di possibilità climatica nella forma:

$$h = a \cdot t^n \cdot T_r^m$$

dove

$h$  è l'altezza di pioggia;

$t$  è il tempo di pioggia;

$T_r$  è il tempo di ritorno;

$a$ ,  $n$  e  $m$  sono parametri della curva di possibilità pluviometrica e sono stati estrapolati dal software Al.To. 1.1.

I valori delle altezze di pioggia sono stati moltiplicati per la superficie della cella ottenendo, quindi, la stima dei volumi d'acqua accumulabili. Con l'ausilio di apposito software sono stati successivamente calcolati i livelli idrometrici in base alla curva d'invaso della cella.

I tratti di tracimazione con indicazione delle portate esondate sono indicati nella Tavola 03.

Sulla base dei risultati del modello e della carta delle aree allagabili per  $T_r$  200 anni (Tavola 02/4), è stata inoltre redatta una carta dei battenti per tempo di ritorno pari a 200 anni (vedi Tavola 05) suddividendo i battenti di ristagno per intervalli di 30 cm e individuando le aree di transito delle esondazioni. Non essendo disponibili dati topografici delle aree a campagna di maggior dettaglio rispetto alla CTR 1:2000, la ricostruzione delle aree interessate da battenti di transito non è stata effettuata sulla base di specifici calcoli idraulici ma sui seguenti aspetti:

- morfologia delle aree ricostruita con la CTR in scala 1:2000;
- valori delle portate tracimate lungo gli argini dei corsi d'acqua oggetto di studio (vedi Tavola 03) ed in transito nelle aree a campagna;
- ipotizzando battenti idraulici di transito che non superano i 30 cm.

## **6 ANALISI DEI RISULTATI DELLE SIMULAZIONI**

Verranno descritte di seguito le insufficienze del reticolo idraulico riscontrate nelle verifiche effettuate. Come previsto dalla normativa nelle verifiche non si tiene conto dello stato di manutenzione o della effettiva stabilità delle strutture arginali e di conseguenza le perimetrazioni delle aree allagate che sono state effettuate tengono conto solo dei fenomeni di tracimazione.

### **6.1 TORRENTE FURBA**

Il Torrente Furba presenta esondazioni sia in sinistra che in destra idraulica, dovute a fenomeni di rigurgito che si verificano in prossimità degli attraversamenti sulla strada Vicinale della Valle e su via della Furba, che interessano il territorio del Comune di Carmignano, e su via Statale (SS66), che solo in destra interessa il Comune di Poggio a Caiano. Le esondazioni si verificano anche per eventi di piena relativi al tempo di ritorno pari a 20 anni dimostrando quindi l'insufficienza di tali opere.

### **6.2 RIO MONTILONI**

Il Rio Montiloni presenta esondazioni in sinistra e destra idraulica dovute al fenomeno di rigurgito che si verifica in prossimità del tombamento compreso tra via Ugo Foscolo e via Granaio per eventi di piena con tempi di ritorno superiori a 30 anni. Si verificano inoltre esondazioni, sia in sinistra che in destra idraulica, in prossimità dei ponti di via Granaio, via dei Condotti, via Regina Margherita e della passerella posta subito a monte della confluenza con il Torrente Ombrone, dovute alle piene del Rio Montiloni e al rigurgito del Torrente Ombrone. Tali esondazioni si riscontrano anche per tempi di ritorno pari a 20 anni in sinistra idraulica e 30 anni in destra.

### 6.3 TORRENTE OMBRONE

Il Torrente Ombrone presenta esondazioni in sinistra idraulica nel tratto a valle di Ponte a Tigliano, interessando il territorio del Comune di Prato e, in destra idraulica a monte del Ponte del Mulino e a valle del Ponte all'Asse interessando il Comune di Poggio a Caiano. In destra idraulica si verificano, inoltre, inondazioni di grande entità delle aree golenali a monte della confluenza con il Fiume Arno nel territorio del Comune di Carmignano dovute al rigurgito di quest'ultimo.

## 7 INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

In ottemperanza a quanto disposto dall'art.3.2.2 del Regolamento 26/R, è stato predisposto un piano di bonifica al fine di mettere in sicurezza le aree su cui sorgono i principali nuclei abitati e su cui sono previsti interventi di espansione urbanistica. Le aree a difesa delle quali sono stati previsti gli interventi di bonifica idraulica sono le zone adiacenti il Rio Montiloni in quanto interessate da previsioni di intervento.

Gli interventi di messa in sicurezza non possono comportare il trasferimento del rischio idraulico a valle quindi è necessario prevedere, oltre a eventuali rialzamenti arginali, delle opere di laminazione del picco di piena con stoccaggio dei volumi d'acqua che provocano allagamenti nelle aree di interesse.

Nello specifico la zona adiacente il Rio Montiloni, come specificato nel Paragrafo 6.2, è interessata da allagamenti, sia in sinistra che in destra idraulica, dovuti a fenomeni di rigurgito che si verificano sia in prossimità dei ponti stradali per insufficienze strutturali che nel tratto di valle causati dalle piene del Torrente Ombrone.

Sono stati ipotizzati i seguenti interventi di mitigazione del rischio, le cui ubicazioni e descrizioni sono riportate in Tavola 06:

- casse di espansione provviste di arginatura sopraelevata rispetto al piano campagna attuale e scavo compatibile con il fondo alveo del Rio Montiloni;
- sfioratori in scogliera intasata di calcestruzzo di lunghezza variabile compresa tra 20 e 30 m;
- una briglia con salto di 1.5 m prevista circa 130 m a monte dell'attraversamento di via Ugo Foscolo necessaria per diminuire e uniformare la pendenza di fondo;
- posa in opera di una tubazione in calcestruzzo di diametro pari a 1.6 m a fianco del tombamento esistente compreso tra via Ugo Foscolo e via Granaio;
- risagomatura del tratto a monte del tombamento esistente per una lunghezza pari a 170 m;
- rialzamento arginale in sinistra idraulica in corrispondenza dell'APE\_10bis (vedi Tavola 01) e in destra a monte di via del Granaio;
- Risagomatura e regolarizzazione della sezione idraulica del Rio Montiloni.

Al fine di individuare le opere da realizzare prioritariamente è stato eseguito un dimensionamento di massima delle opere di bonifica con riferimento ad eventi con tempi di ritorno di 200 anni.

## 8 CONCLUSIONI

Il presente studio idrologico-idraulico è stato redatto a supporto della variante del Piano Strutturale e al Regolamento Urbanistico del Comune di Poggio a Caiano.

Nell'ambito dello studio è stato analizzato il tratto del Torrente Ombrone compreso tra la confluenza con il Torrente Stella e lo sfocio in Arno, con gli affluenti di destra Torrente Furba e Rio Montiloni. Il sistema di opere presente in sinistra idraulica situato, quindi, sul territorio del Comune di Prato, non è stato modellato in quanto dotato di portelle che, durante gli eventi di piena oggetto di studio, sarebbero certamente tenute chiuse per non aggravare il rischio di rigurgiti del Torrente Ombrone.

I corsi d'acqua oggetto di studio sono stati analizzati sia dal punto di vista idrologico che idraulico.

Sulla base dei risultati ottenuti utilizzando il modello sono state eseguite le perimetrazioni delle aree potenzialmente inondabili per eventi con tempo di ritorno pari a 20, 30, 100 e 200 anni in ottemperanza alle disposizioni normative regionali (vedi D.P.G.R. del 27/04/2007 n.26/R Regolamento di Attuazione dell'art.62 della L.R. 01/05) con metodologia conforme agli allegati alle norme di attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno approvato con DPCM del 06/05/2005. E' stata redatta una carta riassuntiva della pericolosità idraulica nella quale, per ogni tempo di ritorno, si è prodotto l'involuppo delle condizioni di durata più gravose mappandolo sulla carta tecnica regionale 1:2000.

E' stata elaborata una carta dei battenti idraulici sul territorio per eventi con tempo di ritorno pari a 200 anni in quanto evento di riferimento per il dimensionamento delle opere di mitigazione del rischio idraulico ed eventuali interventi di messa in sicurezza dei corsi d'acqua classificati.

In base ai risultati ottenuti, in termini di portate e volumi esondabili, è stato elaborato un piano di bonifica in ottemperanza all'art.3.2.2 del Regolamento 26/R, nell'ambito del quale è stato effettuato un dimensionamento di massima delle opere da realizzare al fine di mettere in sicurezza il territorio del Comune di Poggio a Caiano nelle aree adiacenti il Rio Montiloni su cui sorgono nuclei abitati e su cui sono previsti interventi di espansione urbanistica (vedi Tavola 06). Tale dimensionamento è stato effettuato con riferimento ai tempi di ritorno di 200 anni.

In considerazione del fatto che lo studio in oggetto è stato eseguito con il livello di dettaglio pertinente a quello della pianificazione territoriale, riteniamo opportuno precisare che in fase di progettazione di piani attuativi e/o di interventi diretti che ricadono all'interno delle aree allagate per Tr pari a 200 anni è opportuno effettuare i necessari approfondimenti topografici relativi al lotto di interesse ed alle aree limitrofe al fine di stimare correttamente i battenti idraulici di riferimento. Per le aree soggette a condizioni di ristagno i valori a cui fare riferimento nella stima del battente sono i livelli idrometrici indicati nella Tavola 05. Per quanto riguarda le aree di transito invece sarà necessario stimare l'eventuale battente, che nel presente studio è stato quantificato inferiore a 30 cm, in ragione della precisa morfologia dei luoghi ricostruita da un rilievo topografico di dettaglio.

I valori delle portate esondate/in transito nelle aree allagate sono indicati nella Tavola 03.