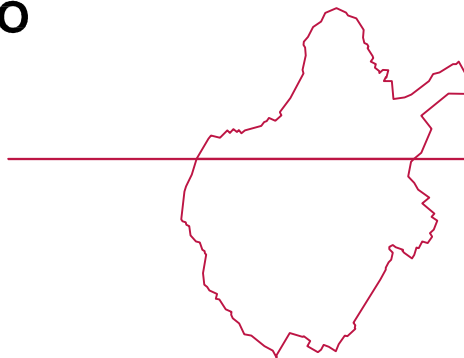


STUDIO IDRAULICO A SUPPORTO DELLA VARIANTE AL PIANO STRUTTURALE DEL COMUNE DI PRATO



IDRA11

revisione gennaio 2019

RELAZIONE TECNICA



PROGETTISTA

DOTT. ING DAVID MALOSSÌ

LUGLIO 2018

SOMMARIO

1	PREMESSA.....	3
2	FASI DELLO STUDIO.....	5
3	ANALISI IDROLOGICA.....	6
3.1	Analisi idrologica reticolo acque alte.....	6
3.2	Analisi idrologica reticolo acque basse.....	9
4	ANALISI IDRAULICA.....	10
4.1	Aree 2d.....	11
4.2	Descrizione della metodologia di calcolo con schema di moto vario.....	12
5	ZONA NORD-EST.....	14
5.1	Acquisizione dati topografici.....	15
5.2	Analisi idrologica dei bacini della zona nord-est.....	16
5.2.1	Modellazione idrologica a.alte.....	17
5.2.2	Modellazione idrologica del reticolo delle a.basse.....	21
5.3	Applicazione del modello hec ras alla zona nord-est.....	22
5.3.1	Dati di input del modello idraulico di calcolo.....	23
5.3.2	VALUTAZIONE DELL'OFFICIOSITA' IDRAULICA DELL'IMMISSIONE DEI TRATTI FOGNARI.....	26
5.4	Perimetrazioni delle aree inondabili.....	28
6	ZONA NORD-OVEST.....	29
6.1	Acquisizione dati topografici.....	29
6.2	Analisi idrologica dei bacini della zona nord-ovest.....	30
6.2.1	Modellazione idrologica a.alte.....	31
6.2.2	Basin model.....	32
6.2.3	Time series data.....	32
6.2.4	Meteorologic model.....	33
6.2.5	Modellazione idrologica a.basse.....	34
6.3	Applicazione del modello hec ras alla zona nord-ovest.....	34
6.3.1	Dati di input del modello idraulico di calcolo.....	36
7	ZONA PRATO CENTRO.....	37

7.1	Acquisizione dati topografici	38
7.2	Modellazione idrologica a.basse	39
7.3	Modellazione idraulica	40
8	ANALISI DEI RISULTATI DELLE SIMULAZIONI.....	41
8.1	Zona nord-est	41
8.2	Zona nord-ovest	42
8.3	Zona prato centro	43
9	VALUTAZIONE SULLA FATTIBILITA' DELLE OPERE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO SUL TORRENTE VELLA NEL TRATTO LIMITROFO AL PRESIDIO OSPEDALIERO.....	43
10	INTEGRAZIONI ALLO STUDIO A SEGUITO DELLA NOTA REGIONALE.....	47

1 PREMESSA

Il presente studio idrologico-idraulico è stato redatto ai sensi dell'art. 104 della L.R. 65/2014 a supporto della variante al Piano Strutturale (PS) per l'adeguamento e l'aggiornamento del quadro conoscitivo e alle direttive del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA).

Lo studio è finalizzato ad integrare e aggiornare la pericolosità idraulica del Comune di Prato, analizzando l'intero reticolo sia delle acque alte che delle acque basse: al fine di perimetrare in maniera opportuna le aree potenzialmente allagabili sono state studiate anche le aste fluviali e le aree adiacenti poste all'interno dei comuni limitrofi, includendo così anche i corsi d'acqua fuori comune che interferiscono con suddetto reticolo.

I corsi d'acqua principali, che interessano il Comune di Prato sono il Torrente Ombrone e il Fiume Bisenzio e i loro relativi affluenti.

Data la vastità e considerate le diverse caratteristiche morfologiche delle aree oggetto di studio, le diverse tipologie di problematiche presenti e la disponibilità di dati geometrici, idrologici ed idraulici relative ai vari corsi d'acqua, è stato deciso di suddividere il territorio analizzato in tre parti distinte. Queste possono essere così individuate:

1. zona nord-est del Comune di Prato comprendendo tutti quei comuni interessati dal bacino imbrifero del fiume Bisenzio e dei suoi affluenti, in particolare sono interessati i comuni di Cantagallo, Vaiano, Calenzano, Sesto Fiorentino e Campi Bisenzio, dove sono presenti il torrente Marinella e i relativi affluenti, tra cui il fosso del Mulino e la gora del Ciliegio, che scendono dalla Calvana e vanno a drenare il nucleo edificato lungo via Firenze e l'area dell'Interporto. Oltre a tutti i fossi pedecollinari della Calvana.;
2. zona nord-ovest del Comune di Prato comprendendo tutti quei comuni interessati dal bacino imbrifero del torrente Ombrone e dei suoi affluenti, in particolare sono interessati i comuni di Montemurlo, Montale, Pistoia, Marliana, Serravalle Pistoiese, Quarrata, Carmignano, Poggio a Caiano, Signa, dove alcuni dei più rilevanti sono, oltre al torrente Ombrone, i torrenti Vincio di Brandeglio, Vincio di Montagnana, il t.Stella con i suoi affluenti, il T.Brana, T.Bure di San Moro e i relativi fossi;
3. zona centro del Comune di Prato e le zone nelle immediate vicinanze ricadenti nelle perimetrazioni di dettaglio del Piano Strutturale in vigore al momento della redazione del presente studio sulle quali insiste il reticolo delle gore pratesi e dei canali di bonifica.

In ragione di quanto sopra indicato, le metodologie di analisi utilizzate per le tre aree sono diverse le une dalle altre e pertanto vengono trattate separatamente anche nell'ambito della presente relazione.

Sulla base dei risultati sono state eseguite le perimetrazioni delle aree potenzialmente allagabili per eventi con tempo di ritorno pari a 30 e 200 anni in ottemperanza alle disposizioni normative regionali (vedi art. 104 della L.R. 65/2014) ed alle norme di attuazione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni secondo la Direttiva Europea 2007/60/CE, approvata ai sensi dell'art.4 comma 3 del d.lgs. 219/2010 con deliberazione n.235 del 3 marzo 2016.

Lo studio è stato eseguito con metodologia conforme alle disposizioni normative regionali (vedi D.P.G.R. del 25/10/2011 n.53/R) e all'Allegato 3 delle norme del P.G.R.A., e/o concordato, per i comuni per cui tale metodologia è in fase di aggiornamento, con i tecnici dell'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale.

La presente relazione tecnica rappresenta la revisione della versione adottata con recepimento delle integrazioni richieste degli Ufficio Regionali del Genio Civile.

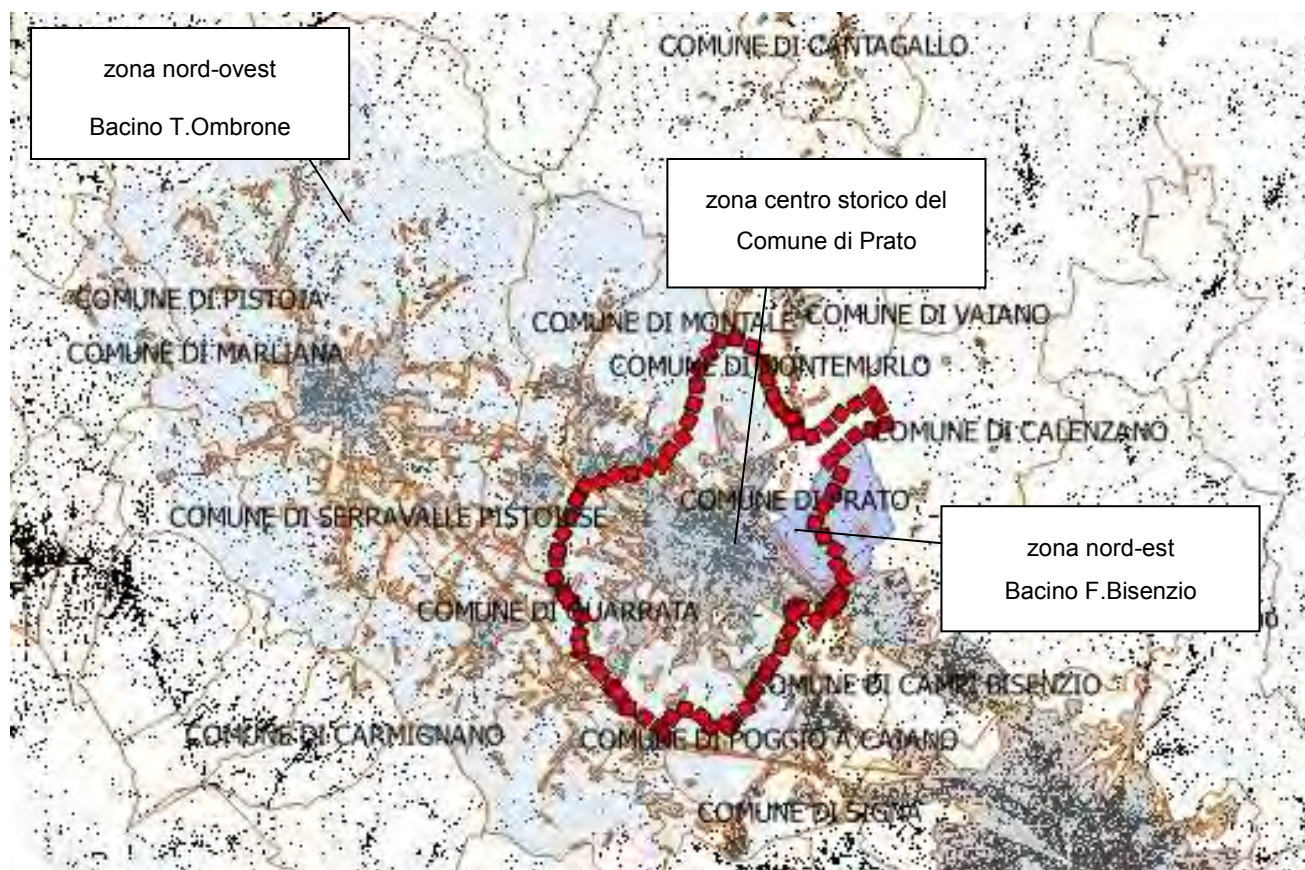


Figura 1: suddivisione dell'area esaminata

2 FASI DELLO STUDIO

Per ricostruire le perimetrazioni delle aree potenzialmente allagabili all'interno di ciascuna delle tre aree oggetto di studio, è stata seguita una "procedura" di lavoro che si articola nelle seguenti fasi:

- 1) **Acquisizione dati topografici:** tutti i dati topografici utilizzati nella modellazione idraulica dei vari corsi d'acqua sono stati ripresi dall'attuale PGRA del fiume Arno, tali dati sono stati poi georiferiti e sovrapposti ai dati disponibili tramite i voli LIDAR del 2009 ed in particolare al DTM (Digital Terrain Model) costruito sulla base di detti dati LIDAR (scaricabili dal portale della Regione Toscana) aggiornati ed integrati con rilievi puntuali riguardanti infrastrutture di interesse pubblico quali strade e ospedali, nonché opere idrauliche presenti sul territorio.
- 2) **Analisi idrologica:** vengono descritte le metodologie di riferimento utilizzate per la modellazione, gli strumenti utilizzati per i calcoli e riportati i dati disponibili relativi ai bacini in esame. Si riportano inoltre i risultati ottenuti dai modelli utilizzati: tali risultati sono gli idrogrammi di piena per ogni tempo di ritorno valutato per tutti i sottobacini in esame. In considerazione delle diverse tipologie di risposta idrologica dei bacini oggetto di studio, l'analisi è stata effettuata con due diverse metodologie: Il modello idrologico HEC HMS per stimare gli idrogrammi di portata per i bacini pedecollinari (regime delle acque alte) e il modello idrologico URBIS 2003 per il reticolo di acque basse che interferiscono con il sistema fognario.
- 3) **Analisi idraulica mono-dimensionale dei corsi d'acqua oggetto di studio e bi-dimensionale delle aree allagabili:** questo tipo di modelli viene utilizzato nel caso di aree inondabili ampie e in zone in cui è evidente la presenza di componenti di velocità in direzione ortogonale a quella dell'alveo. L'utilizzo di questa formulazione è necessario per una corretta interpretazione delle esondazioni in aree urbane, dove la presenza degli edifici e delle infrastrutture genera direzioni preferenziali di flusso.
- 4) **Perimetrazioni di rischio:** alla luce delle verifiche idrauliche sono state delimitate le aree a rischio idraulico per i diversi tempi di ritorno con distinzione tra le aree soggette a battenti di transito ed aree soggette a battenti di ristagno.

Le modalità di calcolo relativamente alle tre macro-aree oggetto di studio, esposte nei seguenti capitoli, sono conformi a quelle indicate nel PGRA; per i corsi d'acqua e le aree su cui tali metodologie non erano applicabili e/o per cui erano già disponibili studi approvati, le modalità di valutazione sono state concordate con i tecnici dell'Autorità di Bacino stessa.

Nei capitoli successivi, suddivisi per le tre aree oggetto di studio, saranno descritte in modo più esaustivo le caratteristiche dei modelli idraulici utilizzati.

3 ANALISI IDROLOGICA

3.1 *Analisi idrologica reticolo acque alte*

Il software libero HEC-HMS, Hydrologic Modeling System, è un modello idrologico messo a punto dall'Hydrologic Engineering Center dell' USACE (US Army Corps of Engineers) per simulare accuratamente i processi idrologici che avvengono all'interno di un bacino idrografico. Al suo interno sono implementate le principali formulazioni utilizzate nella pratica idrologica per il calcolo delle perdite per infiltrazione e, quindi, del volume di run-off, per la trasformazione afflussi-deflussi con possibilità di considerare anche il contributo del deflusso di base, per la propagazione dell'onda di piena nei canali, per la descrizione di invasi naturali o artificiali (USACE, 2000).

Tale software permette, quindi, di descrivere quantitativamente la trasformazione delle piogge in deflussi superficiali sulla superficie di un bacino imbrifero e in correnti idriche che confluiscono e si propagano lungo i suoi collettori drenanti, nonché simulare la risposta di un bacino idrografico investito da un evento meteorico di caratteristiche note.

Vengono di seguito presentate le diverse fasi di implementazione del software attraverso i seguenti passaggi procedurali:

- Definizione dei componenti del sistema idrografico
- Individuazione della metodologia di stima delle perdite di bacino
- Impostazione della trasformazione afflussi-deflussi
- Definizione dei parametri di propagazione dei deflussi
- Analisi meteorologica
- Trasformazione afflussi-deflussi
- Taratura dei parametri idrologici

Attraverso il modulo **BASIN MODEL** viene definita la caratterizzazione fisica del bacino idrografico. Ciascuno degli elementi idrologici che compongono il sistema in esame può essere definito compiutamente dal punto di vista fisico-morfologico e idrologico mediante uno specifico editor.

Gli elementi idrologici simulabili sono: SUBBASIN (sottobacino), JUNCTION (confluenza), REACH (tratto di corso d'acqua), RESERVOIR (bacino di invaso o serbatoio), DIVERSION (scolmatore o diversivo), SOURCE (sorgente) e SINK (pozzo). Ciascun elemento viene connesso in una rete ad albero. In ogni sottobacino i processi idrologici vengono modellati distinguendo tre fasi: le perdite

iniziali, la trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi superficiali e il processo del deflusso subsuperficiale, o deflussi di base. Devono essere specificati i metodi di calcolo per ciascuna delle tre fasi sopra indicate (LOSS METHOD, TRANSFORM METHOD e BASEFLOW METHOD).

Per quanto riguarda il Loss Method, ovvero il metodo di calcolo delle perdite per infiltrazione nei modelli afflussi-deflussi, il programma consente di stimare le perdite per infiltrazione attraverso l'applicazione di diverse metodologie; a seguito di una taratura effettuata su eventi noti registrati e validati dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno, nel presente studio è stato applicato il metodo SMA (*Soil Moisture Accounting*), il quale fa riferimento a parametri fisicamente basati e consente di rappresentare l'umidità del suolo a invaso multiplo. In particolare a supporto della modellazione afflussi-deflussi è stata presa come base la mappatura pedologica e i relativi parametri idraulici provenienti dal "DB Pedologico Regione Toscana" aggiornato al 2017.

Date le caratteristiche parametriche della modellazione proposta, si fa riferimento ai seguenti parametri:

- Max Infiltration (mm/hr) in funzione del valore di Ksat_150 (cm/h)
- Impervious (%) in funzione dell'uso del suolo (porzione impermeabile)
- Soil storage (mm) pari al valore Grav
- Tension Storage (mm)
- Soil percolation (mm/hr) assunto pari a Ksat_150, assumibile a 1/10 di MaxInfiltration

Relativamente ai metodi di calcolo della trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi superficiali (che a partire dalla quota parte di precipitazione che effettivamente contribuisce alla formazione del deflusso superficiale, determinano il conseguente idrogramma), il codice di calcolo consente di applicare sette diversi metodi. Quello utilizzato nel presente studio è il metodo del Soil Conservation Service-Unit Hydrograph (SCS-UH) che ha il pregio di essere di applicazione generale e di richiedere 1 solo parametro per la sua definizione: il tempo di ritardo (**Lag Time**). Esso rappresenta il tempo di risposta medio del bacino definito come lo sfasamento tra il centroide dello ietogramma di pioggia effettiva e quello dell'idrogramma di deflusso diretto (Singh, 1975; 1988) e per determinarlo è stata usata la seguente formula:

$$t_{lag}=0.6t_c$$

dove t_c è il tempo di corrivazione del sottobacino in esame.

I valori del tempo di corrivazione per poi determinare il tempo di ritardo immessi nel modello oggetto del presente studio, sono stati ricavati tramite un processo di taratura del modello,

effettuato considerando più eventi di piena. Da questo si è deciso di considerare il tempo di corrivazione medio tra quelli ricavati per i singoli eventi.

– Formula di Pasini

$$T_c = \frac{0.108(AL)^{1/3}}{\sqrt{i_m}} = 1.49 \quad [ore]$$

– Formula di Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{A}+1.5L}{0.8\sqrt{z_m}} = 1.39 \quad [ore]$$

– Formula di Kirpich

$$T_c = 0.000325L^{0.77}S^{-0.385} = 0.42 \quad [ore]$$

– Formula di Ventura

$$T_c = 0.1272\sqrt{A/i_m} = 1.31 \quad [ore]$$

Quanto agli elementi di tipo REACH, essi simulano tratti di corsi d'acqua naturali o artificiali, i quali normalmente presentano uno o più idrogrammi in ingresso ed un idrogramma in uscita risultante dal processo di trasferimento a pelo libero ed eventuale laminazione all'interno dello stesso elemento. Per simulare la propagazione dei deflussi in tali elementi è possibile utilizzare sei diversi metodi. Nella calibrazione del modello HEC-HMS il processo di routing lungo i canali è stato rappresentato attraverso il metodo cinematico. Esso richiede la geometria dei canali e i valori dei coefficienti di scabrezza.

Una volta impostato il basin model occorre inserire i dati di pioggia mediante il **TIME SERIES DATA**, a tal proposito si ricostruisce lo Ietogramma di pioggia di progetto, per i due Tempi di ritorno di interesse ($T_r 200$ e $T_r 30$), utilizzando i valori di a ed n mediati sul sottobacino in esame per calcolare le massime altezze di pioggia corrispondenti; nel calcolo sono stati scelti i tempi t in modo tale da esaminare le durate di pioggia che riescono a mettere maggiormente in crisi il bacino dal punto di vista idrologico. Dunque, fissato il tempo di ritorno, per calcolare l'altezza massima di precipitazione h è stata utilizzata la seguente legge di potenza monomia:

$$h=a*t^n,$$

dove i valori di a e n per T 200 e T 30 anni sono stati ricavati dalle linee segnalatrici LSPP aggiornate all'anno 2012 fornite dalla Regione Toscana, mediando il valore sul bacino complessivo.

L'analisi pluviometrica viene eseguita tramite il componente **METEOROLOGIC MODEL** che consente di definire i dati di pioggia di riferimento. In particolare sono stati applicati ietogrammi direttamente definiti dall'utente (User-Specified Hyetograph) in questo caso uniformemente su tutto il bacino.

L'analisi meteorologica permette anche di stimare gli eventuali processi di evapotraspirazione e scioglimento del manto nevoso. Nel modello possono anche essere inseriti dati di portata o livelli noti, serie di temperature, velocità del vento, ecc.

La simulazione idrologica vera e propria viene effettuata combinando il modello morfologico del bacino definito nel componente BASIN MODEL con i dati pluviometrici introdotti nel METEOROLOGICAL MODEL e con un'ulteriore variabile, che consiste nella definizione, tramite il componente **CONTROL SPECIFICATION**, nell'intervallo di tempo per il quale è stata effettuata la simulazione, nonché la discretizzazione temporale di calcolo.

I risultati delle simulazioni effettuate possono essere visualizzati sia tramite tabelle riassuntive che tramite grafici e serie numeriche complete dell'intero processo di formazione e trasferimento dei deflussi superficiali.

3.2 Analisi idrologica reticolo acque basse

Per ricostruire gli idrogrammi relativi al reticolo delle a.basse, è stato fatto riferimento al metodo del serbatoio lineare in quanto metodologia più adatta per definire la risposta idrologica di questi corsi d'acqua mediante il software URBIS 2003, programma di idrologia urbana che consente di stimare gli idrogrammi di piena conseguenti a piogge reali o di progetto.

Gli step fondamentali del modello di calcolo sono:

- Calcolo dello ietogramma di pioggia non depurato $p(t)$, inserendo l'intervallo temporale di discretizzazione con cui si vogliono inserire le piogge (5 minuti nel caso suddetto) e i valori degli a e n (ricavati in ambiente GIS) caratteristici della curva di possibilità pluviometrica nella forma monomia;
- Selezione del metodo di calcolo delle perdite per infiltrazione, in questo caso è stato scelto il metodo SCS-CN, inserendo il valore del CNIII medio per ogni sottobacino;

- Calcolo dell'idrogramma unitario istantaneo (IUH) $H(t)$, cioè la risposta del sistema all'impulso unitario $\delta(t)$ (delta di Dirac). L'IUH serve per esprimere una serie di caratteristiche del bacino che assumiamo indipendenti dall'evento di pioggia, assumendo che il bacino si comporti come un unico invaso lineare, l'IUH viene calcolato col metodo del serbatoio lineare, mediante la formula di Pedersen che fa dipendere il valore della costante di invaso k dalle caratteristiche della precipitazione e del sottobacino (superficie, pendenza, scabrezza) ricavate in ambiente GIS;
- Stima dell'idrogramma di piena mediante convoluzione di uno idrogramma netto con un idrogramma unitario discretizzati con medesimo passo temporale dT , insistenti su una determinata superficie.

4 ANALISI IDRAULICA

La modellazione idraulica è stata effettuata sulla base dello studio idrologico e dei rilievi topografici più recenti disponibili integrati dove necessario con nuovi approfondimenti, allestendo un modello numerico secondo l'approccio idraulico delle correnti in moto vario in alveo a sezione gradualmente variabile.

Il codice di calcolo utilizzato è il software Hec-Ras 5.0.4 (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System), sviluppato e reso disponibile gratuitamente dall'USACE (United States Army Corps of Engineering), che unisce alla classica modellazione mono-dimensionale dei corsi d'acqua la modellazione bi-dimensionale delle esondazioni a campagna.

Al fine di effettuare una simulazione di tipo bidimensionale, occorre implementare il modello monodimensionale di partenza con elementi geometrici di tipo bidimensionale, ovvero:

- creare un Modello del Terreno rappresentativo della superficie terrestre nell'area esaminata;
- creare uno strato informativo relativo all'Uso del Suolo e ai relativi coefficienti di scabrezza, nell'area esaminata;
- aggiungere alla geometria monodimensionale del modello (Geometry File) aree allagabili di tipo bidimensionale (2D Flow Areas);
- creazione di una Computational Mesh, o griglia di calcolo all'interno delle aree allagabili;
- connessione di elementi 2D Flow Areas con elementi di altre tipologie;
- attribuzione di opportune condizioni al contorno per la corretta riuscita delle simulazioni.

Con il software Hec-Ras è possibile creare un modello del terreno e modellare le aree di potenziale esondazione sulla base del DTM LIDAR suddividendo il territorio in celle di forma poligonale con un numero massimo di lati pari ad otto. A differenza di altri software bidimensionali, la singola cella creata in Hec-Ras non presenta una superficie planare caratterizzata da un'unica quota di fondo costante ottenuta mediando le quote all'interno del suo perimetro, ma presenta la stessa superficie del DTM di base, che nel caso in esame ha una maglia di punti di 1m x 1m. I calcoli idraulici del passaggio dell'acqua da una cella a quella adiacente sono effettuati sulla base della geometria delle sezioni relative alle facce delle celle e delle curve d'invaso proprie delle singole celle.

Poiché la campitura finale delle aree allagate viene eseguita sulla base dei volumi d'invaso e di un unico valore del livello idrometrico per ogni cella, si può verificare che nella restituzione finale le celle caratterizzate da una pendenza significativa, che vengono interessate per la totalità della superficie dal transito dell'acqua, possono presentare la campitura della sola porzione più depressa. Per quanto sopra, ne consegue che su alcune aree di transito la restituzione grafica dei battenti può presentare discontinuità della campitura; di tale aspetto ne dovrà essere tenuto di conto nella redazione delle carte di pericolosità idraulica.

Uno dei problemi principali nella modellazione idraulica è rappresentato dal fatto che i dati del terreno spesso non rappresentano adeguatamente la parte di superficie situata all'interno dell'alveo, al di sotto del pelo libero, oppure in presenza di ponti.

Per ovviare a questo problema, sono stati utilizzati in ingresso i dati delle sezioni topografiche rilevate ed interpolati con la geometria monodimensionale del modello, in questo modo è stato possibile rappresentare il modello digitale del terreno dell'alveo, comprendendo anche le golene laterali, al fine di ottenere un elemento quanto più corretto e realistico possibile.

4.1 Aree 2d

Con il termine *2D Flow Area* si intende la superficie all'interno della quale viene simulata la propagazione della piena durante le varie fasi computazionali di calcolo bidimensionale. La creazione di tale elemento geometrico può essere effettuata disegnando manualmente il perimetro della superficie all'interno del Geometric Data: si tenga presente che qualsiasi confine tra River Reach 1D e 2D Flow Area deve essere formato da punti quotati rappresentativi, come ad esempio sommità arginali o strade. Con il termine *Break Line* si intende un elemento geometrico di tipo lineare, interno alla 2D Flow Area ed esterno all'alveo, che rappresenta l'asse in pianta di una

qualsiasi barriera per il flusso propagatorio, o che ne rappresenti una guida direzionale, come ad esempio argini e strade.

La funzione di tali elementi geometrici è quella di geometrie di dettaglio per barriere ed argini, nonchè di permettere un supporto e un maggiore dettaglio alla mesh computazionale attorno alle barriere: in pratica la mesh viene ricalcolata e rinforzata attorno alle linee di barriera, tramite modifica della forma delle celle attorno ad esse.

E' possibile connettere una o più 2D Flow Area con altri elementi idraulici presenti nella geometria, secondo le seguenti modalità:

- connessione diretta con la sezione idraulica più a monte, o con la sezione idraulica di chiusura del River Reach 1D;
- connessione laterale con uno o più River Reach 1D utilizzando degli Sforatori Laterali (Lateral Structures);
- connessione diretta ad un'altra 2D Flow Area o Storage Area, utilizzando il Tool SA/2D Area Connection.

4.2 Descrizione della metodologia di calcolo con schema di moto vario

Il modello numerico utilizzato dal programma permette di valutare i profili di moto permanente o vario per corsi d'acqua monodimensionali in regime di corrente lenta, veloce o mista, ed è in grado di gestire i profili per una rete di canali naturali o artificiali in un sistema ad albero o a singolo ramo.

In questo studio, l'approccio scelto per valutare il profilo idrico in piena della corrente è quello caratteristico delle correnti in *moto vario* in alveo a sezione gradualmente variabile.

Una simulazione in moto vario consente di ricostruire la risposta idrodinamica del reticolo idrografico a una sollecitazione variabile nel tempo, normalmente corrispondente a un idrogramma di piena, e di tener conto anche dell'evoluzione temporale delle condizioni al contorno; consente inoltre di descrivere in maniera più dettagliata l'evolversi delle diverse variabili idrauliche.

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 θ . Questo schema risulta incondizionatamente stabile per valori di θ compresi tra 0.5 e 1, condizionatamente stabile per θ 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:

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

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;

Sf 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.

Per una corretta simulazione in moto vario, è quindi necessario seguire un criterio e un ordine preciso di inserimento dei dati: il modello, infatti, richiede, oltre alla geometria generale di ogni corso d'acqua, delle sezioni trasversali e delle aree di allagamento 2D, di specificare l'intero idrogramma di portate in ingresso alle varie sezioni di monte, nonché le condizioni al contorno di monte e/o valle in funzione del tempo.

In sintesi, i procedimenti necessari per un corretta procedura di simulazione con il modello numerico scelto sono:

- inserimento dei dati geometrici e plano-altimetrici del tronco fluviale e delle sezioni;
- inserimento dei dati geometrici delle opere interferenti con il corso d'acqua, oggetto di verifica;
- inserimento dei dati geometrici e plano-altimetrici delle aree di esondazione 2D connesse al tronco fluviale tramite sfioratori laterali, oppure interconnesse tra di loro mediante connessioni;
- scelta del metodo di calcolo, imponendo la condizione di corrente mista per considerare eventuali fenomeni localizzati di risalto idraulico;
- caratterizzazione della resistenza al moto propria di ogni tratto;
- determinazione delle condizioni al contorno.

Ai fini della verifica di compatibilità, i livelli idrici e le portate ottenute dalla simulazione numerica rappresentano le grandezze idrauliche di maggior interesse.

5 ZONA NORD-EST

Come accennato in premessa, la zona in esame è posta nell'area nord-est del territorio del Comune di Prato e comprende:

- la fascia di territorio, in gran parte urbanizzato, compresa tra le ultime pendici della Calvana e l'argine destro del torrente Marinella, che segna il confine con i comuni di Calenzano e Campi Bisenzio, nel tratto a nord del rilevato ferroviario della linea Firenze-Bologna fino ad arrivare all'altezza del ponte Petrino su via della Repubblica;
- l'area a sud del rilevato ferroviario della linea Firenze-Bologna (all'interno della quale è ubicato l'Interporto della Toscana Centrale), compresa tra l'argine sinistro del Bisenzio ed il confine con il comune di Campi Bisenzio.

Questa zona è attraversata da un sistema di drenaggio orientato in direzione nord-est sud-ovest che proviene dalla Calvana costituito dal torrente Marinella (con i suoi affluenti), gora del Ciliegio, fosso La Buca, fosso in località Le Macine, rio dei Malsani, borro di Poggiosecco e fosso della Vallaccia. Mentre a valle della ferrovia, la zona viene drenata dal fosso Molino, Collettore Molino, gora del Pantano. Al fine di ricostruire le aree potenzialmente allagabili all'interno della zona oggetto di analisi, sono stati studiati tutti i suddetti corsi d'acqua ed inseriti all'interno di un unico modello di calcolo idraulico. E' stato modellato anche il Fosso di Filettole che drena la porzione ovest del versante della Calvana.

5.1 *Acquisizione dati topografici*

Per la redazione dello studio relativamente a questa zona sono stati utilizzati i seguenti dati topografici:

- dati geometrici ottenuti da campagne topografiche precedentemente svolte da Enti Pubblici per il torrente Marinella e pedecollinari Calvana;
- dati geometrici delle casse di espansione esistenti sul torrente Marinella ottenuti da campagne topografiche svolte dall'Ufficio del Genio Civile di Prato;
- dati geometrici della gora del Ciliegio, del fosso del Mulino e delle opere di compensazione idraulica all'interno dell'Interporto ripresi dalla documentazione relativa a "*Sistemazione del comparto idraulico Interporto della Toscana Centrale*" dell'anno 2006 in possesso della Provincia di Prato e del Consorzio di Bonifica Area Fiorentina;
- dati geometrici e rilievi degli attraversamenti/tombamenti esistenti sul fosso in località Le Macine, sul rio dei Malsani, sul borro di Poggiosecco e sul fosso della Vallaccia.

Le sezioni e tutti i dati geometrici utilizzati sono stati appoggiati planimetricamente sul DTM fornito dalla Regione Toscana aggiornato al volo del 2009. Prima di costruire il modello idraulico è stata controllata l'omogeneità delle sezioni disponibili e la georeferenziazione delle quote dei vari rilievi utilizzati.

Si precisa che nel modello idraulico non sono state inserite sezioni relative al fosso in località Le Macine, al rio dei Malsani, al borro di Poggiosecco in quanto si tratta di fossi che entrano a far parte del sistema fognario in corrispondenza della fascia urbanizzata posta a monte di via Firenze, e pertanto non avrebbe alcun senso eseguire una simulazione idraulica di detti tratti fognari. Per tenere conto della presenza di detti fossi al fine di rappresentare le aree potenzialmente inondabili sia a livello di aree soggette al transito delle acque che non riescono ad immettersi all'interno dell'inizio dei tratti tombati nel tratto a monte di via Firenze, sia per le zone a valle di via Firenze, le valutazioni idrauliche sono state così svolte:

1. stima della portata massima che riesce a transitare dall'imbocco del tratto tombato rilevato;
2. confronto con le massime portate idrologiche per gli scenari studiati: nel caso in cui le portate idrologiche massime per i vari tempi di ritorno siano superiori a quelle ammissibili dell'imbocco, la portata in eccedenza viene messa come input idrologico (BC line) nell' area 2D relativa e simulata come effettiva esondazione sul territorio.

5.2 Analisi idrologica dei bacini della zona nord-est

Per la zona NE sono stati individuati i sottobacini identificabili nella figura sottostante:

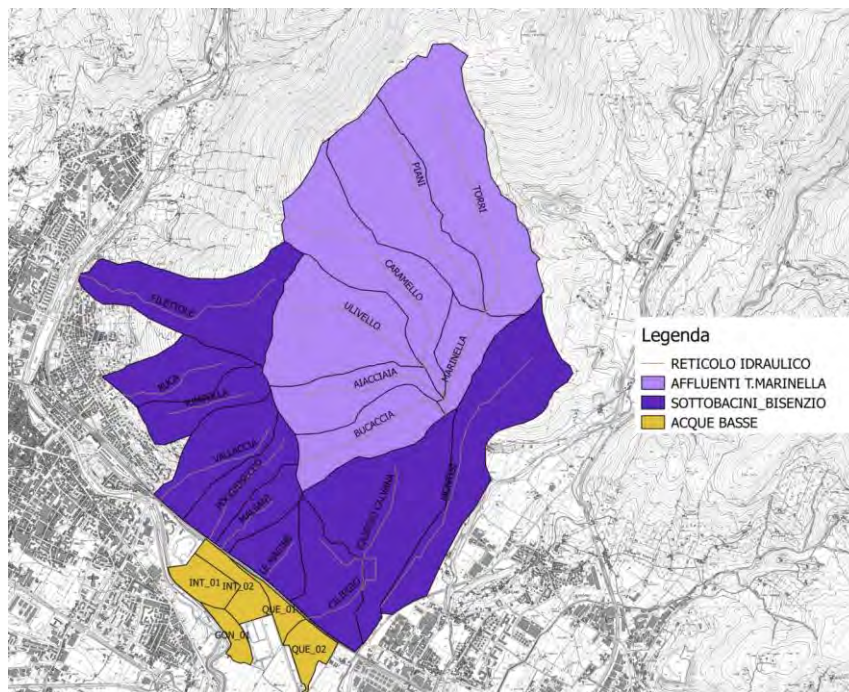


Figura 2: Schematizzazione dei sottobacini analizzati in ambiente GIS

- - gli idrogrammi relativi ai corsi d'acqua della zona pedecollinare sono stati ricostruiti utilizzando il software HEC HMS;
- - mentre per quelli che interferiscono con il sistema fognario, le cosiddette acque basse, gli idrogrammi sono stati calcolati tramite il metodo dell'invaso, utilizzando il codice di calcolo URBIS 2003.

I dati di input per calcolare suddetti idrogrammi sono stati ricavati in ambiente GIS.

La ricostruzione degli idrogrammi di piena per ciascun sottobacino individuato è stata eseguita con riferimento ad eventi di pioggia con tempi di ritorno pari a 30 e 200 anni.

Per il calcolo degli idrogrammi, in accordo anche con i tecnici dell'Autorità di Bacino del fiume Arno, non è stato considerato alcun coefficiente di ragguaglio areale K_r delle piogge, data la ridotta estensione areale di ogni sottobacino esaminato .

Sono stati indagati 4 diversi tempi di precipitazione, ed in particolare 1, 2, 3 e 6 ore, al fine di tenere conto delle condizioni più critiche per tutti i bacini in esame.

Per ciascun bacino dunque sono stati ricostruiti 8 idrogrammi (per ogni tempo di ritorno analizzato, 30 e 200 anni, sono stati infatti simulati eventi con durata di pioggia pari a 1, 2, 3 e 6 ore).

Nei seguenti paragrafi sono descritte in dettaglio le metodologie utilizzate.

5.2.1 Modellazione idrologica a.alte

Per determinare l'idrogramma di piena atteso nelle diverse sezioni di chiusura dei sottobacini situati nella zona pedecollinare della Calvana è stato utilizzato il software Hec-Hms 4.2.1.

Per ogni sottobacino è stato creato un apposito file di progetto.

Il software, come già esposto, si compone delle seguenti banche dati fondamentali:

- BASIN MODEL
- TIME SERIES DATA
- METEOROLOGIC MODEL

5.2.1.1 Basin model

Attraverso il modulo BASIN MODEL viene definita la caratterizzazione fisica di ogni sottobacino idrografico.

Come prima operazione è stata ricostruita all'interno del programma la schematizzazione qualitativa del sottobacino analizzato: a partire da cartografia GIS sono stati ricavati i parametri idrologici di input per il codice di calcolo di HEC-HMS.

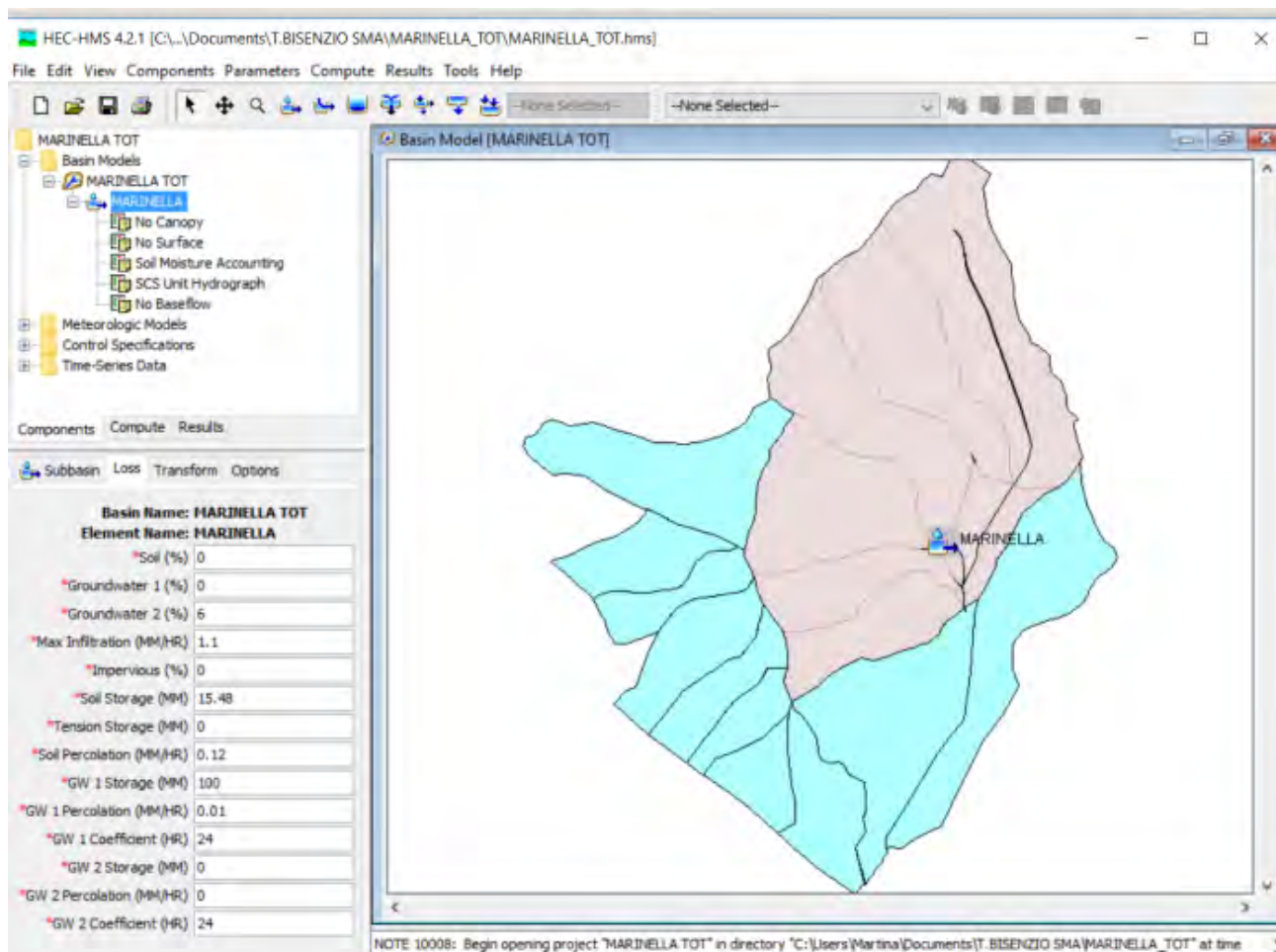


Figura 3: Schematizzazione in Hec-Hms per il sottobacino del t.Marinella

Una volta inserita la geometria è necessario effettuare il settaggio delle varie impostazioni di tipo “idrologico”.

Per quanto riguarda il Loss Method, ovvero il metodo di calcolo delle perdite per infiltrazione nei modelli afflussi-deflussi, il programma consente di stimare le perdite per infiltrazione attraverso l'applicazione di diverse metodologie; su disposizione dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno e in seguito alla taratura del modello, nel presente studio è stato applicato il metodo SMA (*Soil Moisture Accounting*), il quale fa riferimento a parametri fisicamente basati e consente di rappresentare l'umidità del suolo a invaso multiplo.

Infine per ciascun sottobacino è stato impostato il metodo di calcolo per la trasformazione degli afflussi pluviometrici in deflussi, definendone i parametri caratteristici. Nello specifico è stato utilizzato il metodo basato sulla teoria dell'idrogramma unitario del Soil Conservation Service (SCS Unith Hydrograph).

5.2.1.2 Time series data

Una volta impostato il basin model occorre inserire i dati di pioggia, a tal proposito si ricostruisce lo ietogramma di pioggia di progetto, per i due Tempi di ritorno di interesse (Tr 200 e Tr 30), utilizzando i valori di a ed n mediati sul sottobacino in esame per calcolare le massime altezze di pioggia corrispondenti; nel calcolo sono stati usati t pari a 1h, 2h, 3h, 6h per esaminare le durate di pioggia che riescono a mettere maggiormente in crisi il bacino dal punto di vista idrologico. Dunque, fissato il tempo di ritorno, per calcolare l'altezza massima di precipitazione h è stata utilizzata la seguente legge di potenza monomia:

$$h=a*t^n,$$

con $t=1h, 2h, 3h, 6h$, mentre i valori di a e n per T 200 e T 30 anni sono stati ricavati dalle linee segnalatrici LSPP aggiornate all'anno 2012 fornite dalla Regione Toscana, mediando il valore sul bacino complessivo.

L'altezza di pioggia lorda per esempio per un tempo di ritorno di 200 anni e durata 1h ottenuta con il metodo appena esposto risulta:

$$h=66.49*1^{0.31}=66.49 \text{ mm}$$

Considerando un passo temporale pari a 15 min è possibile costruire lo ietogramma di pioggia di tipo costante ottenendo il seguente risultato:

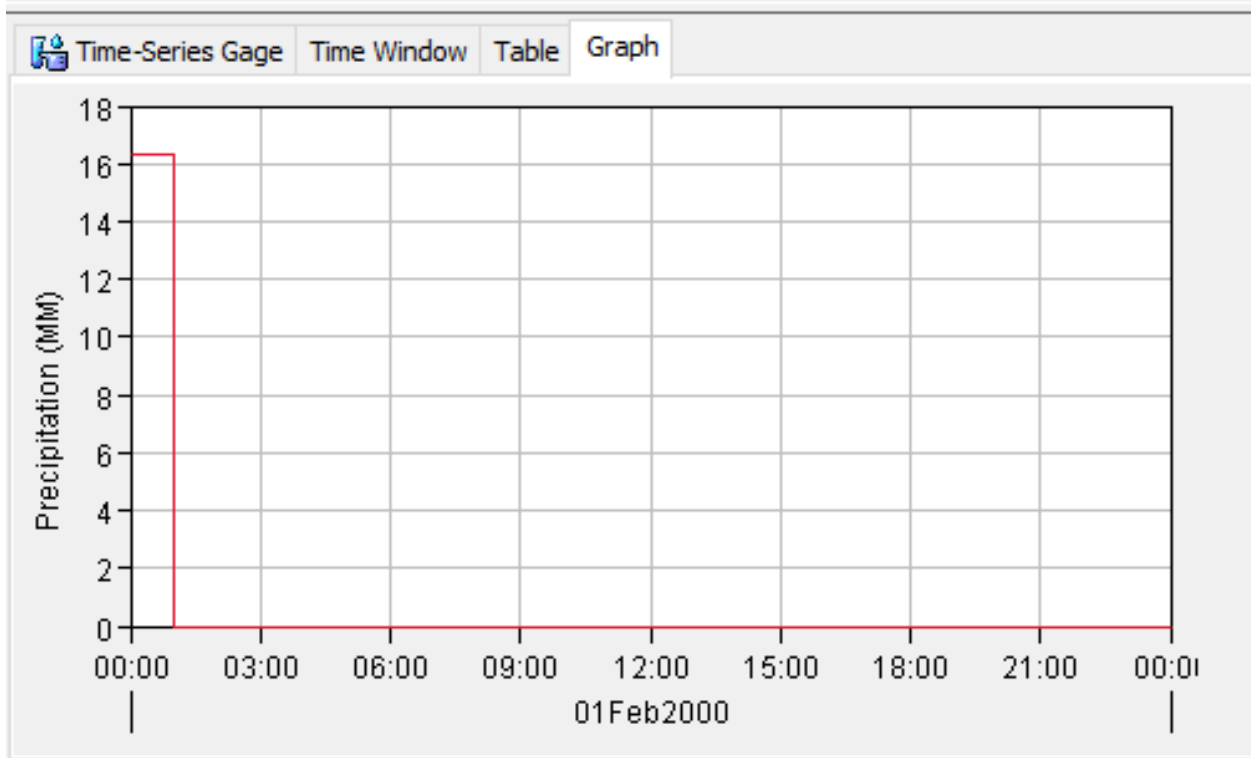


Figura 4: Grafico dello ietogramma di pioggia per Tr 200 anni

5.2.1.3 Meteorologic model

L'analisi pluviometrica viene eseguita tramite il componente METEOROLOGIC MODEL che consente di definire i dati di pioggia di riferimento. In particolare sono stati applicati ietogrammi direttamente definiti dall'utente (User-Specified Hyetograph) in questo caso uniformemente su tutto il bacino.

La simulazione idrologica vera e propria viene effettuata combinando il modello morfologico del bacino definito nel componente BASIN MODEL con i dati pluviometrici introdotti nel METEOROLOGICAL MODEL e con un'ulteriore variabile, che consiste nella definizione, tramite il componente CONTROL SPECIFICATION, nell'intervallo di tempo per il quale è stata effettuata la simulazione, nonché la discretizzazione temporale di calcolo.

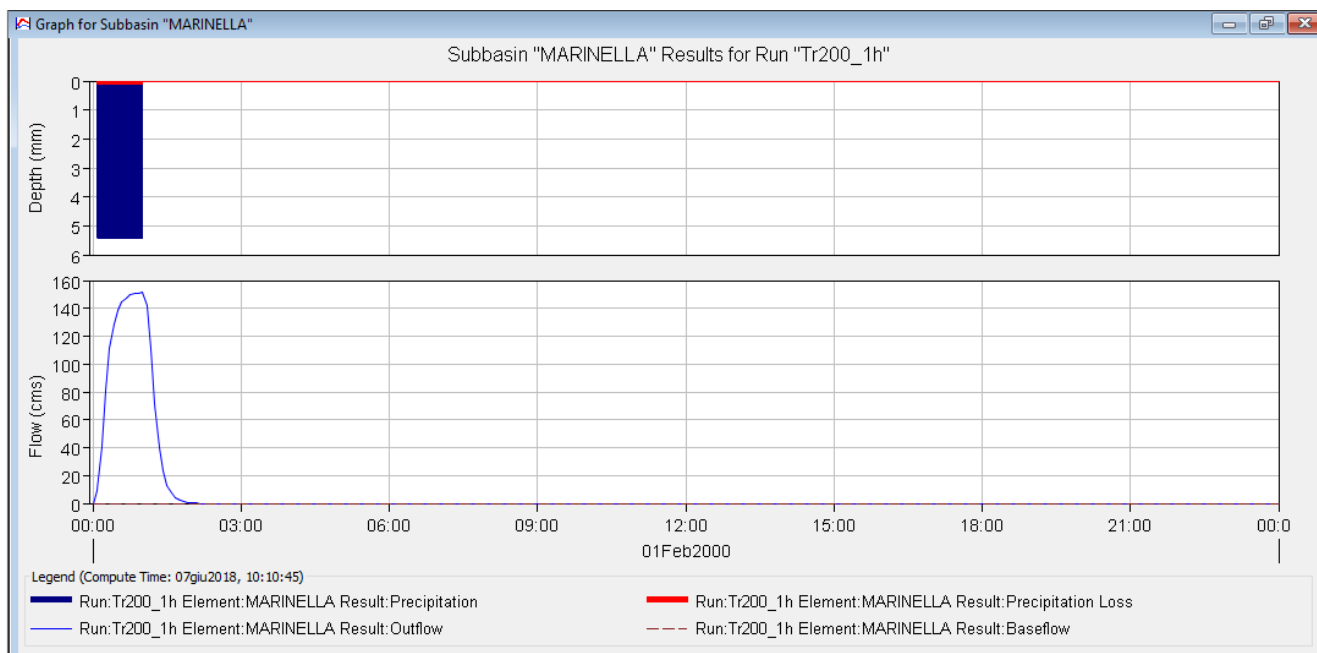


Figura 5: Risultati della simulazione di HEC-HMS. In alto sono presenti la pioggia totale in blu e quella effettiva considerata in rosso. In basso si vede l'idrogramma di portata restituito dal modello.

5.2.2 Modellazione idrologica del reticolo delle a.basse

Gli idrogrammi dei bacini relativi alle aree a sud della linea ferroviaria, zona Interporto e Gonfienti, quali il fosso Molino, il Collettore Molino, il Ciliegio di valle, e il fosso Pantano, che costituiscono il reticolo delle a.basse, è stato utilizzato il software URBIS 2003, già esposto in precedenza.

Nella seguente tabella riassuntiva vengono riportati i parametri caratteristici di suddetti bacini:

Corso d'acqua	Sigla bacino	Superficie (kmq)	Pendenza (%)	CNIII	Coefficiente di scabrezza (Manning)
Interporto 1	INT-01	0.24	0.87	94.07	0.04
Interporto 2	INT-02	0.26	1.46	92.48	0.04
Querce 1	QUE-01	0.12	1.89	94.06	0.04
Querce 2	QUE-02	0.21	0.71	95.13	0.04
Gonfienti	GON-01	0.13	1.15	96.00	0.04

5.3 Applicazione del modello hec ras alla zona nord-est

Di seguito si riporta la schematizzazione del reticolo oggetto di studio e delle aree di potenziale esondazione restituita sulla base DTM LIDAR, costruita all'interno del software Hec-Ras.

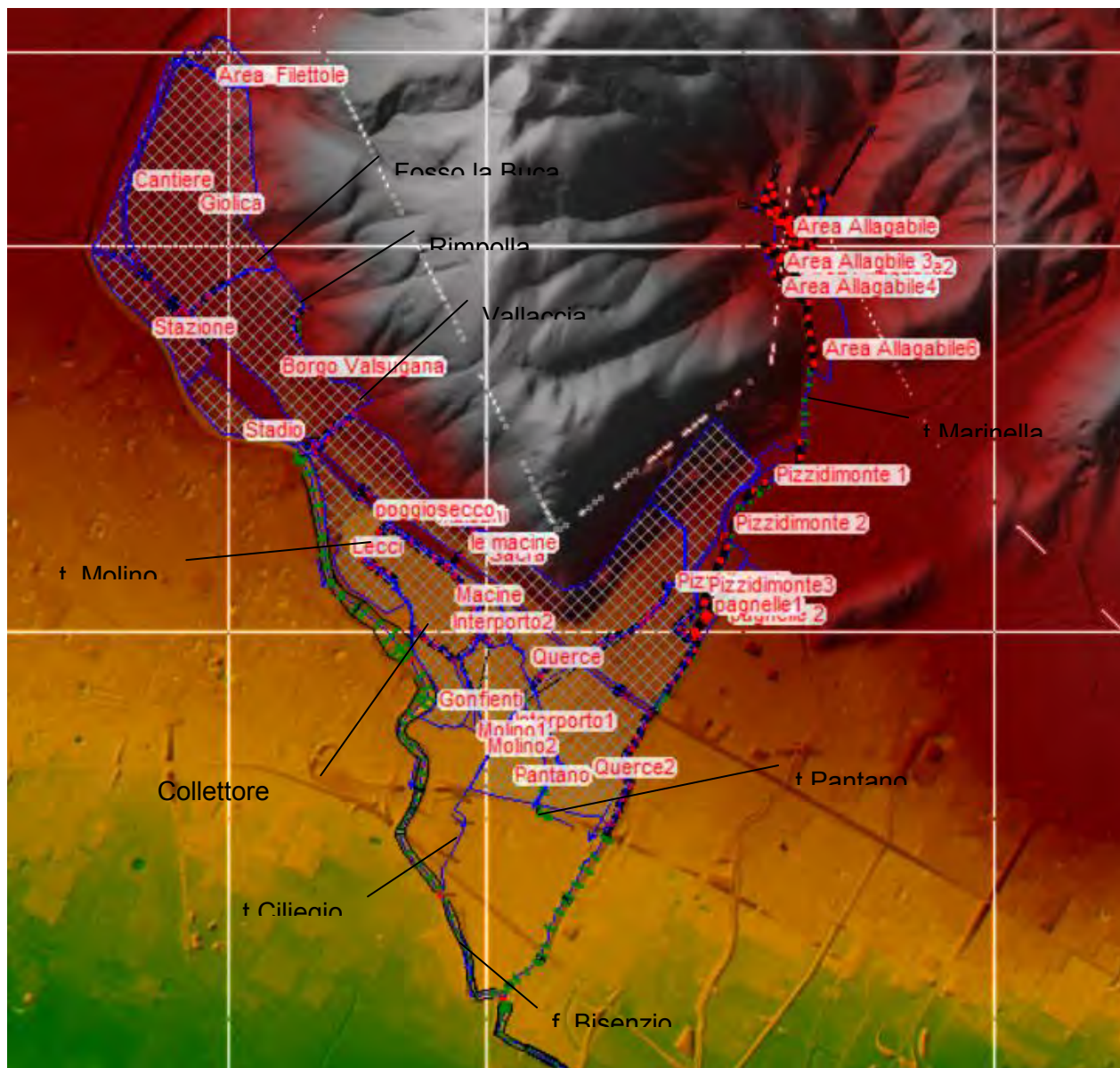


Figura 6 Schematizzazione del modello idraulico

I reach inseriti nel modello che drenano l'area in esame sono: Ciliegio, fosso Molino, Collettore Molino, t.Marinella, Pantano Ovest, Filettole, Fosso la Buca, t.Rimpolla, f.Vallaccia e fiume Bisenzio come condizione al contorno di valle o di esondazione arginale recuperata dal modello originale del PGRA.

Le aree di potenziale esondazione denominate FILETTOLE, GIOLICA, BORGO VALSUGANA, SACRA, PIZZIDIMONTE terminano in corrispondenza del rilevato dell'autostrada A11 che fa da sbarramento ai transiti delle acque esondate a monte e sono state collegate alle aree 2D di valle (STAZIONE, STADIO, LECCI, INTERPORTO, QUERCE, QUERCE 2, INTERPORTO 1, GONFIENTI e PANTANO) tramite connessioni.

5.3.1 *Dati di input del modello idraulico di calcolo*

Per questa porzione di reticolo, è stato fatto riferimento alle portate con tempo di ritorno di 30 e 200 anni, e durata di pioggia di 1, 2, 3 e 6 ore.

Una volta acquisito il rilievo topografico sono state inserite nel modello le caratteristiche geometriche dei tratti d'alveo da simulare e delle strutture presenti, garantendo una sufficiente estensione dell'asta fluviale e delle aree 2D di potenziale esondazione con relative connessioni. Sono state riportate quote e distanze, riferite alle sezioni viste da monte verso valle. Il profilo di ogni sezione risulta georeferenziato ed è costituito da una spezzata ottenuta unendo i punti che sono stati rilevati topograficamente.

Una volta ricostruiti i modelli geometrici, si è provveduto a definire le condizioni al contorno da utilizzare per svolgere i calcoli. Le condizioni al contorno utilizzate sono state:

- per quanto riguarda le condizioni al contorno di monte e gli ingressi laterali relativi ai sottobacini individuati, sono stati assegnati gli idrogrammi di portata ricavati nel paragrafo precedente;
- mentre si è deciso di utilizzare la pendenza del fondo alveo nei tratti posti più a valle (*normal depth*) o le altezze idrometriche note (*stage hydrograph*) come condizione al contorno di valle.

Di seguito si riporta per chiarezza una delle sezioni inserite nel modello idraulico.

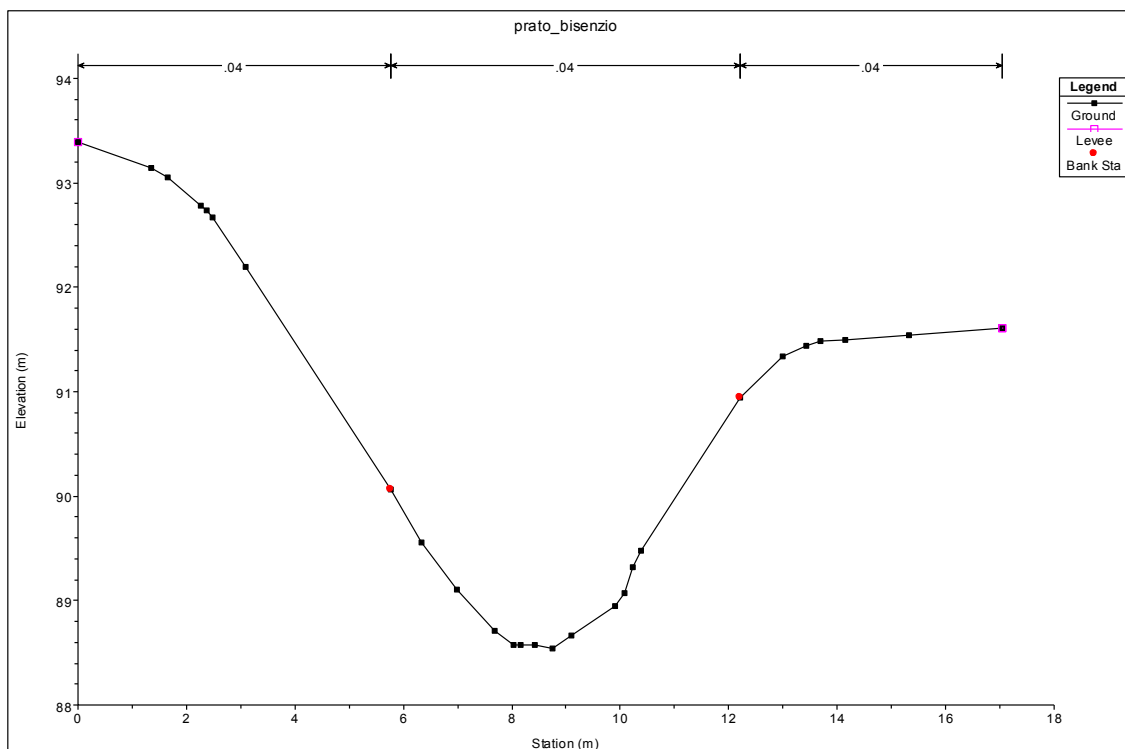


Figura 7: Esempio di sezione in Hec-Ras relativa al fosso Rimpolla.

Per ciascuna sezione, oltre che la quota di *thalweg* (*punti di massima profondità batimetrica*), la posizione delle sponde, e la pendenza, si è riportata la distanza dalla sezione di valle precedente e i coefficienti di *Manning* sia dell'alveo inciso che delle aree golenali. Per assegnare il valore del coefficiente di scabrezza si è fatto riferimento all'osservazione diretta delle condizioni del corso d'acqua. Poiché tutti i corsi d'acqua analizzati presentano sezioni con sponde/argini in terra sono stati adottato valore di scabrezza secondo Manning pari a $0.035 \div 0.040 \text{ m}^{-1/3\text{s}}$.

	golena sinistra, n (s/m ^{1/3})	alveo, n (s/m ^{1/3})	golena destra, n (s/m ^{1/3})
t.Ciliegio	0.035	0.035	0.035
collettore Molino	0.035	0.035	0.035
t.Filettole	0.035	0.035	0.035
f.La Buca	0.035	0.035	0.035
t.Marinella	0.04	0.04	0.04
f.Molino	0.035	0.035	0.035
f.Montisi	0.04	0.04	0.04
f.Pantano	0.035	0.035	0.035
f.Rimpolla	0.04	0.04	0.04
f.Vallaccia	0.035	0.035	0.035

Analogamente alle sezioni d'alveo, sono state inserite le aree 2D di potenziale esondazione.



Figura 8: Rappresentazione in Hec-Ras delle aree 2D.

Le simulazioni sono state eseguite in condizioni di corrente mista.

Per i risultati delle perimetrazioni delle aree allagate si rimanda alle apposite tavole grafiche ed alle considerazioni riportate nei successivi paragrafi.

5.3.2 VALUTAZIONE DELL'OFFICIOSITA' IDRAULICA DELL'IMMISSIONE DEI TRATTI FOGNARI

Per valutare l'officiosità idraulica della condotta di immissione dei tratti tombati nei confronti delle portate massime attese per i due tempi di ritorno studiati e quindi ricostruire le aree potenzialmente inondabili per effetto del transito delle acque che non riescono ad immettersi all'interno dell'inizio dei tratti tombati a valle dei quali ha inizio il tratto fognario, sono state effettuate delle specifiche valutazioni idrauliche.

Come precedentemente accennato, non sono state inserite nel modello sezioni relative al fosso in località Le Macine, al rio dei Malsani ed al borro di Poggiosecco (che insieme al rio dei Malsani confluisce nel fosso del Mulino) in quanto si tratta di fossi che entrano a far parte del sistema fognario in corrispondenza della fascia urbanizzata posta a monte di via Firenze.

Infatti, è stato possibile valutare il contributo alla definizione delle aree inondabili per ristagno, dei bacini relativi a detti fossi inserendo, tramite le *BC lines*, gli idrogrammi come input idrologico direttamente dell'area 2D, al netto della portata transitabile nei tombamenti a valle.

Le massime portate ammissibili dai n.3 tombamenti sopra riportati, sono state valutate facendo riferimento alla relazione valida per le luci a battente:

$$Q_{sc} = 0.61A\sqrt{2gh}$$

dove:

A: area della sezione dello scarico di fondo

g: modulo dell'accelerazione di gravità

h: battente d'acqua rispetto al baricentro della luce

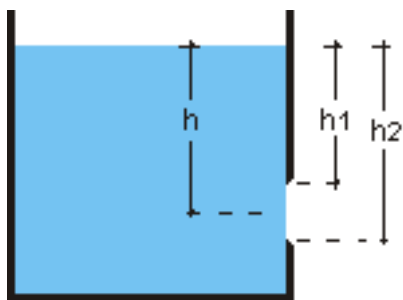


Figura 9 : schema per luci a battente

Il calcolo di dimensionamento è stato eseguito con riferimento alle geometrie rilevate nella campagna topografica eseguita da Durazzani per il Consorzio di Bonifica Area Fiorentina (tombamento identificati con lettere M ed H rispettivamente su rio dei Malsani e borro di Poggiosecco) e da quelle che è stato possibile sulla base della cartografia delle fognature elaborata da Publiacqua (tombamento identificato con lettera E sul fosso in località Le Macine).

Il calcolo delle massime portate ammissibili è stato effettuato con riferimento ad una condizione di massimo riempimento

Le geometrie e le portate ammissibili dei n.3 tombamenti sono di seguito riportate:

Fosso di riferimento	Dimensioni	Portata ammissibile (mc/s)
Le Macine	Tubazione	1.5
Malsani	Tubazione	2.3
Poggiosecco	Tubazione	2.3

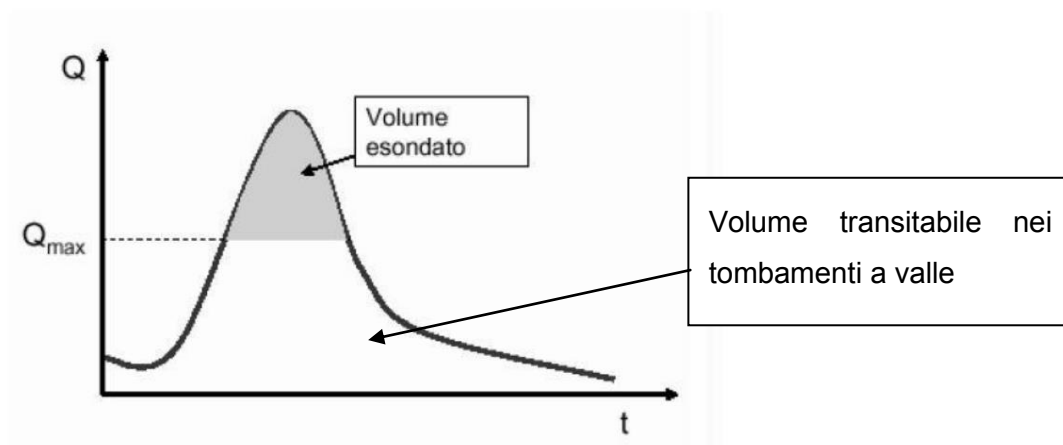


Figura 10: schematizzazione dell' idrogramma per stimare la portata in ingresso nella bocca tarata

Una volta calcolata la portata massima di deflusso, il volume esondato sarà pari all'area compresa tra il segmento intercettato e l'idrogramma.

5.4 Perimetrazioni delle aree inondabili

A seguito dei risultati ottenuti con le simulazioni idrauliche si è provveduto alla redazione della tavola delle aree allagate per i vari tempi di ritorno mediante involuppo delle durate.

6 ZONA NORD-OVEST

La zona è per lo più delimitata:

- A Nord dall'Appennino Pistoiese;
- A Ovest dal Torrente Calice e dal confine col Comune di Montemurlo;
- A Sud dalle colline del Montalbano;
- A Est dei limiti comunali di Prato.

Questa zona è attraversata da un sistema di drenaggio orientato in direzione nord-ovest sud-est che, dalle pendici dei promontori precedentemente elencati, scorre lungo tutta la fascia di territorio comprendente gran parte del territorio pratese.

6.1 *Acquisizione dati topografici*

Relativamente a questa zona, è stato necessario aggiornare ed implementare la geometria del modello idraulico utilizzato a supporto della stesura del vigente PGRA, redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, e più precisamente aggiornando e modificando le aste modellate limitandole a quelle comprese nel Comune di Prato e immediatamente a monte di questo, considerando comunque le aste degli affluenti nei tratti di confine con i comuni adiacenti, nello specifico:

- Torrente Ombrone: geometria ripresa dal modello idraulico redatto dall' dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale a supporto della stesura del PGRA, modificata/integrata, per il tratto che va dal ponte di Via Carlo Marx fino alla confluenza con il Torrente Bagnolo, in base alle sezioni rilevate dal Geom. Stefano Loli nel 2013 a supporto della redazione del Progetto Preliminare "*Ripristino a seguito degli eventi alluvionali delle arginature del Torrente Ombrone nel tratto compreso tra La Ferruccia e Ponte alla Caserana*" commissionato dall'ex Consorzio di Bonifica Ombrone P.se – Bisenzio;
- Torrente Ombrone: rilievo Geom. Alessio Mazzetti 2015- da Viale XVI Aprile a Ponte all'Asse Poggio a Caiano;
- T.Bagnolo: rilievo Geom. Alessio Mazzetti 2015- dall'Autostrada A11 alla confluenza con il T. Ombrone;
- Fosso Ficarello: geometria ricostruita ex novo sulla base del rilievo topografico di dettaglio eseguito da Durazzani S.r.l. Territorio e Ambiente nel 2016 nell'ambito della campagna topografica denominata "*Rilievo topografico di dettaglio del fosso Ficarello, della cassa*

d'espansione di Lavacchione, dei torrenti Agna e Calice, delle opere di presa situate presso le casse d'espansione di "Case Carlesi" e di "Ponte alle Vanne" nei comuni di Prato e Montemurlo" commissionato dal Consorzio di Bonifica 3 Medio Valdarno;

- Calicino: modello ripreso dallo studio per la progettazione della cassa d'espansione sul Calicino svolto dallo studio HSI, ing.Pozzolini;
- La zona riguardante l'Ospedale di S.Stefano di Prato: il rilievo è stato implementato dal piano quotato effettuato da A4Ingegneria
- T. Iolo, Rio dei Bagni e Vella nell'area di Figline di Prato: sono stati inseriti in parte con dati desunti dal LIDAR ed in parte con rilievi appositi eseguiti dal Genio Civile di Prato e dal Geom. Mazzetti (2008).

Anche in questo caso ogni sezione e tutti i dati geometrici utilizzati sono stati appoggiati planimetricamente sul DTM fornito dalla Regione Toscana aggiornato al volo del 2009, controllandone l'omogeneità e la georeferenziazione delle quote dei vari rilievi utilizzati.

6.2 Analisi idrologica dei bacini della zona nord-ovest

Per la zona NO sono stati individuati i sottobacini identificabili nella figura sottostante.

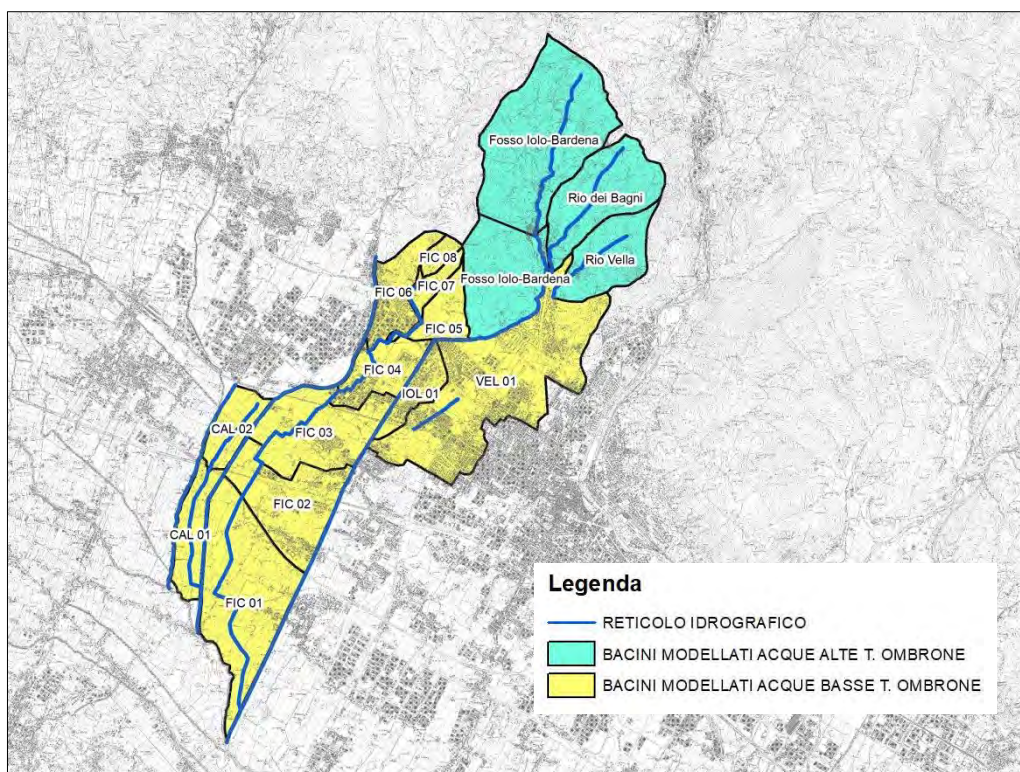


Figura 11: Schematizzazione dei sottobacini analizzati in ambiente GIS

Il procedimento adottato è stato il seguente:

- gli idrogrammi relativi al reticolo delle acque alte sono stati ricostruiti utilizzando il software HEC HMS;
- gli idrogrammi del reticolo delle acque basse sono stati calcolati tramite il metodo dell'invaso, utilizzando il codice di calcolo URBIS 2003.

I dati di input per calcolare suddetti idrogrammi anche in questo caso sono stati ricavati in ambiente GIS.

La ricostruzione degli idrogrammi di piena per ciascun sottobacino individuato è stata eseguita con riferimento ad eventi di pioggia con tempi di ritorno pari a 30 e 200 anni.

Per il calcolo degli idrogrammi non è stato considerato alcun coefficiente di ragguaglio areale K_r delle piogge, data la ridotta estensione areale di ogni sottobacino esaminato .

Sono stati indagati 7 diversi tempi di precipitazione, ed in particolare 1, 3, 6, 9, 12, 24 e 36 ore, al fine di tenere conto delle condizioni più critiche per tutti i bacini in esame.

Per ciascun bacino dunque sono stati ricostruiti 14 idrogrammi (per ogni tempo di ritorno analizzato, 30 e 200 anni, sono stati infatti simulati eventi con durata di pioggia pari a 1, 3, 6, 9, 12, 24 e 36 ore).

I bacini insistenti sul comune di Montemurlo sono in fase di aggiornamento, pertanto, non essendo in possesso dei dati validati, sono stati utilizzati i valori di portata dell'attuale PGRA, ripresi dunque dal modello dell'Autorità di bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale attualmente in uso.

Nei seguenti paragrafi sono descritte in dettaglio le metodologie utilizzate.

6.2.1 Modellazione idrologica a.alte

Come per la Zona N-E per ogni sottobacino è stato creato un apposito file di progetto.

Ogni file di progetto è composto dalle seguenti banche dati:

- BASIN MODEL
- TIME SERIES DATA
- METEOROLOGIC MODEL

6.2.2 Basin model

Come prima operazione è stata ricostruita all'interno del programma, attraverso il modulo BASIN MODEL, la schematizzazione qualitativa del sottobacino analizzato: a partire da cartografia GIS sono stati ricavati i parametri idrologici di input per il codice di calcolo di HEC-HMS.

Una volta inserita la geometria è necessario effettuare il settaggio delle varie impostazioni di tipo "idrologico".

Per quanto riguarda il Loss Method, anche qui è stato applicato il metodo SMA (*Soil Moisture Accounting*), il quale fa riferimento a parametri fisicamente basati e consente di rappresentare l'umidità del suolo a invaso multiplo.

Infine per ciascun sottobacino è stato impostato il metodo di calcolo per la trasformazione degli afflussi pluviometrici in deflussi, definendone i parametri caratteristici. Nello specifico è stato utilizzato il metodo basato sulla teoria dell'idrogramma unitario del Soil Conservation Service (*Unith Hydrograph*).

6.2.3 Time series data

Una volta impostato il basin model occorre inserire i dati di pioggia, a tal proposito si ricostruisce lo ietogramma di pioggia di progetto, per i due Tempi di ritorno di interesse (Tr 200 e Tr 30), utilizzando i valori di a ed n mediati sul sottobacino in esame per calcolare le massime altezze di pioggia corrispondenti; nel calcolo sono stati usati t pari a 1, 3, 6, 9, 12, 24 e 36 ore per esaminare le durate di pioggia che riescono a mettere maggiormente in crisi il bacino dal punto di vista idrologico. Dunque, fissato il tempo di ritorno, per calcolare l'altezza massima di precipitazione h è stata utilizzata la seguente legge di potenza monomia:

$$h=a*t^n,$$

con $t=1, 3, 6, 9, 12, 24$ e 36 ore, mentre i valori di a e n per $T 200$ e $T 30$ anni sono stati ricavati dalle linee segnalatrici LSPP aggiornate all'anno 2012 fornite dalla Regione Toscana, mediando il valore sul bacino complessivo.

L'altezza di pioggia lorda per esempio per un tempo di ritorno di 200 anni e durata 12h ottenuta con il metodo appena esposto per il bacino di monte del T.Ombrone risulta:

$$h=79.08*12^{0.40}=215.95 \text{ mm}$$

Considerando un passo temporale pari a 15 min è possibile costruire lo ietogramma di pioggia di tipo costante ottenendo il seguente risultato:

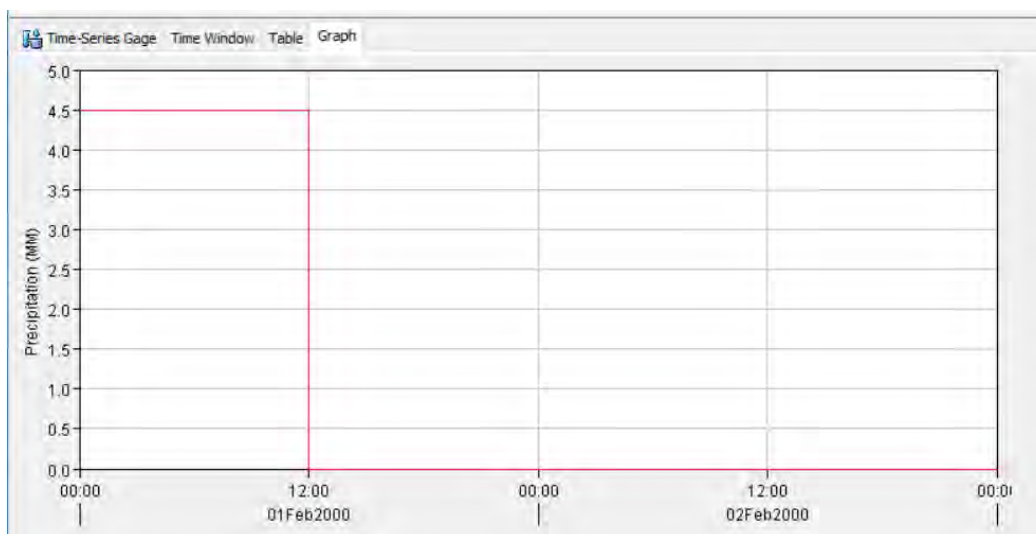


Figura 12: Grafico dello ietogramma di pioggia per Tr 200 anni

6.2.4 Meteorologic model

A questo punto combinando il modello morfologico del bacino con i dati pluviometrici dopo aver definito la discretizzazione temporale di calcolo, è possibile avviare la simulazione per ottenere l'idrogramma di portata:

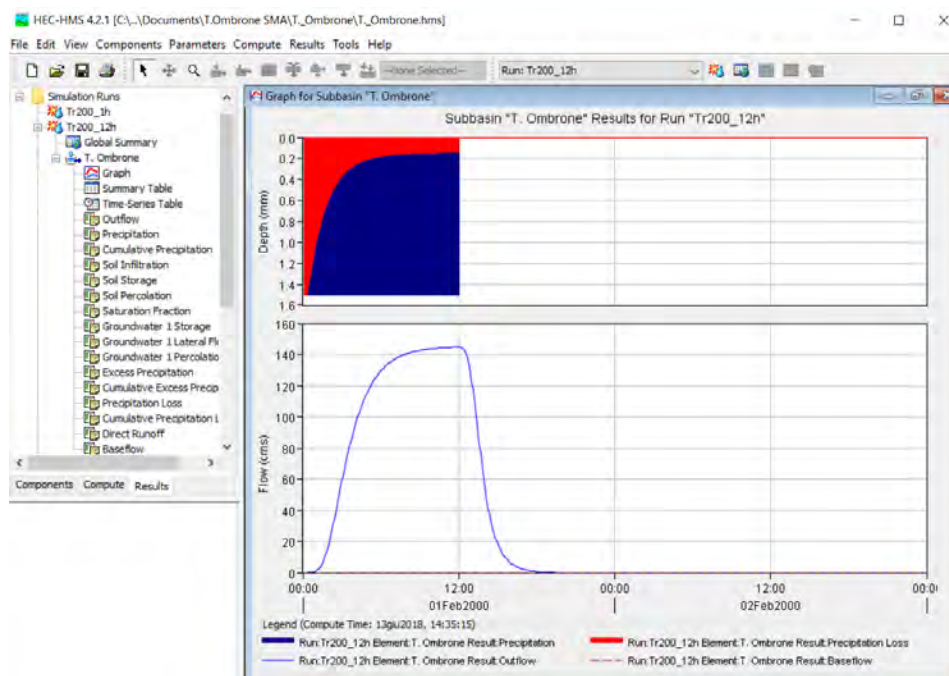


Figura 13: Risultati della simulazione di HEC-HMS. In alto sono presenti la pioggia totale in blu e quella effettiva considerata in rosso. In basso si vede l'idrogramma di portata restituito dal modello.

6.2.5 Modellazione idrologica a.basse

Per quanto riguarda la simulazione idrologica svolta mediante il software URBIS 2003, si riportano nella seguente tabella i dati di input utilizzati:

Corso d'acqua	Sigla bacino	Superficie (kmq)	Pendenza (%)	CNIII	Coefficiente di scabrezza (Manning)
Calicino	CAL-01	5.54	1.39	86.28	0.004
Calicino 2	CAL-02	0.66	1.17	87.84	0.004
Ficarello 1	FIC-01	2.40	0.88	88.00	0.004
Ficarello 2	FIC-02	2.22	0.79	88.81	0.004
Ficarello 3	FIC-03	3.80	0.79	87.96	0.004
Ficarello 4	FIC-04	1.01	0.90	87.74	0.04
Ficarello 5	FIC-05	0.81	12.33	85.76	0.04
Ficarello 6	FIC-06	1.10	9.25	88.79	0.04
Ficarello 7	FIC-07	0.73	22.54	84.44	0.04
Ficarello 8	FIC-08	1.09	38.27	82.13	0.04
Iolo_residuo	IOL-01	0.37	0.75	91.66	0.04
Vella	VEL-01	0.26	3.72	89.66	0.04

6.3 Applicazione del modello hec ras alla zona nord-ovest

Di seguito si riporta la schematizzazione del reticolo oggetto di studio e delle aree di potenziale esondazione restituita sulla base DTM LIDAR, costruita all'interno del software Hec-Ras.

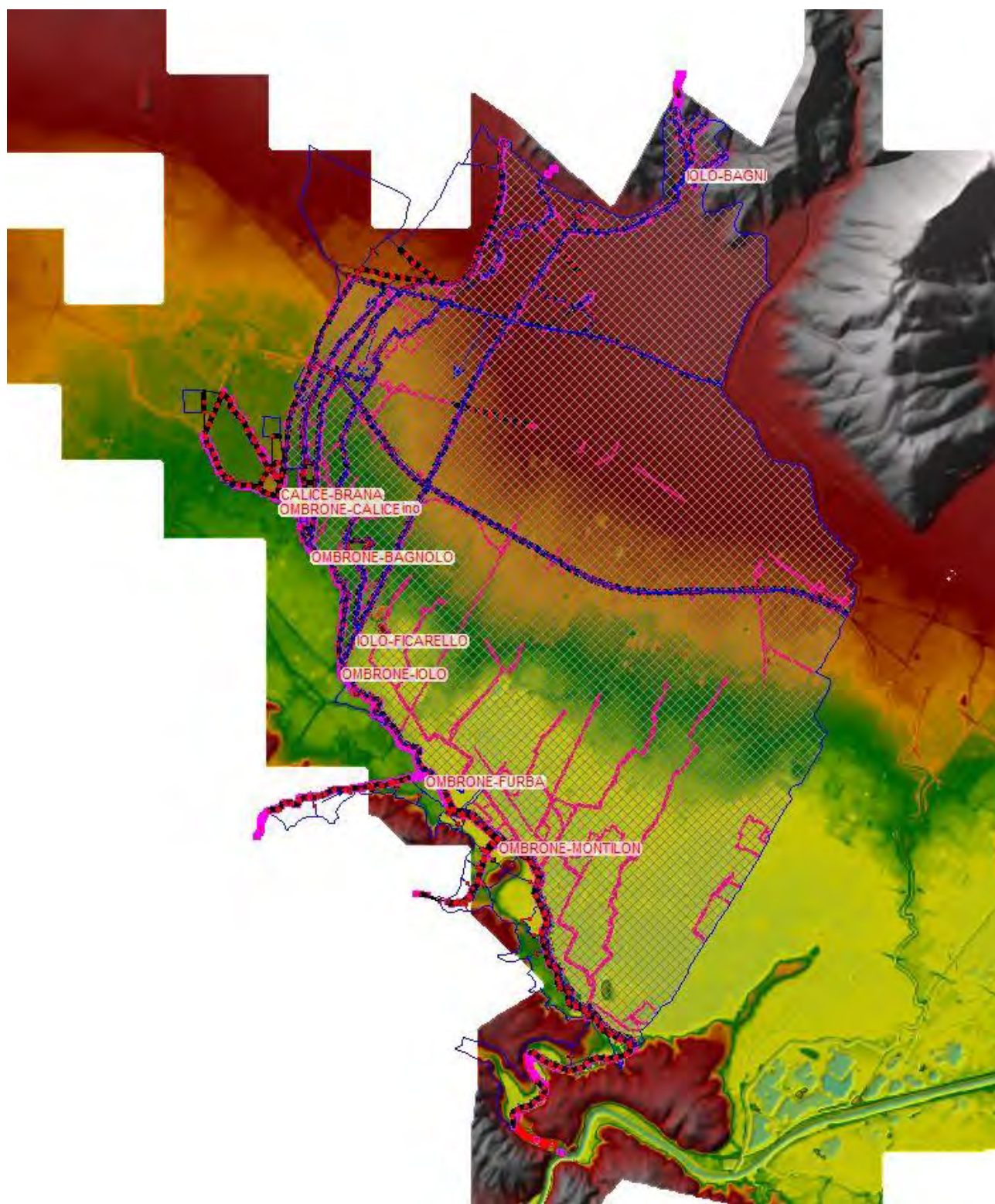


Figura 14: Schematizzazione del modello idraulico

I reaches inseriti nel modello che drenano l'area in esame sono:

- il Torrente Ombrone a partire dal tratto immediatamente a monte della confluenza con il Torrente Calice con i suoi affluenti di destra ricadenti nei comuni di Carmignano e Poggio a Caiano ovvero il Torrente Furba ed il Rio Montiloni. Questi ultimi sono stati modellati in quanto, pur non ricadendo in Comune di Prato hanno evidenti problematiche di rigurgiti in corrispondenza della confluenza con il Torrente Ombrone e pertanto, al fine di valutare il corretto funzionamento di quest'ultimo sono stati inseriti nel modello idraulico insieme alle celle di potenziale esondazione adiacenti. Al contrario il Torrente Stella non è stato modellato ma soltanto inserito come input idrologico desunto dal PGRA. Il fosso Colecchio è stato eliminato dalla modellazione in quanto acqua bassa ininfluente sul contesto pratese;
- il Torrente Calice per tutta la sua asta con le immissioni idrologiche da PGRA del Torrente Agna e del Torrente Bure;
- il Torrente Bagnolo dal tratto immediatamente a monte della Vecchia Montalese;
- il tratto terminale del Fosso Medancione;
- la porzione terminale del Torrente Brana.

Le aree 2D si estendono sulla gran parte del territorio comunale

6.3.1 Dati di input del modello idraulico di calcolo

Per questa porzione di reticolo, è stato fatto riferimento alle portate con tempo di ritorno di 30 e 200 anni, e durata di pioggia di 1, 3, 6, 9, 12, 24 e 36 ore.

Una volta acquisito il rilievo topografico, sono state inserite nel modello le caratteristiche geometriche dei tratti d'alveo da simulare, delle strutture presenti, garantendo una sufficiente estensione dell'asta fluviale da modellare nonché delle aree 2D di potenziale esondazione con relative connessioni. Sono state riportate quote e distanze, riferite alle sezioni viste da monte verso valle. Il profilo di ogni sezione risulta georeferenziato ed è costituito da una spezzata ottenuta unendo i punti che sono stati rilevati topograficamente.

Una volta ricostruiti i modelli geometrici, si è provveduto a definire le condizioni al contorno da utilizzare per svolgere i calcoli. Le condizioni al contorno utilizzate sono state:

- per quanto riguarda le condizioni al contorno di monte e gli ingressi laterali relativi ai sottobacini individuati, sono stati assegnati gli idrogrammi di portata ricavati nel paragrafo precedente;

- mentre si è deciso di utilizzare la pendenza del fondo alveo nei tratti posti più a valle (*normal depth*) o le altezze idrometriche note (*stage hydrograph*) come condizione al contorno di valle, il tutto in linea con quanto concordato con gli enti interessati.

Le sezioni geometriche e le varie caratteristiche geometriche sono state inserite in maniera analoga come descritto in precedenza. Per assegnare il valore del coefficiente di scabrezza si è fatto riferimento all'osservazione diretta delle condizioni del corso d'acqua. Poiché tutti i corsi d'acqua analizzati presentano sezioni con sponde/argini in terra sono stati adottato valore di scabrezza secondo Manning pari a $0.035 \div 0.040 \text{ m}^{-1/3\text{s}}$.

Come già accennato, le aree 2D di potenziale esondazione si estendono lungo la zona urbana del comune di Prato, con una più elevata densità abitativa.

Le simulazioni sono state eseguite in condizioni di corrente mista.

Come è possibile notare, le zone di interesse quali la zona dell'Ospedale di S.Stefano e alcuni tratti di viabilità principale sono stati ricostruiti nel modello in maniera più dettagliata, al fine di riprodurre gli scenari di esondazione in maniera più particolareggiata e realistica.

Per i risultati delle perimetrazioni delle aree allagate si rimanda alle apposite tavole grafiche.

7 ZONA PRATO CENTRO

Come accennato in premessa, la zona in esame è delimitata

- a nord-est dal fiume Bisenzio e le aree dell'interporto a sud di via Firenze;
- a nord dal comune di Montemurlo e dal sottobacino del Fosso Bardena;
- a nord-ovest il limite è dato dal fosso Iolo;
- a sud il Torrente Ombrone
- Comune di Campi Bisenzio ad est.

Questa porzione di territorio rappresenta sia il limite sud del Comune di Prato sia l'area depressa a livello altimetrico.

Il sistema di acque alte è rappresentato per lo più dal Fosso di Iolo e dal Torrente Ombrone che sono i collettori principali di raccolta delle acque di pioggia. Ad esso si sovrappongono tutti i canali di bonifica provenienti dal centro urbano dell'area pratese che rappresentano invece il sistema di acque basse, molti dei quali sono tratti tombati, interferenti con il reticolo fognario.

I canali di acque basse, in gran parte costituiti dal vecchio reticolo delle gore pratesi, drenano una ampia porzione di territorio che arriva a coprire addirittura il centro storico di Prato.

I canali suddetti si inseriscono all'interno del complesso sistema di bonifica gestito dal Consorzio di Bonifica 3 Medio Valdarno che ha come recapito finale l'impianto di accumulo e pompaggio di Castelletti il quale solleva le acque nel Torrente Ombrone.

7.1 *Acquisizione dati topografici*

Per l'inserimento della geometria del reticolo in esame è stato realizzato un modello digitale del terreno (DTM) che ha permesso di ricostruire il territorio, modellando l'alveo mediante celle interconnesse tra loro. I dati geometrici di alcuni fossi, quali il Filimortula o la gora Mazzoni sono stati aggiornati manualmente, integrando il DTM con punti quotati provenienti da rilievi speditivi ottenuti dal Consorzio di Bonifica competente. Infine sono stati tolti gli attraversamenti per garantire la continuità dell'alveo.

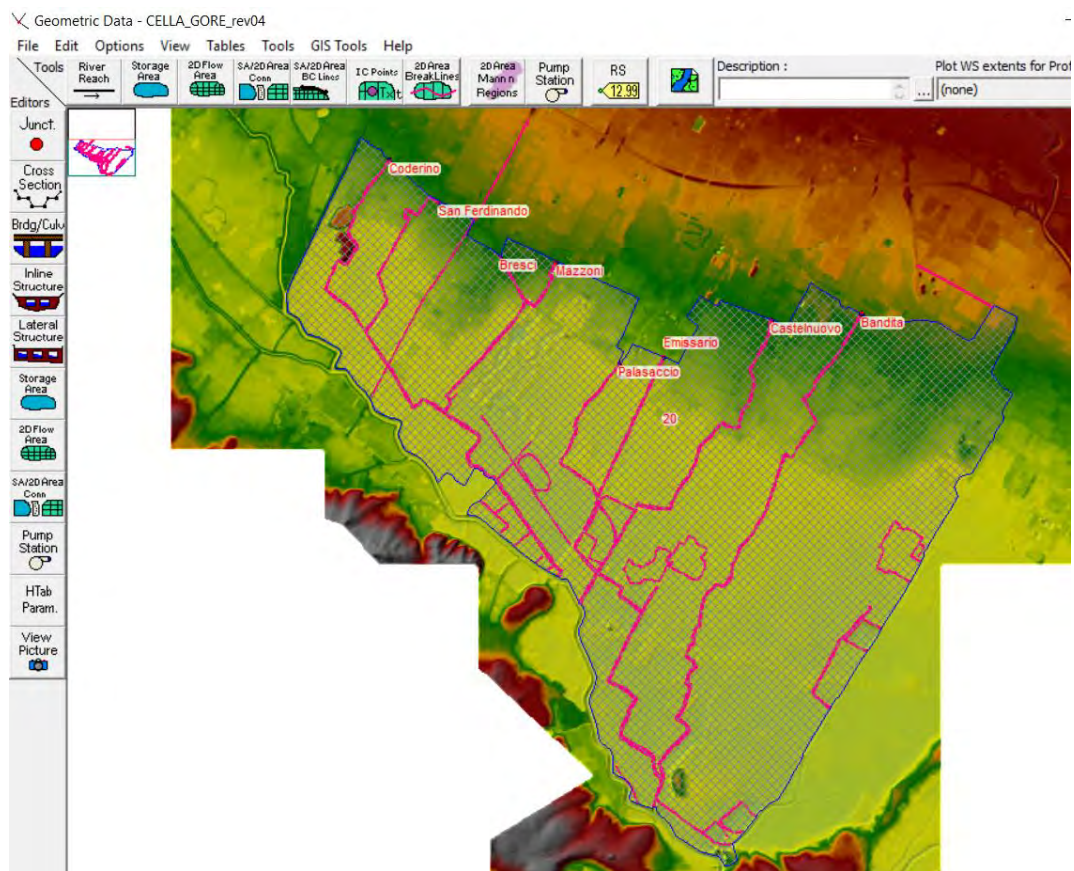


Figura 15: schematizzazione area di indagine

7.2 Modellazione idrologica a.basse

Il reticolo idrografico è stato ricostruito partendo dall'analisi topografica dell'area, implementata dalla sovrapposizione della rete fognaria cittadina.

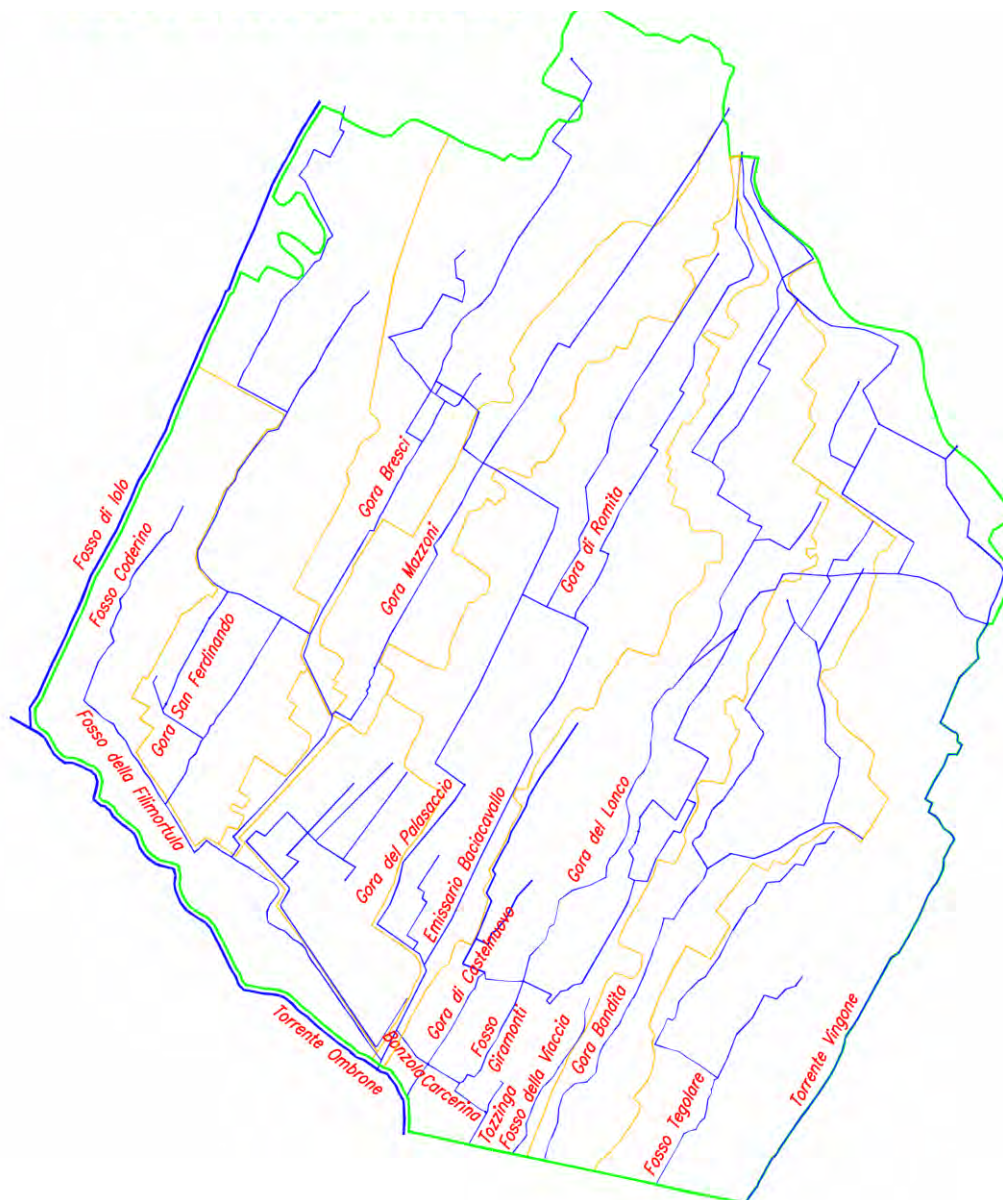


Figura 16: schematizzazione reticolo idrografico

La stima dei volumi di ristagno da utilizzare nella modellazione è stata computata mediante il programma di modellazione URBIS 2003.

Nella seguente tabella riassuntiva vengono riportati i parametri caratteristici di suddetti bacini:

Corso d'acqua	Sigla bacino	Superficie (kmq)	Pendenza (%)	CNIII	Coefficiente di scabrezza (Manning)
Bandita	BAN-01	1.91	0.51	93.08	0.04
Castelnuovo	CAS-01	3.72	0.81	92.37	0.04
Palasaccio	PAL-01	2.14	0.64	89.92	0.04
Mazzoni	MAZ-01	3.73	0.69	92.77	0.04
Bresci	BRE-01	4.88	0.76	92.85	0.04
San Ferdinando	SFE-01	4.36	0.7	90.46	0.04
Coderino	COD-01	0.80	0.55	90.54	0.04
Emissario	EMI-01	3.45	0.93	92.60	0.04
Bandita	BAN-01	1.91	0.51	93.08	0.04

Gli idrogrammi poi sono stati limitati, in termini di portata al picco, alla massima smaltibile dall'effettiva sezione dello scolmatore utilizzando in parte i dati forniti dall'ente gestore del reticolo fognario in parte mediante valutazioni geometriche in analogia. Per i valori specifici di taratura si rimanda agli idrogrammi presenti nel modello idraulico.

7.3 Modellazione idraulica

Al fine di valutare le aree potenzialmente inondabili per ristagno, gli idrogrammi sono stati inseriti come input idrologici, tramite le *BC lines*, direttamente nell'area 2D in corrispondenza dell'alveo inciso, simulando in questo modo l'effettiva esondazione sul territorio.

Questa tipologia di modellazione è stata ritenuta la più verosimile in quanto si tratta di fossi che entrano a far parte del sistema fognario in corrispondenza della fascia urbanizzata e che risentono delle condizioni al contorno di valle legate al funzionamento degli impianti idrovori asserviti al reticolo di bonifica ed alle intermittenze di scolo che ne derivano.

Pertanto si è optato per una valutazione quantitativa della pericolosità idraulica senza entrare nello specifico dettaglio della modellazione delle aste fluviali.

È stata effettuata una simulazione che tenga conto anche del volume piovuto distribuito su tutta l'area oggetto di simulazione bidimensionale al fine di rappresentare le aree di potenziale ristagno non dovute a fenomeni esondativi.

8 ANALISI DEI RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

8.1 Zona nord-est

Lo studio redatto ha mostrato una generale insufficienza di drenaggio delle acque da parte di tutti i ricettori finali e nello specifico:

- Rio Filettole: diffuse insufficiente arginali in tutto il tratto modellato sia in sinistra che in destra idraulica. Le esondazioni in sinistra vanno ad interessare una vasta area della frazione della Castellina anche per eventi con tempo di ritorno di 30 anni;
- Fosso La Buca: il tratto scoperto del corso d'acqua mostra insufficienze dovute in parte alle ridotte sezioni ed in parte al tombamento posto nel tratto terminale che risulta insufficiente per lo smaltimento delle portate anche trentennali. Le esondazioni vanno ad interessare un'area completamente urbanizzata posta nelle vicinanze della Via Machiavelli fino al sottopasso ferroviario;
- Fosso Rimpolla: mostra esondazioni in tutto il tratto in adiacenza alla via Giolica di sotto le quali vanno ad interessare tutto il versante sottostante fino al rilevato ferroviario;
- Fosso Vallaccia: le insufficienze arginali sono marcate soprattutto in destra idraulica e le esondazioni si distribuiscono in tutta l'area adiacente alla chiesa della Sacra Famiglia sottopassando anche il rilevato ferroviario fino a lambire gli edifici posti in fregio al Ponte Pietrino;
- Poggio Secco, Malsani e Macine: i tombamenti esistenti posizionati a monte delle aree urbanizzate risultano tutti insufficienti a smaltire anche le portate trentennali e pertanto si evidenziano allagamenti diffusi su tutta l'area di transito posta immediatamente a valle dei tombamenti ed il rilevato ferroviario. Gli allagamenti suddetti superano il sottopasso ferroviario e vanno ad interessare la porzione nord dell'Interporto;
- Fosso Montisi: piccoli fenomeni esondativi localizzati;
- Gora del Ciliegio: insufficienza delle sezioni a monte del tombamento sulla Via Amerigo Bresci e del tombamento stesso. Le esondazioni interessano gran parte della frazione de La Querce sottopassando il rilevato ferroviario ed estendendosi fino al terrapieno dell'Interporto;
- Fosso Pantano: esondazioni distribuite in tutta la porzione terminale dell'Interporto.

In generale i battenti, salvo situazioni circoscritte e locali, sono di piccola entità.

8.2 Zona nord-ovest

Lo studio redatto ha mostrato una generale insufficienza di drenaggio delle acque da parte di tutti i ricettori finali e nello specifico:

- Area compresa tra Torrente Calice, autostrada A11, Torrente Iolo Bardena e Torrente Ombrone: area di naturale ristagno sia di acque basse che di diffuse e cospicue esondazioni dei corsi d'acqua perimetrali con battenti di allagamento estremamente consistenti. La zona è soggetta a frequenze di allagamento sicuramente inferiori ai 30 anni;
- Fosso Ficarello: mostra delle diffuse insufficienze soprattutto nel tratto centrale dell'asta in particolare nel tratto a monte della Via Pistoiese ed immediatamente a valle con diffuse esondazioni anche per eventi trentennali. Il tratto di monte mostra un funzionamento migliore seppur non completamente adeguato alle portate di progetto duecentennali in ragione dei lavori di parziale adeguamento realizzati recentemente dal Consorzio di Bonifica;
- Torrente Iolo-Bardena: presenta insufficienze strutturali in tutta la parte pedecollinare fino alla cassa di espansione posta in località Maliseti, a valle non presenta fenomeni esondativi marcati nemmeno in corrispondenza dell'immissione in Ombrone, La cassa di espansione funziona con rendimenti molto alti raggiungendo livelli di invaso che portano il pelo libero a superare le sommità arginali di coronamento andando ad allagare le aree agricole adiacenti;
- Torrente Bagnolo: mostra una evidente insufficienza in corrispondenza del tratto in comune di Montemurlo con esondazioni su entrambi gli argini, a valle mostra diffuse insufficienze dovute spesso a fenomeni di rigurgito legati ai livelli del Torrente Ombrone;
- Fosso Calicino: la funzionalità idraulica di questo corso d'acqua risulta completamente compromessa dal contesto topografico al contorno in quanto rappresenta il dreno delle acque basse di un'area soggetta a fenomeni di ristagno frequenti con intermittenze di scolo legate ai livelli dei corsi d'acqua circostanti. Negli scenari studiati spesso risulta il normale recapito delle acque esondate dal reticolo delle acque alte;
- Fosso Vella: il tratto pedecollinare del corso d'acqua non risulta dimensionato per smaltire le portate di progetto e le portate esondate che ne derivano si sommano a quelle del Torrente Iolo e del Rio dei Bagni andando ad interessare, seppur con limitati battenti di transito, tutta la frazione di Galcetello, Maliseti e Narnali. La porzione di valle, ovvero immediatamente a sud del cimitero di Chiesanuova, mostra problematiche legate alle

intermittenze di scolo sul Torrente lolo che causano rigurgiti che vanno ad interessare una vasta porzione di territorio posto a ridosso delle arginature del Torrente lolo;

- Rio dei Bagni: insufficienze diffuse su tutta l'asta fluviale che danno esondazioni che vanno ad interessare l'abitato di Figline.

Diffuse zone con battenti idraulici consistenti superiori ai 2 metri ed ampi tratti di transito, in particolare in adiacenza al Fosso Ficarello ed al Fosso Vella, con battenti inferiori a 30 cm.

8.3 Zona prato centro

Lo studio ha mostrato che in generale, salvo la Gora di Castelnuovo, il reticolo di bonifica non risulta adeguato al passaggio delle acque in uscita dagli scolmatori fognari nelle condizioni di verifica ovvero mediante una simulazione esclusivamente bidimensionale eseguita alla luce dei rilievi LIDAR regionali. Sono state tuttavia individuate le aree oggetto di battenti di transito e quelle interessate da battenti di ristagno anche importanti. Le verifiche hanno mostrato una ottima funzionalità delle opere di laminazione esistenti le quali entrano in funzione come primo presidio contro gli allagamenti. I ristagni più consistenti sono localizzati in adiacenza delle arginature del Torrente Ombrone in quanto poste a quote più basse rispetto a quelle circostanti e quindi naturale posizionamento per i ristagni. Gli adeguamenti di sezione realizzati sulla Gora di Castelnuovo mostrano una discreta efficienza per gli scenari valutati con fenomeni esondativi solo nella parte terminale legati a generali condizioni di drenaggio compromesse.

9 VALUTAZIONE SULLA FATTIBILITA' DELLE OPERE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO SUL TORRENTE VELLA NEL TRATTO LIMITROFO AL PRESIDIO OSPEDALIERO

Lo studio redatto ha mostrato come il tratto di valle del Fosso Vella in corrispondenza dell'immissione nel Torrente lolo sia causa di esondazioni dovute alla chiusura delle portelle presenti sullo scarico nel recettore finale. La chiusura delle portelle comporta un rigurgito lungo i tratti tombati del fosso che porta alla fuoriuscita di acqua in corrispondenza del pozzetto aperto posto a valle del rilevato ferroviario e necessario ai fini manutentivi dell'opera. Il manufatto ha già dato adito a fenomeni esondativi che hanno portato ad eventi estremamente drammatici con ricadute dal punto di vista di vite umane e pertanto risulta quanto mai necessaria l'individuazione di tutte le opere idrauliche necessarie alla messa in sicurezza dell'area anche in ragione della presenza del presidio ospedaliero nelle immediate vicinanze. Quest'ultimo infatti ricade in un'area a pericolosità idraulica molto elevata. La presente trattazione valuterà il predimensionamento delle opere necessarie alla messa in sicurezza del tratto del Fosso Vella suddetto con l'individuazione planimetrica e volumetrica degli interventi. La portata in arrivo al tratto oggetto di intervento risulta

pari a 9.7mc/sec ovvero pari alla massima smaltibile dalla condotta posta immediatamente a monte del tratto scoperto nelle immediate vicinanze del cimitero della Chiesanuova.

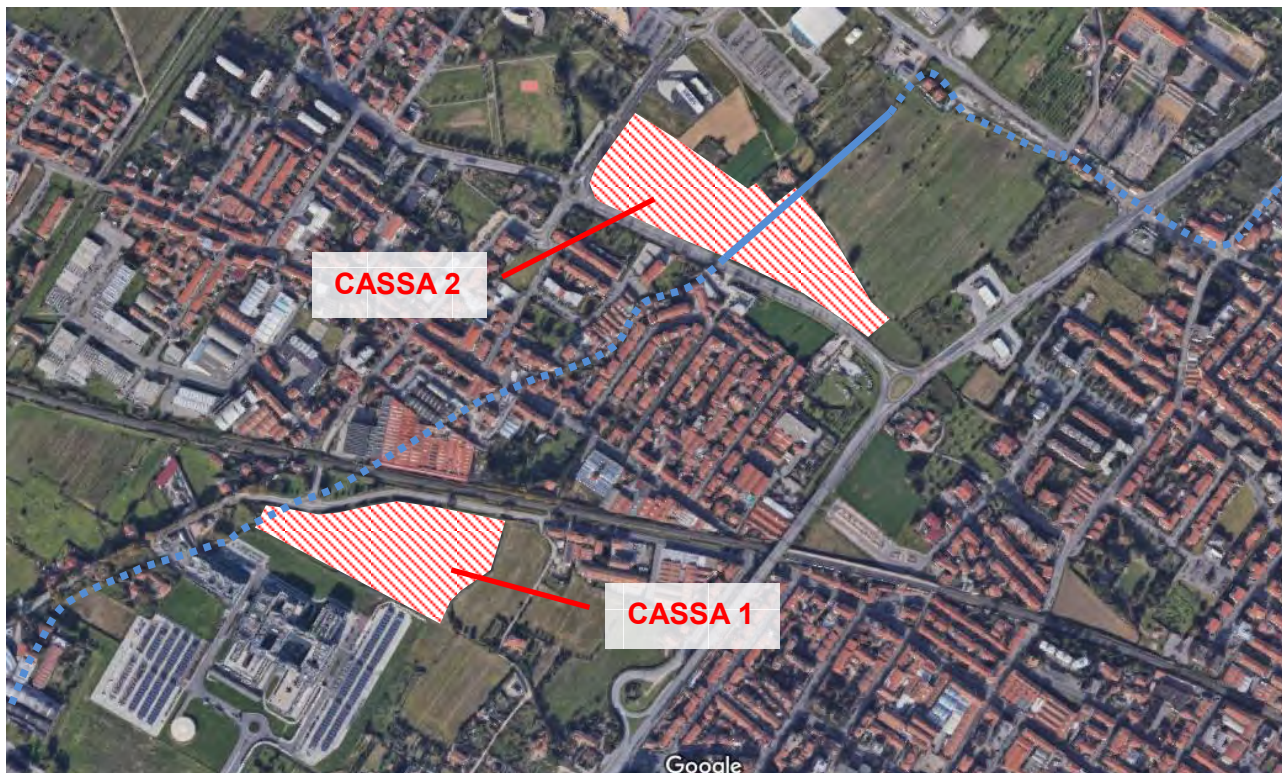


Figura 17: individuazione degli interventi di riduzione del rischio

Nel caso in cui tale portata risulti inferiore alla massima idrologica calcolata per gli scenari di progetto gli idrogrammi idrologici sono stati laminati al valore suddetto.

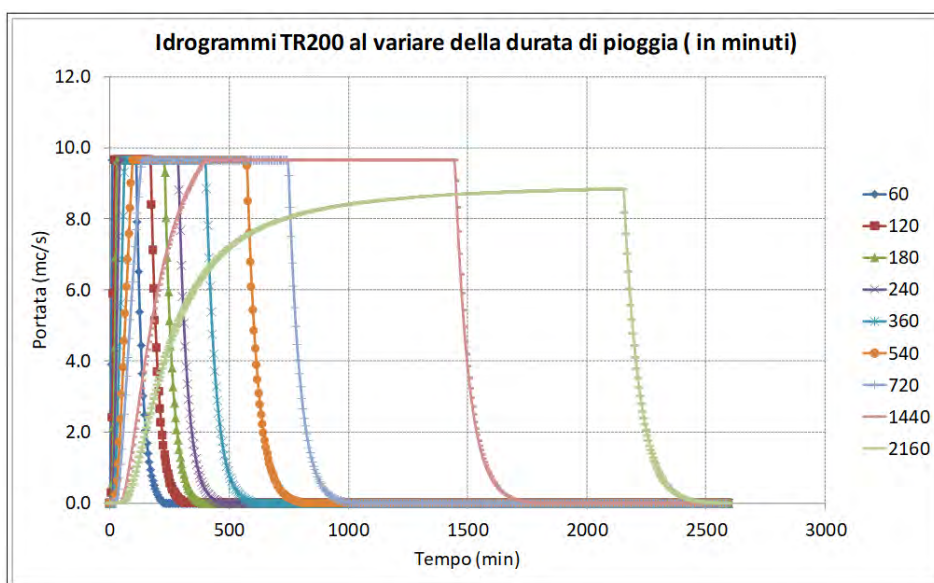


Figura 18: idrogrammi in ingresso al tratto scoperto del Fosso Vella

Dalle verifiche effettuate le portelle di parzializzazione poste sull'immissione del Fosso Vella nel Torrente Iolo entrano in funzione in tutti gli scenari studiati tranne che per le 36 ore. La parzializzazione dello scarico attiva il fenomeno di rigurgito che causa i fenomeni esondativi.

La modellazione idraulica ha mostrato come, nel caso in cui le portelle entrino in funzione, la portata residua del Vella scaricata nello Iolo si attesta su un valore pari a circa 2.5mc/sec per una durata che cambia in relazione allo scenario di riferimento.

Alla luce di questo si è provveduto a valutare la possibilità di stoccare le portate in eccesso all'interno di due nuove opere idrauliche:

- CASSA 1: posta subito a valle della linea ferroviaria in adiacenza al tratto tombato immediatamente a valle della Via Ciulli. La cassa ha una superficie pari a circa 25000mq e si ipotizza un'altezza di invaso pari a circa 1.50m;
- CASSA 2: posta subito a monte della Via della Pace ed è attraversata dal tratto scoperto del fosso. La cassa ha una superficie pari a circa 49000mq e si ipotizza una altezza di invaso pari a circa 1.50m.

Superficie casse	Altezza invaso	Volume invaso
mq	m	mc
25000	1.5	37500
49000	1.5	73500
		111000

Il volume complessivamente stoccabile risulta pari a 111000mc.

Il predimensionamento delle opere è stato effettuato cercando di ottenere un effetto di contenimento dei volumi in esondazione duecentennale modulando una portata di fondo, comunque scaricata in Iolo attraverso uno specifico manufatto di regolazione, che non vada a aumentare il rischio per le aree poste a valle dell'immissione del Vella. Ovviamente la portata scaricata in Iolo risulta pari a zero durante eventi brevi ed intensi, cresce per durate più lunghe in ragione del limitato volume di stoccaggio disponibile ma rimanendo sempre entro valori comunque compatibili con le condizioni di crisi dello Iolo ovvero molto al di sotto della portata oraria duecentennale di picco.

Si riportano di seguito le tabelle riassuntive degli scenari di progetto per eventi di 200 anni e durate variabili oltre ai grafici della variazione di portata a valle dell'immissione del Vella a seguito della realizzazione delle opere e delle curve di riempimento delle stesse.

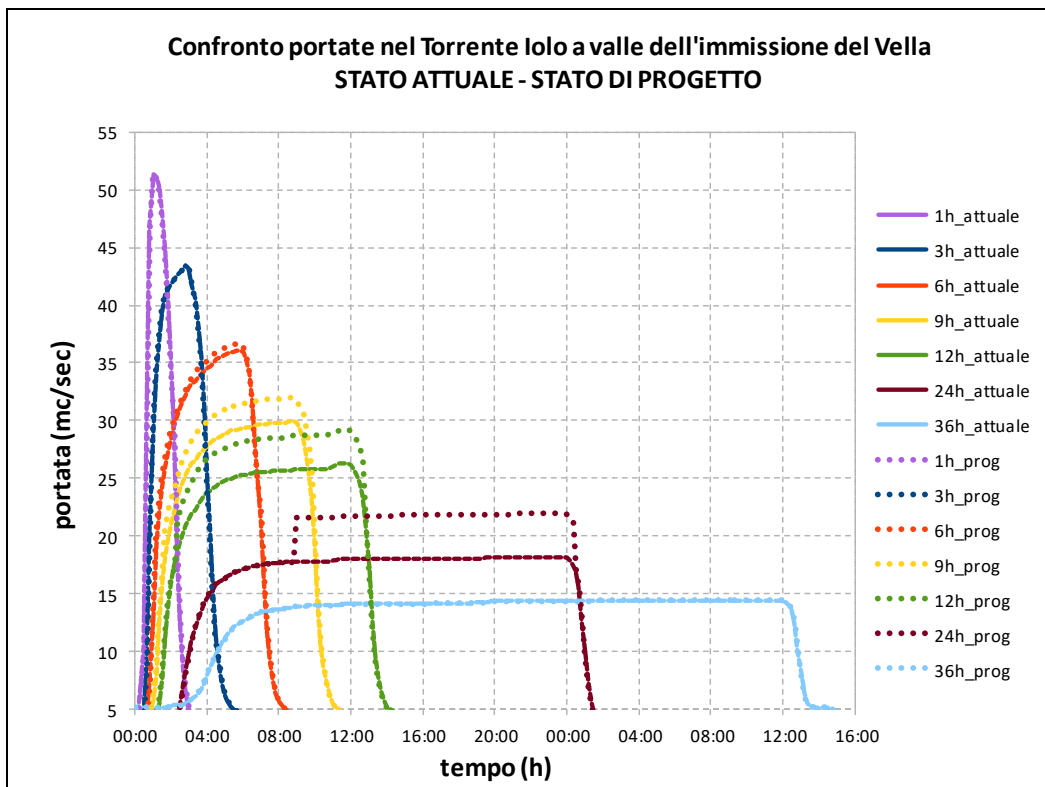


Figura 19: confronto portate nel Torrente Iolo a valle dell'immissione del Vella

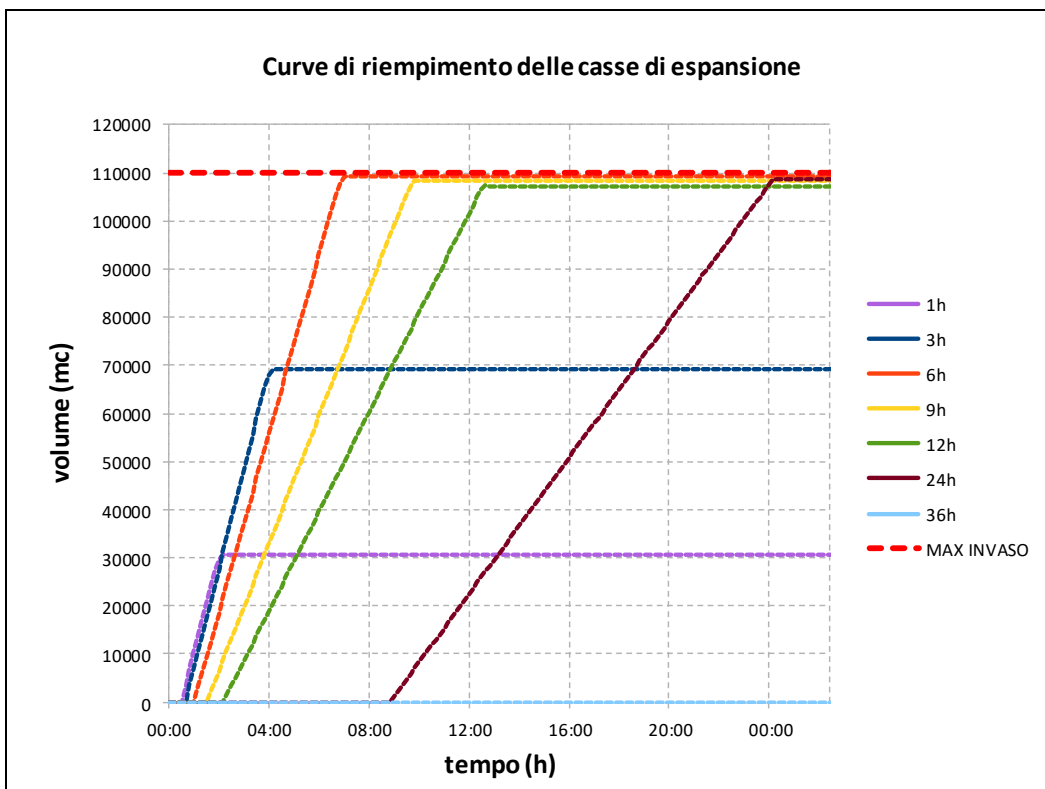


Figura 20: curve di riempimento delle casse di espansione

Scenario	Volume di invaso disponibil e	Portata Vella da monte	Portata scolmata da tubazione laterale dn600	Portata esondata stato attuale	Portata attuale scaricata in lolo a portella attivata	Durata interruzione di scarico stato attuale	Portata di picco in lolo stato attuale sezione valle inserimento Vella	Surplus di portata di picco scaricata in lolo a portella attivata	Portata di picco in lolo stato di progetto sezione valle inserimento Vella	Controllo sulla portata di picco duecentennale in lolo stato attuale nella sezione valle inserimento Vella	Portata ingresso casse espansione	Volume stoccato
h	mc	mc/sec	mc/sec	mc/sec	mc/sec	h	mc/sec	mc/sec	mc/sec	mc/sec	mc/sec	mc
36	110000	9.7	1.25	0	2.5	0:00	14.41	0	14.41	minore di 51.36	0	0
24	110000	9.7	1.25	5.77	2.5	15:30	18.13	3.8	21.93	minore di 51.36	1.97	108828
12	110000	9.7	1.25	5.77	2.5	10:40	26.28	2.9	29.18	minore di 51.36	2.87	107292
9	110000	9.7	1.25	5.77	2.5	8:30	29.89	2.1	31.99	minore di 51.36	3.67	108354
6	110000	9.7	1.25	5.77	2.5	6:00	36.09	0.6	36.69	minore di 51.36	5.17	109182
3	110000	9.7	1.25	5.77	2.5	3:30	43.41	0	43.41	minore di 51.36	5.77	69096
1	110000	9.7	1.25	5.77	2.5	1:50	51.36	0	51.36	minore di 51.36	5.77	30624

10 INTEGRAZIONI ALLO STUDIO A SEGUITO DELLA NOTA REGIONALE

Il presente paragrafo specifica nel dettaglio i punti di richiesta integrazioni aggiornati:

PIANO OPERATIVO

-punto f): è stato effettuato uno studio di fattibilità preliminare della opere relative alla messa in sicurezza del Fosso Vella nel tratto immediatamente a monte di Via della Pace al fine di mitigare il rischio per il complesso ospedaliero.

VARIANTE AL PIANO STRUTTURALE

-punto b): le cartografie dei battenti idraulici sono state estese fino ai limiti fisici dei comuni adiacenti, nello specifico l'area che riguarda il confine col Comune di Montemurlo in adiacenza al Fosso Ficarello e l'area che riguarda il Comune di Campi Bisenzio fino al rilevato autostradale della A11.

-punto c): in merito alla parte geometrica, idrogrammi di piena, profili longitudinali e sezioni trasversali si rimanda al modello idraulico che verrà fornito all'amministrazione. Si è provveduto ad effettuare una discussione dei risultati ottenuti individuando planimetricamente i tratti oggetto di esondazione. Gli sviluppi a campagna delle tracimazioni sono completamente consultabili mediante il modello idraulico che rappresenta le diverse tipologie di allagamento legate ai vari scenari di durata di pioggia;

-punto d): è stata ridefinita la scansione delle classi dei battenti idraulici rendendola compatibile con le esigenze derivate dalla legge 41/2018;

-punto e): sono stati ridefiniti i colori associati alle classi di battente e velocità al fine di migliorarne la leggibilità;

-punto h): è stato redatto uno specifico elaborato con l'individuazione grafica dei tratti tombati dei corsi d'acqua studiati desunti, dove è stato possibile da rilievi specifici, altrimenti da schemi fognari forniti dal gestore della rete o dal catasto storico regionale. Sono state rappresentate in un abaco le sezioni quotate di ingresso ed uscita dei suddetti tratti tombati.

-punto i): nell'elaborato di cui al punto precedente sono stati individuati anche i guadi.