

San Giovanni Valdarno  
Provincia di Arezzo

# PS

Variante generale

## Piano Strutturale

SINDACO

M. Tarchi

ASSESSORE ALLE  
POLITICHE T. e A.

dott. A. Farinelli

PROGETTAZIONE

arch. M. Brandolisio

arch. G. da Pozzo

arch. M. Sheurer

Aldo Rossi Associati - Milano

con arch. L. Imberti

arch. V. Disabato

Dir. Assetto del Territorio

ing. C. E. Tonelli

Dirigente LL.PP.

UFFICIO DI PIANO

arch. M. Ciuffreda

arch. A. Guida

collaboratori:

M. Baldini

D. del Cucina

CONSULENZE

geologia:

dott. geol. M. Sani

viabilità:

ing. L. Naldini

vegetazione:

dott. agr. M. Mugnai

SIT

dott. S. Maffei

RESPONSABILE DEL

PROCEDIMENTO

arch. V. Disabato

GARANTE

DELL'INFORMAZIONE

dott. D. Fabbri

SINDACO

dott. Maurizio Viligiardi

ASSESSORE

ALL'URBANISTICA

dott. Marco Spadaccio

PROGETTAZIONE

arch. Vito Disabato

arch. Angelica Guida

arch. Fabiano Lucaccini

arch. Sabrina Tozzini

CONSULENZE

Studi geologici ed idraulici:

dott. geol. Michele Sani

Terra & Opere s.r.l.

Idroprogetti s.r.l.

ing. Claudia Lombardi

RESPONSABILE DEL

PROCEDIMENTO

arch. Vito Disabato

GARANTE

DELL'INFORMAZIONE

dott.ssa Susanna

Benucci

dicembre 2013

## RELAZIONE IDROLOGICA- IDRAULICA

approvato con DCC n. 3 del 08/01/2014



## INDICE

1.	<i>Premessa</i> .....	2
1.1.	Dati di base utilizzati per l'implementazione dei modelli idraulici .....	2
2.	<i>Studi idrologici-idraulici di interesse effettuati sul territorio comunale</i> .....	4
2.1.	Studi sul fiume Arno .....	4
2.2.	Altri studi di riferimento .....	5
2.3.	Il sistema idraulico del comune di San Giovanni Valdarno .....	6
2.4.	La perimetrazione P.A.I. attuale .....	7
3.	<i>Studio idrologico</i> .....	9
3.1.	Gli scenari idrologici considerati nel modello $\beta$ .....	9
3.2.	Il modello Al.To. 2000 .....	10
3.2.1.	<i>Caratteristiche del modello Al.To. 2000</i> .....	10
3.2.2.	<i>Idrografia di AlTo2000 nel comune di San Giovanni Valdarno</i> .....	11
3.2.3.	<i>La valutazione delle portate di verifica</i> .....	11
3.3.	I tempi di ritorno di interesse per il modello $\beta$ .....	17
3.4.	Risultati sintetici della modellazione idrologica .....	17
3.5.	La condizione al contorno di valle .....	19
3.6.	Ulteriori condizioni al contorno.....	21
4.	<i>Studio idraulico dello stato attuale</i> .....	22
4.1.	Modellazione idraulica attraverso il software Hec-ras 4.0 .....	22
4.1.1.	<i>Il modello di moto vario utilizzato nelle simulazioni</i> .....	22
4.1.2.	<i>Equazioni di base per la modellazione in moto vario</i> .....	22
4.1.3.	<i>Condizioni al contorno del modello in moto vario</i> .....	23
4.1.4.	<i>Condizioni iniziali del modello in moto vario</i> .....	24
4.1.5.	<i>Criteri di suddivisione della sezione</i> .....	24
4.1.6.	<i>Valutazione delle perdite di carico per attrito</i> .....	25
4.1.7.	<i>Storage areas (aree di laminazione)</i> .....	26
4.1.8.	<i>Lateral weir (sfioratore laterale)</i> .....	26
4.2.	La schematizzazione geometrica .....	27
4.2.1.	<i>La scelta dei coefficienti di scabrezza</i> .....	27
4.2.2.	<i>Curve di vaso relative alle celle di fondovalle</i> .....	31
4.3.	Analisi dei risultati allo stato attuale .....	34
4.3.1.	<i>Borro San Cipriano e borro Forestello</i> .....	34
4.3.2.	<i>Borro Vacchereccia</i> .....	34
4.3.3.	<i>Borro della Madonna e borro dei Barulli</i> .....	35
4.3.4.	<i>Borro dei Frati, borro della Quercia e borro della Rigiaia</i> .....	36
4.3.5.	<i>Borro del Quercio</i> .....	37
4.3.6.	<i>Borro Riofi</i> .....	38
4.3.7.	<i>Borro delle Ville</i> .....	38
4.3.8.	<i>Borri della zona Pruneto</i> .....	39
5.	<i>Determinazione delle aree allagabili e delle carte di pericolosità</i> .....	40
5.1.	Metodologia per la definizione della cartografia delle aree allagabili e della pericolosità idraulica.....	40
5.2.	Verifiche al variare dei tempi di pioggia .....	40
5.3.	Considerazioni sui rapporti tra i modelli sviluppati e il P.A.I. del fiume Arno .....	43
6.	<i>Limiti dello studio e considerazioni finali</i> .....	44

## 1. Premessa

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di San Giovanni Valdarno, è stato redatto il presente studio idrologico-idraulico di supporto alla Variante Generale del Piano Strutturale e del Regolamento Urbanistico del comune di San Giovanni Valdarno (AR).

Tale studio è alla base anche della proposta di modifica e aggiornamento del Piano di Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno.

Per semplicità di lettura della relazione chiameremo:

**Modello  $\alpha$** : modello idraulico del fiume Arno e delle celle limitrofe di supporto al P.A.I.

**Modello  $\beta$** : modello idraulico dei tributari del fiume Arno sviluppato a supporto della variante al Piano Strutturale e al Regolamento Urbanistico del comune di San Giovanni Valdarno.

### 1.1. Dati di base utilizzati per l'implementazione dei modelli idraulici

Lo studio idrologico di supporto al modello, effettuato attraverso il software AI.To. 2000 ha interessato il reticolo oggetto di studio, con la sola esclusione del Fiume Arno, per il quale sono stati considerati i risultati del modello  $\alpha$ .

Le verifiche idrauliche di supporto al modello, eseguite in moto vario, su modelli realizzati attraverso il software Hec-ras 4.0, hanno interessato i seguenti corsi d'acqua (numerazione da valle verso monte, prima in sinistra e poi in destra idraulica dell'Arno):

<b>Corso d'acqua</b>	<b>Posizione</b>
01 Borro San Cipriano	Sinistra idraulica del fiume Arno
01.1 Borro Forestello	Affluente sx del Borro San Cipriano
02 Borro Vacchereccia	Sinistra idraulica del fiume Arno
03 Borro della Madonna	Sinistra idraulica del fiume Arno
03.1 Borro dei Barulli	Affluente sx del Borro della Madonna
04 Borro dei Frati	Sinistra idraulica del fiume Arno
04.1 Borro della Quercia	Affluente sx del Borro dei Frati
04.2 Borro della Rigiaia	Affluente dx del Borro dei Frati
05 Borro del Quercio	Sinistra idraulica del fiume Arno
06 Borro Riofi	Destra idraulica del fiume Arno
07 Borro delle Ville	Destra idraulica del fiume Arno
<b>Reticolo minore</b>	
08 Fosso del Pruneto e fossi limitrofi	Fossi a monte della zona Pruneto

Tabella 1 – Corsi d'acqua esaminati e loro posizione rispetto al corso d'acqua in cui confluiscono

La schematizzazione geometrica dei corsi d'acqua è stata basata su una serie di rilievi planoaltimetrici delle sezioni fluviali, alcuni già a disposizione del raggruppamento temporaneo, altri invece eseguiti a supporto della variante.

01 Borro San Cipriano	Rilievo già a disposizione del raggruppamento temporaneo - integrato
01.1 Borro Forestello	Rilievo eseguito a supporto della variante
02 Borro Vacchereccia	Rilievo già a disposizione del raggruppamento temporaneo - integrato
03 Borro della Madonna	Rilievo eseguito a supporto della variante
03.1 Borro dei Barulli	Rilievo eseguito a supporto della variante
04 Borro dei Frati	Rilievo eseguito a supporto della variante
04.1 Borro della Quercia	Rilievo eseguito a supporto della variante + acquisizione progetto
04.2 Borro della Rigiaia	Rilievo eseguito a supporto della variante
05 Borro del Quercio	Rilievo già a disposizione del raggruppamento temporaneo - integrato
06 Borro Riofi	Rilievo eseguito a supporto della variante
07 Borro delle Ville	Rilievo eseguito a supporto della variante
<b>Reticolo minore</b>	
08 Borri in zona Pruneto	Rilievo eseguito a supporto della variante

Tabella 2 – Fonte del rilievo dei corsi d'acqua esaminati

Inoltre nelle zone di interesse, le informazioni deducibili dal rilievo LIDAR della Regione Toscana e dalla cartografia regionale in scala 1:2000 (relativamente alle aree non coperte dal Lidar) sono state opportunamente inserite nei modelli idraulici, al fine di determinare celle di invaso statico o di transito delle portate in esondazione, sia nel caso in cui non fossero a disposizione le celle di invaso del modello  $\alpha$ , quindi nelle porzioni di monte dei modelli idraulici sviluppati, sia al fine di dettagliare le celle d'invaso del modello  $\alpha$ .

Altre informazioni essenziali per lo studio (stato di conservazione dell'alveo, stima dei parametri di resistenza al moto, individuazioni di situazioni locali di interesse ecc.) sono state acquisite attraverso sopralluoghi e rilievi in sito. Nel caso in cui i corsi d'acqua fossero già stati analizzati nel corso di studi precedenti (ad esempio nell'ambito dei Piani Strutturali dei comuni limitrofi) sono stati mantenuti, nella maggioranza dei casi, i parametri caratteristici individuati nelle verifiche pregresse.

Le verifiche idrologiche-idrauliche sono state redatte interamente in ottemperanza al Decreto del Presidente della Giunta Regionale 25 Ottobre 2011, n. 53/R – Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n.1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche, pubblicato il 2.11.2011 sul Bollettino Ufficiale della Regione Toscana – N. 51.

## **2. Studi idrologici-idraulici di interesse effettuati sul territorio comunale**

### **2.1. Studi sul fiume Arno**

Nel presente studio, per quanto riguarda il fiume Arno, sono stati utilizzati i dati forniti al comune di San Giovanni Valdarno dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno.

In particolare sono stati forniti:

- idrogrammi dei livelli per le sezioni del fiume Arno comprese tra la 862 e la 836 per  $T_r=200$ , 100 e 30 anni e per  $T_p=18$  ore,  $T_p=24$  ore e  $T_p=3$  ore;
- idrogrammi degli sfiori tra Arno e celle di esondazione comprese nel comune di San Giovanni Valdarno (con l'aggiunta degli sfiori tra Arno e celle limitrofe dei comuni confinanti - Figline Valdarno e Montevarchi) per  $T_r=200$ , 100 e 30 anni e per  $T_p=18$  ore e  $T_p=24$  ore;
- localizzazione delle celle di esondazione e degli sfiori (tra Arno e celle e tra celle) in formato .shp

Tali dati sono stati utilizzati nel modello  $\beta$  per la verifica delle condizioni di deflusso dei tributari del fiume Arno in caso di piena del fiume Arno stesso e per rivalutare se necessario, alla luce del nuovo quadro conoscitivo, i meccanismi di riempimento e svuotamento delle celle stesse.

Come detto in precedenza le curve d'invaso delle celle di esondazione e gli sfiori di collegamento tra le celle sono stati aggiornati mediante l'utilizzo delle informazioni ricavabili dal Lidar e dalla cartografia CTR 1:2000; andando pertanto ad aumentare il livello di precisione nell'analisi delle dinamiche di esondazione rispetto ai precedenti studi P.A.I.

Relativamente ai dati dell'andamento temporale dei livelli in Arno alla sezione di confluenza del borro San Cipriano, coerentemente con gli studi di supporto al Piano Strutturale di Figline, è stato fatto riferimento alle modellazioni idrauliche effettuate a supporto della progettazione preliminare delle casse di espansione "Restone", "Pizziconi", "Prulli di Sotto" e "Leccio", nello scenario "stato attuale" e nel modello "a scala provinciale".

## 2.2. Altri studi di riferimento

Gli altri studi esistenti a cui si fa riferimento nel corso del presente studio sono i seguenti:

- gli idrogrammi di piena per vari tempi di ritorno e tempi di pioggia del borro San Cipriano sono stati forniti dall'Autorità di Bacino dell'Arno;
- per l'acquisizione delle sezioni allo stato attuale del borro San Cipriano nel tratto a valle della confluenza con il borro Forestello: *Variante generale al Piano Strutturale del comune di Figline Valdarno*;
- per l'acquisizione delle sezioni allo stato attuale del borro Vacchereccia nel tratto a valle di via Ponte alle Forche: *Progetto per l'installazione di un impianto di selezione, lavaggio e frantumazione degli inerti e di un impianto per il confezionamento del calcestruzzo. Redazione delle verifiche idrologiche-idrauliche di supporto al progetto*;
- per l'acquisizione delle sezioni allo stato attuale del borro Quercio nel tratto a monte della linea ferroviaria: *Variante generale al Piano Strutturale del comune di Montevarchi*;

### 2.3. Il sistema idraulico del comune di San Giovanni Valdarno

Il sistema idraulico del comune di San Giovanni Valdarno è caratterizzato a nord dalla presenza del fiume Arno che scorre in direzione sud-est → nord-ovest e da una serie di affluenti in sinistra idraulica del fiume Arno stesso, che scorrono prevalentemente in direzione ortogonale all'Arno e da alcuni affluenti in destra idraulica che nel tratto di valle rientrano nel comune di San Giovanni Valdarno.

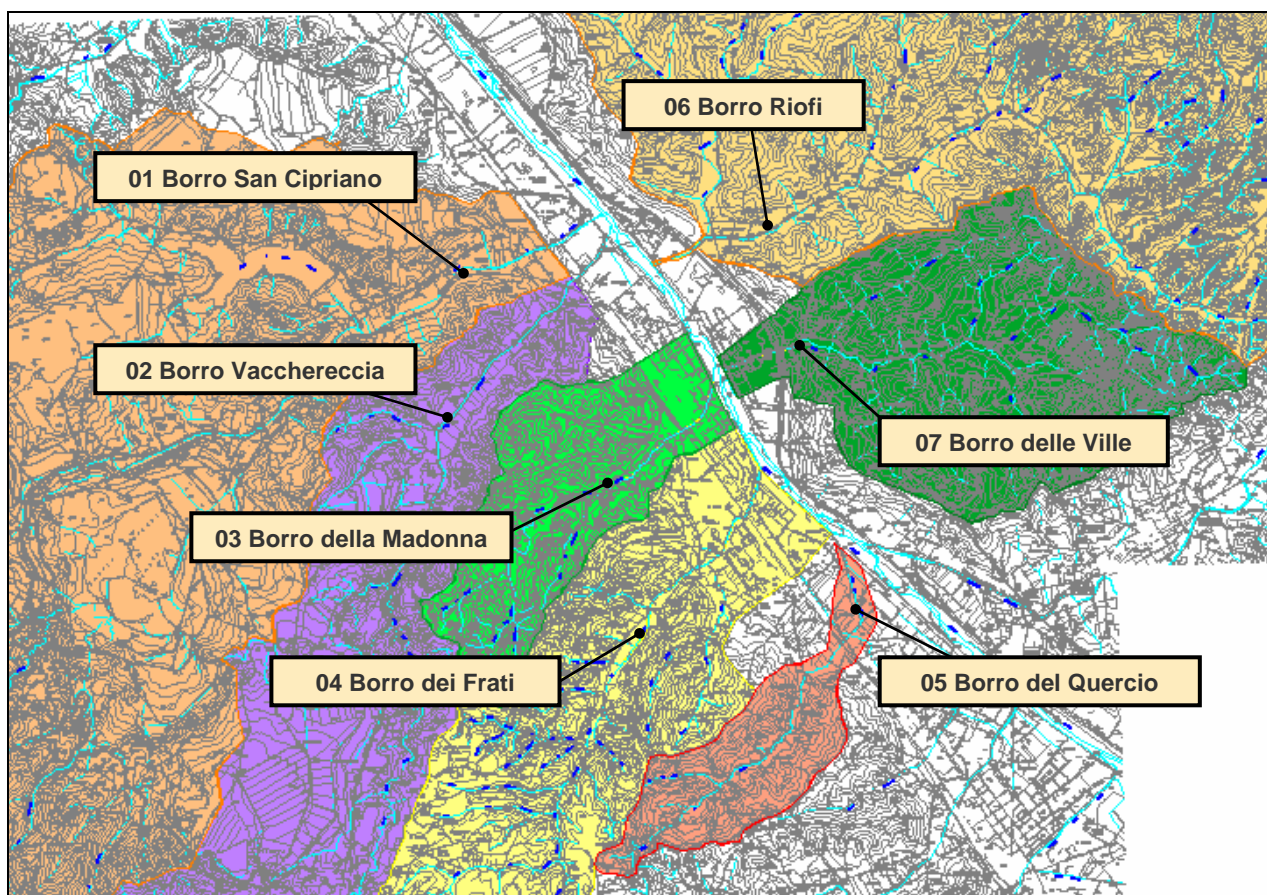


Figura 1 - Il sistema idrografico del comune di San Giovanni Valdarno - con i diversi retini sono indicati i bacini di ciascun corso d'acqua principale affluente dell'Arno.



## 2.4. La perimetrazione P.A.I. attuale

In questo paragrafo si riportano alcuni estratti a livello informativo della perimetrazione redatta a supporto del Piano di Assetto Idrogeologico dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno.

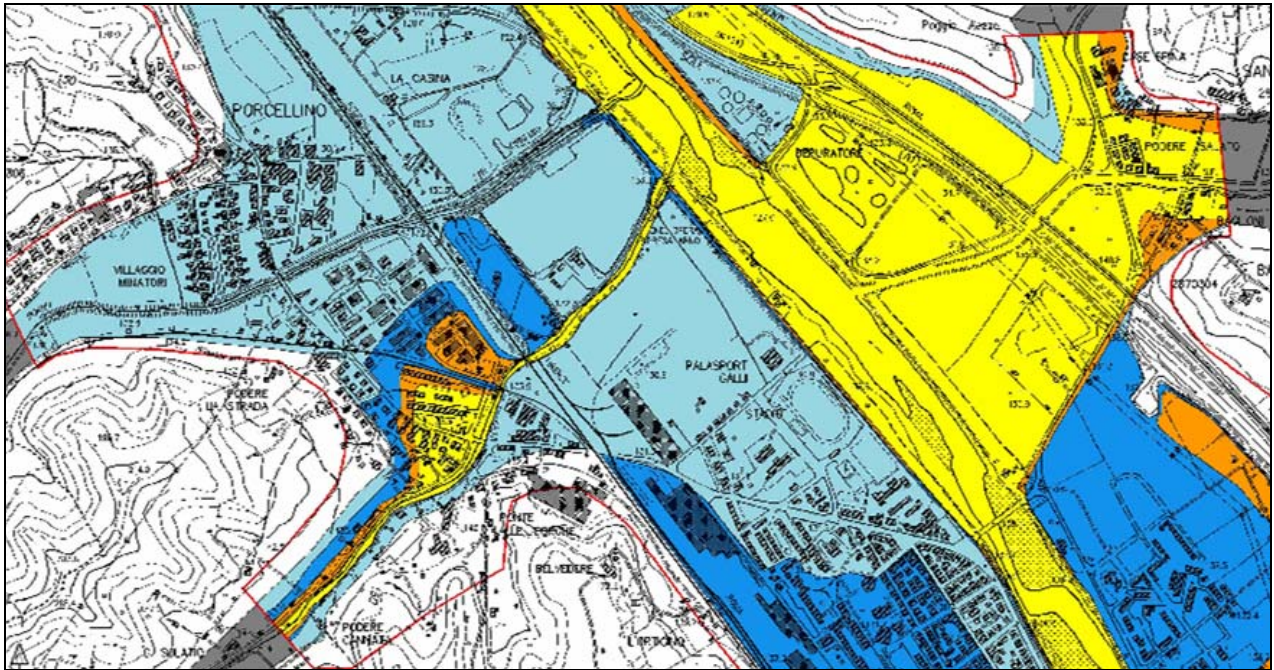


Figura 2 – Area Borro San Cipriano, Borro Vacchereccia in sx dell'Arno e Borro Riofi in dx

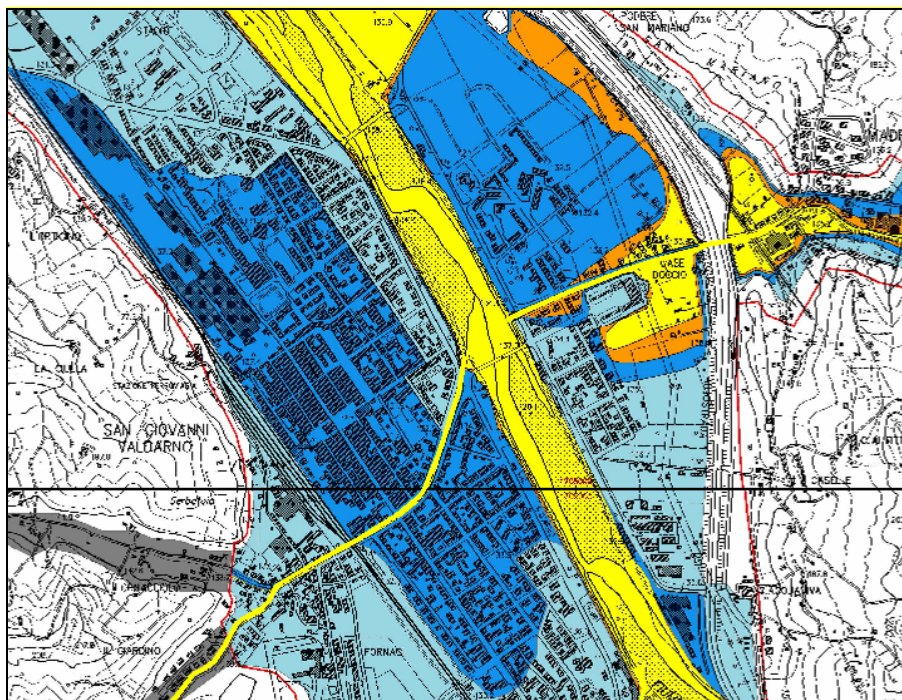


Figura 3 – Area Borro della Madonna in sx dell'Arno e Borro delle Ville in dx

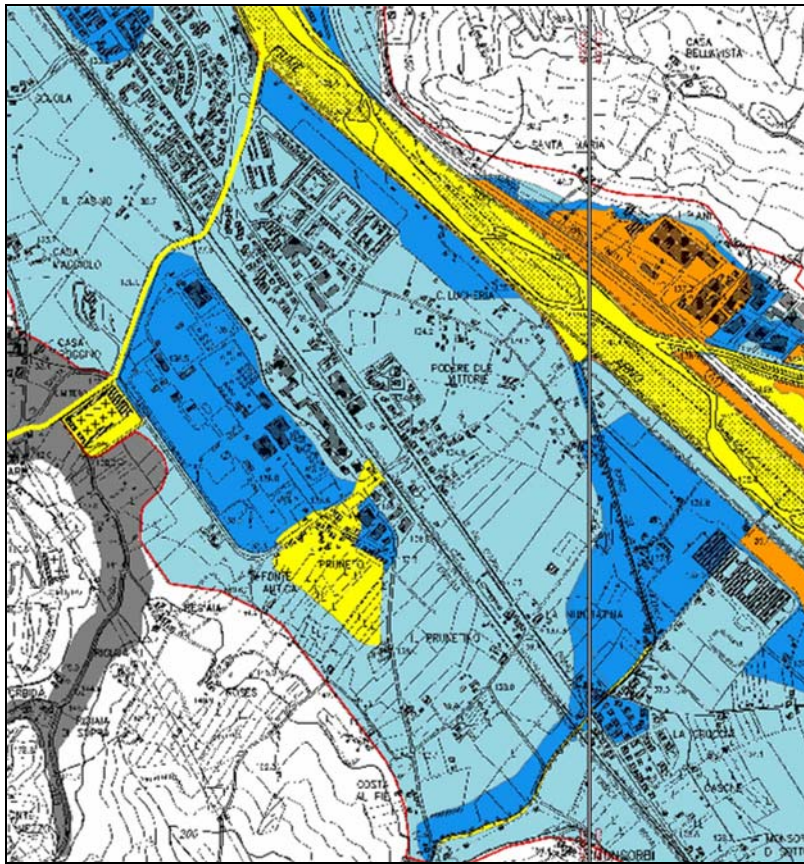


Figura 4 – Area Borro dei Frati e Borro Quercio in sx dell’Arno

### 3. Studio idrologico

#### 3.1. Gli scenari idrologici considerati nel modello $\beta$

Le finalità dello studio hanno comportato la necessità di caratterizzare dal punto di vista idrologico i vari tronchi di interesse del reticolo in studio, al fine di valutare le capacità di deflusso attuali e le volumetrie esondate per i diversi scenari oggetto di verifica.

Gli scenari idrologici considerati nel modello  $\beta$  sono stati scelti con l'intento di realizzare condizioni di evento critico per ogni tratto compreso.

Secondo quanto espresso in premessa, la caratterizzazione idrologica è stata così dettagliata con riferimento a diversi sottobacini corrispondenti alle diverse sezioni di chiusura, individuabili all'interno del software AITo2000.

In particolare, in relazione alle criticità del territorio, sono stati individuati tre scenari di verifica:

- A) il primo scenario è relativo alle condizioni di deflusso maggiormente critico per i borri oggetto di studio (pertanto sono stati prodotti idrogrammi relativi al tempo di pioggia critico per i vari sottobacini di interesse);
  - a1 relativo alle condizioni di deflusso maggiormente critico per i borri direttamente affluenti del fiume Arno;
  - a2 relativo alle condizioni di deflusso maggiormente critico per i borri minori affluenti dei borri principali;
- B) il secondo scenario, affrontato sempre per tutti i corsi d'acqua tributari, si riferisce invece alle condizioni critiche di scarico in Arno, che avvengono in concomitanza con la piena critica del fiume Arno, che si attesta su un tempo di pioggia pari alle 18 ore.
- C) il terzo e ultimo scenario, si riferisce alle condizioni critiche per  $T_p=24$  ore, per valutare, oltre alle condizioni critiche per i battenti massimi in Arno, anche le condizioni che comportano maggiori volumi degli idrogrammi di piena lungo il tratto di studio.

Per quanto riguarda lo scenario di tipo A – condizioni critiche sui tributari, le condizioni al contorno di monte, sono costituite dagli idrogrammi di piena desunti dal modello Al.To. 2000, così come meglio specificato nei paragrafi seguenti; mentre le condizioni al contorno di valle sono state scelte pari ai battenti dell'Arno per un tempo di pioggia di tre ore, forniti dall'Autorità di Bacino del fiume Arno.

Per quanto riguarda lo scenario di tipo B – condizioni critiche sul fiume Arno, le condizioni al contorno di monte sono date sempre dagli idrogrammi di piena desunti dal modello AI.To. 2000, introducendo come forzante il tempo di pioggia pari a 18 ore. Per quanto riguarda la condizioni al contorno di valle sono costituite dai livelli del fiume Arno per eventi critici ( $T_p=18$  ore) nelle sezioni prossime alla confluenza.

Per quanto riguarda lo scenario di tipo C – condizioni critiche sul fiume Arno, le condizioni al contorno di monte sono date sempre dagli idrogrammi di piena desunti dal modello AI.To. 2000, introducendo come forzante il tempo di pioggia pari a 24 ore. Per quanto riguarda la condizioni al contorno di valle sono costituite dai livelli del fiume Arno per eventi critici ( $T_p=24$  ore) nelle sezioni prossime alla confluenza.

La scelta della condizioni al contorno sarà esplicitata nel dettaglio nei paragrafi seguenti.

La pericolosità idraulica del territorio sarà valutata dalla combinazione dei vari scenari (A1, A2, B e C) del modello  $\beta$ , inserendo la pericolosità maggiore tra quelle da essi determinate.

## **3.2. Il modello AI.To. 2000**

### *3.2.1. Caratteristiche del modello AI.To. 2000*

La Regionalizzazione delle portate di piena (PIN, 1997) ha prodotto uno strumento che permette la determinazione delle portate al colmo e del corrispondente tempo di ritorno, per una sezione generica del reticolo idrografico naturale toscano. La stima è condotta attraverso una modellazione afflussi-deflussi basata sull'idrogramma istantaneo unitario di tipo geomorfologico (GIUH). La modellazione si basa sull'analisi statistica delle caratteristiche pluviometriche locali e sulla stima dell'intercettazione iniziale e delle perdite per infiltrazione. Infine, determinando la durata di pioggia che massimizza, per un assegnato tempo di ritorno, la portata al colmo, sono individuabili gli idrogrammi di piena per ogni sezione di verifica.

Rispetto alla versione precedente (AITo), il software AITo2000 presenta una maggiore versatilità, sia nella scelta delle durate di pioggia per le quali effettuare le elaborazioni idrologiche, sia per le sezioni di chiusura in corrispondenza delle quali calcolare gli idrogrammi.

3.2.2. *Idrografia di AITo2000 nel comune di San Giovanni Valdarno*

Nell'immagine seguente si riporta un estratto dal software AITo per la localizzazione del reticolo idrografico.

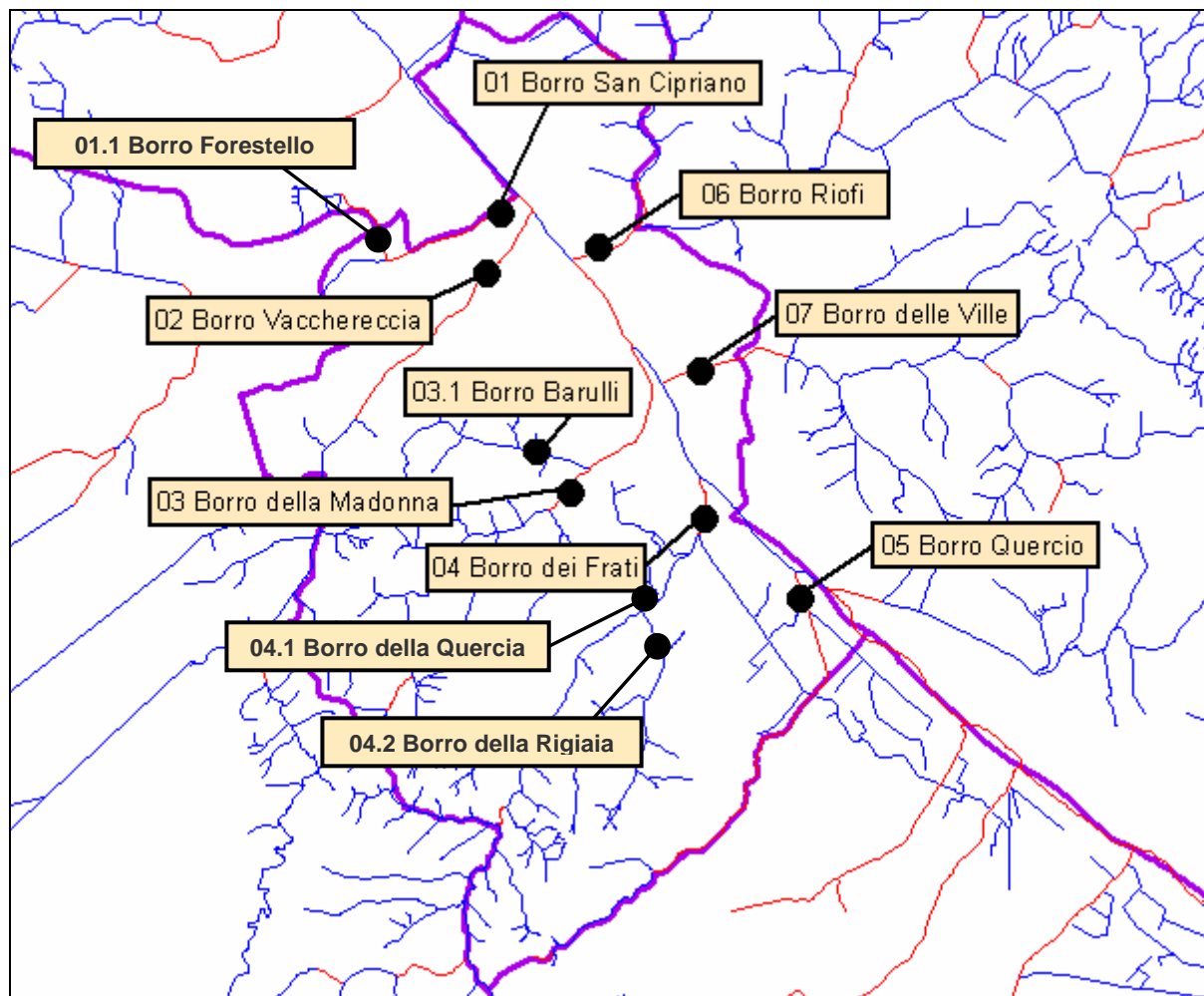


Figura 5 – schema del reticolo idrografico del comune di San Giovanni Valdarno estratto dal software AITo

3.2.3. *La valutazione delle portate di verifica*

Il software Al.To. 2000, per ogni sezione di chiusura, individua tutti i parametri del bacino necessari al calcolo degli idrogrammi, attraverso una propria procedura per la determinazione del bacino idrologico. Ma per

i corsi d'acqua di minore entità (mediamente per quelli con bacino inferiore a 10 kmq) il programma Al.To. 2000 sovrastima le aree dei bacini. Nel presente studio pertanto le superfici dei bacini imbriferi sono state ricalcolate in base alla cartografia CTR 1:10'000, allo scopo di correggere eventuali errori derivanti dalla definizione della griglia del modello AlTo. Le aree così ottenute sono state poi reinserite nella routine di calcolo del software Al.To. 2000.

Nel caso particolare dei borri San Cipriano e Vacchereccia persiste un certo livello d'incertezza circa la reale dimensione delle rispettive superfici scolanti e del comune spartiacque, in relazione alle modifiche morfologiche del bacino minerario di Santa Barbara. Relativamente al Borro San Cipriano i dati di portata sono stati forniti dall'Autorità di Bacino dell'Arno, mentre per quanto riguarda il borro Forestello e il borro Vacchereccia si è optato per l'assunzione cautelativa della superficie definita dal modello AlTo.

Nome	Sezione di chiusura <sup>1</sup>	SUPERFICIE BACINO (KMQ)	
		Calcolata con AlTo2000	Calcolata su CTR
01 Borro San Cipriano	SC1	37.1	\
01.1 Borro Forestello	FO1	1.0	\
02 Borro Vacchereccia	VA1	28.2	\
03 Borro della Madonna	MA1	5.80	4.48
03.1 Borro dei Barulli	BA1	1.58	0.96
04 Borro dei Frati	FR1	11.44	9.62
04.1 Borro della Quercia	QA1	1.23	0.58
04.2 Borro della Rigiaia	RG1	2.11	1.28
05 Borro del Quercio	QU1	4.22	2.66
06 Borro Riofi	RI1	43.82	41.60
07 Borro delle Ville	VI1	10.03	8.90

Tabella 3 – Aree dei bacini modificate rispetto ad Al.To. 2000 (ricalcolata in base alla cartografia di maggior dettaglio disponibile)

---

<sup>1</sup> Per la localizzazione delle sezioni di chiusura si rimanda alle planimetrie riportate in Figura 6 e Figura 7

Nella seguente tabella si riportano i parametri disponibili in AITo caratteristici dei bacini suddetti.

ID	Codice	Nome	Area	la	Ks	N	K	Cpp_a1	Cpp_n1	Cpp_m1	Cpp_a	Cpp_n	Cpp_m
43147	170	01 Borro San Cipriano <sup>2</sup>	37.136	13.838	1.177	1.65	1.273	20.929	0.274	0.18	20.432	0.316	0.225
43148	83	01.1 Borro Forestello	1.04	9.592	0	1.66	0.147	19.989	0.214	0.19	20.375	0.319	0.234
44751	492	02 Borro Vacchereccia	28.16	16.214	1.814	2.522	1.041	24.019	0.427	0.15	21.309	0.302	0.199
45583	366	03 Borro della Madonna	4.48	11.308	1.444	2.474	0.284	23.659	0.451	0.15	20.597	0.307	0.199
45193	366	03.1 Borro dei Barulli	0.96	3.3	0.517	2.348	0.158	23.659	0.451	0.15	20.597	0.307	0.199
46000	339	04 Borro dei Frati	9.62	11.762	1.168	2.785	0.364	22.713	0.409	0.15	20.225	0.319	0.204
46383	339	04.1 Borro della Quercia	0.58	3.3	0	2.07	0.16	23.659	0.451	0.15	20.597	0.307	0.199
46829	0	04.2 Borro della Rigiaia	1.28	5.133	0.388	2.131	0.218	22.293	0.39	0.15	20.06	0.324	0.206
46505	144	05 Borro del Quercio	2.66	7.876	0.388	1.829	0.411	19.901	0.283	0.16	19.119	0.354	0.218
43153	434	06 Borro Riofi	41.6	10.604	0.815	2.344	0.866	20.984	0.288	0.17	20.274	0.319	0.223
44392	505	07 Borro delle Ville	8.9	7.194	0	2.395	0.45	22.221	0.387	0.15	20.031	0.325	0.206

Tabella 4 – Riepilogo dei parametri idrologici disponibili nel modello AI.To. 2000 (con le aree dei bacini ricalcolate per alcuni corsi d'acqua)

<sup>2</sup> Dati non utilizzati nel calcolo degli idrogrammi critici in quanto per gli idrogrammi di piena è stato fatto riferimento ai dati forniti dall'Autorità di Bacino

Relativamente ai fossi in zona Pruneto, data la ridottissima dimensione dei loro bacini, il software AITo non dispone di alcun dato, di conseguenza le superfici dei bacini sono state calcolate sulla base della cartografia e risultano le seguenti:

Nome	Sezione di chiusura	Superficie bacino (kmq)
08 Fosso Pruneto	Pr1	0.14
08.1 Fosso 1	F1.1	0.08
08.2 Fosso 2	F2.1	0.03

Tabella 5 – Aree dei bacini dei tre fossi in zona Pruneto calcolate in base alla cartografia

Per questi tre corsi d'acqua minori gli idrogrammi di piena sono stati calcolati attraverso un modello geomorfologico GIUH, utilizzando come valori caratteristici della curva di possibilità pluviometrica i parametri relativi al bacino del borro della Quercia, scelto sia per la vicinanza che per le ridotte dimensioni del suo bacino.

Per ulteriore verifica sono stati calcolati i coefficienti udometrici ottenuti con il modello GIUH relativamente al fosso Pruneto e sono stati confrontati con quelli relativi al borro della Quercia e della Rigiaia. Dalla tabella seguente si evince come il modello GIUH fornisca valori dei coefficienti udometrici in linea con i risultati di AITo.

Corso d'acqua	Metodo di calcolo	Superficie bacino (kmq)	Coefficienti udometrici (mc/s / kmq)		
			Tr = 200 anni	Tr = 100 anni	Tr = 30 anni
Borro della Rigiaia	AITo	2.1	7.61	6.81	5.60
Borro della Quercia	AITo	1.2	8.00	7.17	5.94
Fosso Pruneto	GIUH	0.14	9.04	7.87	6.20

Tabella 6 – Confronto dei coefficienti udometrici ottenuti con il GIUH e con AITo

Sono stati così ricavati gli idrogrammi di tutti i torrenti in esame nelle varie sezioni di chiusura, localizzate nelle immagini seguenti, per i vari tempi di ritorno e tempi di pioggia di interesse. Tali idrogrammi sono riportati in modo completo in allegato alla relazione.



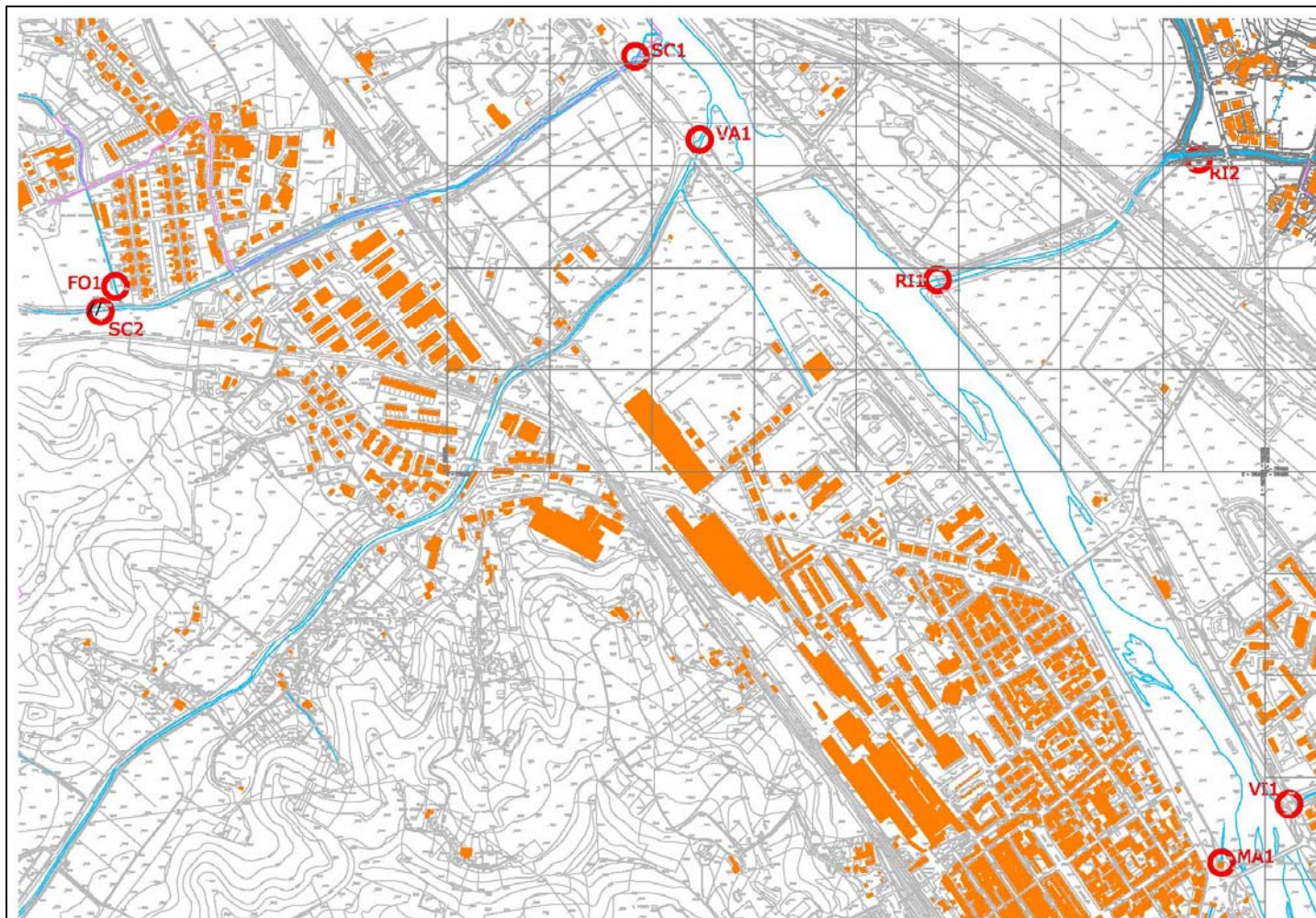


Figura 6 – Sezioni di chiusura del Borro San Cipriano e del suo affluente sx Borro Forestello, del Borro Vacchereccia (in sx dell’Arno); del Borro Riofi (in dx dell’Arno)

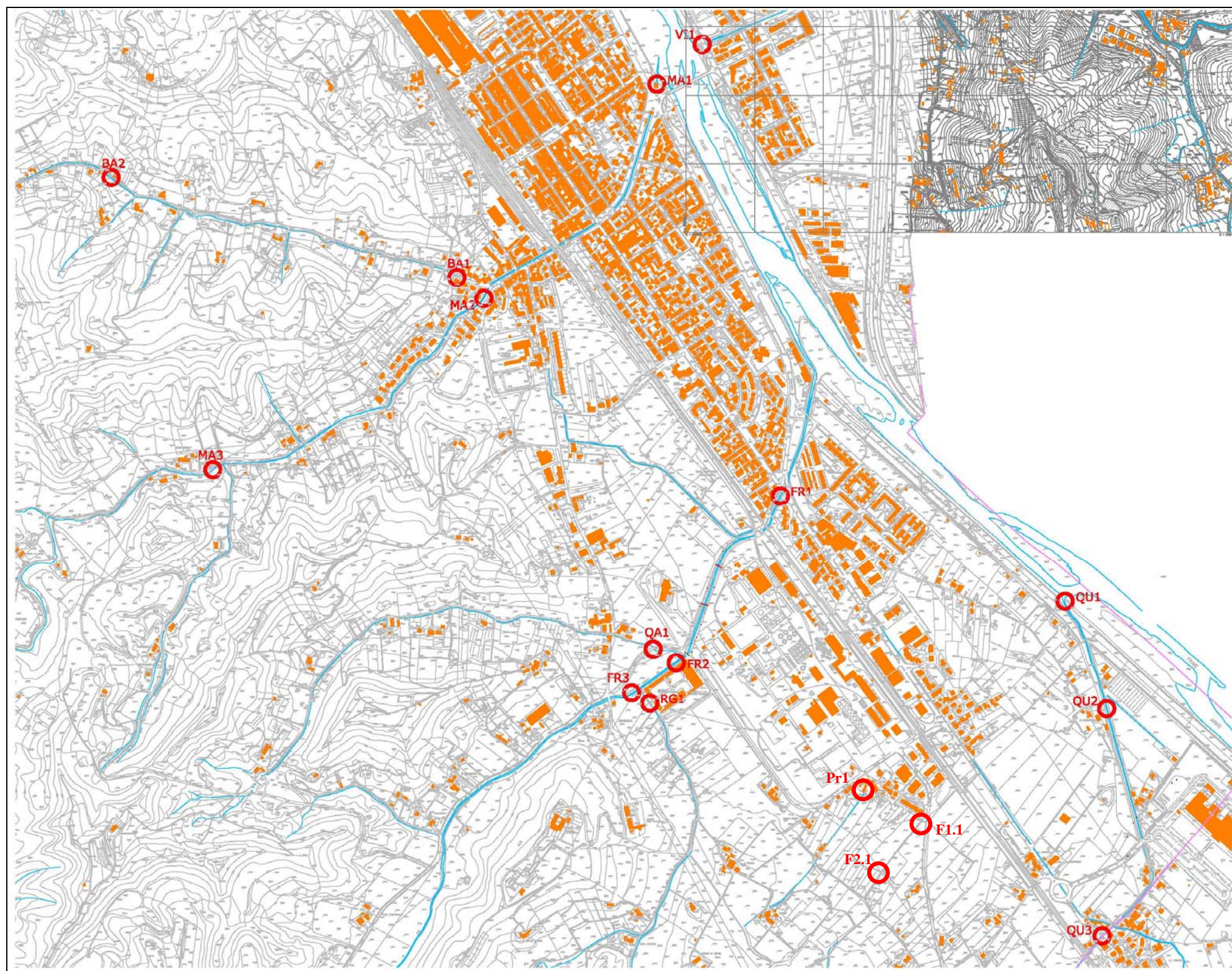


Figura 7 – Sezioni di chiusura del Borro della Madonna e del suo affluente sx Borro Barulli, del Borro dei Frati e dei suoi affluenti Borro della Quercia e Borro Rigiaia, del Borro del Quercio, dei fossi in zona Pruneto (in sx dell'Arno); del Borro delle Ville (in dx dell'Arno)

### 3.3. I tempi di ritorno di interesse per il modello $\beta$

Per quanto riguarda i tempi di ritorno di interesse si fa riferimento al Decreto del Presidente della Giunta Regionale 25 Ottobre 2011, n. 53/R, per cui sono necessari gli studi idraulici per:

- Tr=200 anni e Tr=30 anni al fine di eseguire la classificazione di pericolosità idraulica per il Piano Strutturale;

Inoltre per la proposta di modifica al Piano di Assetto Idrogeologico sono state eseguite le verifiche idrauliche anche per Tr=100 anni.

### 3.4. Risultati sintetici della modellazione idrologica

Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati sintetici della modellazione idrologica in termini di portata massima al colmo di piena.

Portate massime al colmo di piena - scenario A1				
Corso d'acqua	Sezioni di chiusura	Tr200	Tr100	Tr30
01 Borro San Cipriano	SC2	124.6	96.0	57.7
01.1 Borro Forestello	FO1	9.9	8.5	6.4
02 Borro Vacchereccia	VA1	119.0	100.0	72.6
03 Borro della Madonna	MA1	41.2	36.7	29.3
03.1 Borro dei Barulli	BA1	12.5	11.2	8.8
04 Borro dei Frati	FR1	74.0	65.5	52.6
04.1 Borro della Quercia	QA1	8.2	7.3	6.1
04.2 Borro della Rigaia	RG1	10.0	8.9	7.4
05 Borro del Quercio	QU1	30.1	25.4	18.9
06 Borro Riofi	RI1	236.1	198.4	145.7
07 Borro delle Ville	VI1	67.8	60.6	49.8

Tabella 7 – Portate massime al colmo (mc/s) nello scenario A1 – tempo critico per ciascun affluente del fiume Arno

Corso d'acqua	Sezioni di chiusura	Tr200	Tr100	Tr30
08 Fosso Pruneto	Pr1	1.27	1.10	0.87
08.1 Fosso 1	F1.1	0.80	0.70	0.55
08.2 Fosso 2	F2.1	0.25	0.22	0.17

Tabella 8 – Portate massime al colmo (mc/s) nello scenario critico per i fossi minori in zona Pruneto

Portate massime al colmo di piena - scenario A2				
Corso d'acqua	Sezioni di chiusura	Tr200	Tr100	Tr30
01 Borro San Cipriano	SC2	72.3	53.5	29.1
01.1 Borro Forestello	FO1	26.7	22.4	16.3
03 Borro della Madonna	MA1	30.2	26.5	20.7
03.1 Borro dei Barulli	BA1	15.1	13.5	11.1
04 Borro dei Frati	FR1	61.1	53.2	41.1
04.1 Borro della Quercia	QA1	9.6	8.6	7.1
04.2 Borro della Rigiaia	RG1	16.0	14.3	11.8

Tabella 9 – Portate massime al colmo (mc/s) nello scenario A2 – tempo critico per i borri minori affluenti dei borri principali

Nel calcolo degli idrogrammi alle varie sezioni di chiusura è stato seguito il seguente criterio: la portata che il software AITo fornisce per ogni corso d'acqua principale in corrispondenza della sezione di chiusura 'XX1' (ovvero la confluenza nell'Arno) è stata imposta come condizione vincolante; quindi le portate dei vari input e inflow di monte sono state calcolate in modo tale che la loro somma corrispondesse sempre all'idrogramma conclusivo.

In particolare nello scenario A1 il tempo di pioggia critico alla sezione di chiusura 'XX1' è stato imposto come forzante per il calcolo degli idrogrammi nelle diverse sezioni di chiusura del borro principale, mentre i contributi degli affluenti minori sono stati ricavati per differenza.

Mentre nello scenario A2 sono stati calcolati gli idrogrammi critici per ciascun borro minore e il corrispondente tempo di pioggia critico è stato imposto nel calcolo dell'idrogramma alla sezione di chiusura 'XX1'. Gli idrogrammi nelle altre sezioni di chiusura del borro principale sono stati ricavati per differenza.

Relativamente al borro San Cipriano, dato che gli idrogrammi forniti dall'Autorità di Bacino corrispondono ad una sezione di chiusura a monte della confluenza del borro Forestello (SC2), è stata seguita la seguente metodologia:

- scenario A1 – come idrogrammi di monte del borro San Cipriano sono stati utilizzati quelli forniti dall'Autorità di Bacino ( $T_p=3h$ ) e come idrogrammi del borro Forestello quelli ricavati con AITo per il tempo di pioggia critico del San Cipriano ( $T_p=3h$ ).
- scenario A2 – come idrogrammi di monte del borro Forestello sono stati utilizzati quelli ricavati da AITo ( $T_p=0.5h$ ) e come idrogrammi di monte del borro San Cipriano quelli ricavati con AITo per il tempo di pioggia critico del Forestello ( $T_p=0.5h$ ), ridotti in funzione del rapporto tra i picchi forniti dall'Autorità di Bacino e i valori massimi calcolati con AITo nel suo scenario critico ( $T_p=3h$ ).

Negli scenari B e C i modelli di verifica per semplicità si limitano al tratto di valle, poiché è l'unico tratto che può risentire del rigurgito da parte dell'Arno, pertanto anche negli allegati idrologici si riportano solo gli idrogrammi del tratto di valle.

Portate massime al colmo di piena - scenario B				
Corso d'acqua	Sezioni di chiusura	Tr200	Tr100	Tr30
01 Borro San Cipriano	SC1	79.4	64.7	45.3
02 Borro Vacchereccia	VA1	48.3	40.5	29.3
03 Borro della Madonna	MA1	8.6	7.3	5.5
04 Borro dei Frati	FR1	19.0	16.1	12.0
05 Borro del Quercio	QU1	6.6	5.7	4.3
06 Borro Riofi	RI1	90.4	76.3	56.5
07 Borro delle Ville	VI1	20.3	17.8	13.9

Tabella 10 – Portate massime al colmo di piena (mc/s) nello scenario B – tempo critico per il fiume Arno (Tp=18 ore)

Portate massime al colmo di piena - scenario C				
Corso d'acqua	Sezioni di chiusura	Tr200	Tr100	Tr30
01 Borro San Cipriano	SC1	68.1	55.9	38.7
02 Borro Vacchereccia	VA1	37.6	31.2	21.9
03 Borro della Madonna	MA1	6.8	5.8	4.3
04 Borro dei Frati	FR1	15.1	12.8	9.4
05 Borro del Quercio	QU1	5.5	4.7	3.5
06 Borro Riofi	RI1	73.6	61.9	45.5
07 Borro delle Ville	VI1	16.9	14.7	11.5

Tabella 11 – Portate massime al colmo di piena (mc/s) nello scenario C – tempo critico per il fiume Arno (Tp=24 ore)

### 3.5. La condizione al contorno di valle

Per quanto riguarda la condizione di valle è stata imposta uguale ai livelli nel tempo (Stage hydrograph) dell'Arno, forniti dall'Autorità di Bacino. Per lo scenario di tipo A1 sono stati assunti i livelli dell'Arno con Tp 3 ore, poiché è la durata dell'evento che meglio caratterizza i corsi d'acqua principali, il cui tempo di pioggia critico è proprio intorno alle 3 ore, ed è un condizione nettamente cautelativa per gli altri fossi che hanno tempo di pioggia inferiore.

Nel caso degli scenari critici sui borri minori affluenti dei borri principali (scenario A2) è stata assunta come condizione di valle l'andamento nel tempo dei battenti dell'Arno per  $T_p=3h$  e  $T_r=30$  anni.

Per lo scenario di tipo B, invece, sono stati assunti come condizione di valle i livelli nel tempo per i vari tempi di ritorno per eventi con  $T_p=18$  ore, per lo scenario di tipo C, infine, i livelli associati a  $T_p=24$  ore.

Relativamente ai fossi della zona Pruneto è stata assunta la pendenza di moto uniforme ricavabile dal profilo.

Il fiume Arno interessa il territorio comunale di San Giovanni Valdarno nel tratto che va dalla sezione 862 alla sezione 836. Nella tabella seguente si riportano i risultati in termini di livelli massimi dei battenti forniti dall'Autorità di Bacino nelle sezioni indicate:

Tratto: v1 (Valdarno Superiore (1) tratto Montevarchi - Incisa)				
Sezione Arno	H 30	H 100	H 200	Immissione Borro
	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	
860	136.45	137.36	137.81	BORRO QUERCIO
855	134.72	135.55	135.99	BORRO DEI FRATI
845	132.95	133.84	134.29	BORRO DELLA MADONNA e BORRO DELLE VILLE
839	131.48	132.29	132.69	BORRO RIOFI
837V	129.80	130.81	131.31	BORRO VACCHERECCIA
836	129.44	130.48	130.98	BORRO SAN CIPRIANO

Tabella 12 – Battenti massimi utilizzati come condizioni di valle al colmo di piena nello scenario B – tempo critico per il fiume Arno ( $T_p=18$  ore)

### 3.6. Ulteriori condizioni al contorno

Nelle celle di valle dei vari modelli di verifica sono stati inseriti i contributi di eventuali esondazioni dirette dall'Arno i cui idrogrammi sono stati forniti per i diversi tempi di ritorno e di pioggia dall'Autorità di Bacino.

Sulla base della localizzazione degli sfiori tra Arno e celle di esondazione comprese nel comune di San Giovanni Valdarno fornita dall'Autorità di Bacino è stato possibile definire a quali celle contribuiscono tali esondazioni.

Dalla seguente tabella, dove si riportano le celle interessate da tali contributi e i relativi scenari, si evince che l'Arno all'interno del territorio comunale di San Giovanni sormonta i propri argini solo per eventi con tempo di ritorno duecentennale.

<b>Cella</b>	<b>Posizione</b>	<b>Sezione d'esondazione dell'Arno</b>	<b>Tempi di ritorno</b>	<b>Tempi di pioggia</b>
V1_040_2	Sinistra idraulica	859 – 858 - 857	200 anni	18 h – 24 h
V1_016	Sinistra idraulica	852	200 anni	18 h – 24 h
V1_015_1	Destra idraulica	856	200 anni	18 h
V1_041	Destra idraulica	841	200 anni	18 h

Tabella 13 – Celle di esondazione diretta dall'Arno nei diversi scenari

#### 4. Studio idraulico dello stato attuale

##### 4.1. Modellazione idraulica attraverso il software Hec-ras 4.0

###### 4.1.1. Il modello di moto vario utilizzato nelle simulazioni

La modellazione idraulica è stata effettuata attraverso il software Hec-Ras (River Analysis System) versione 4.0 sviluppata dall' U.S. Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center.

Le modellazioni idrauliche sono state eseguite in moto vario. Di seguito si riportano alcune delle caratteristiche di base del modello in moto vario.

Il sistema di equazioni implementato in Hec-ras per le simulazioni in moto vario è capace di ricostruire i profili idraulici attraverso una rete di canali aperti.

Le equazioni del solutore in moto vario sono state adattate dal modello UNET del Dr. Robert L. Barkau (Barkau, 1992 and HEC, 1997). I calcoli idraulici per sezioni, ponti, culvert e altre strutture idrauliche che sono stati sviluppati nel modulo in moto permanente sono stati incorporati nel modulo in moto vario. Inoltre, la componente in moto vario ha la capacità di modellare aree/casse di espansione e le connessioni idrauliche tra alveo e casse e tra cassa e cassa.

Vengono di seguito descritte brevemente le principali caratteristiche del programma di calcolo automatico impiegato per la determinazione del profilo della corrente a pelo libero.

###### 4.1.2. Equazioni di base per la modellazione in moto vario

Le leggi fisiche che governano il flusso in un corso d'acqua sono:

1. *il principio di conservazione della massa (Legge di continuità);*
2. *il principio di conservazione del momento.*

Queste leggi sono espresse matematicamente nella forma di equazioni alle differenze finite.

Il modello risolve il problema dell'individuazione del livello del pelo libero della corrente in un'assegnata sezione, nelle seguenti ipotesi:

- il flusso è monodimensionale;
- le pendenze del fondo sono inferiori al 10 %.



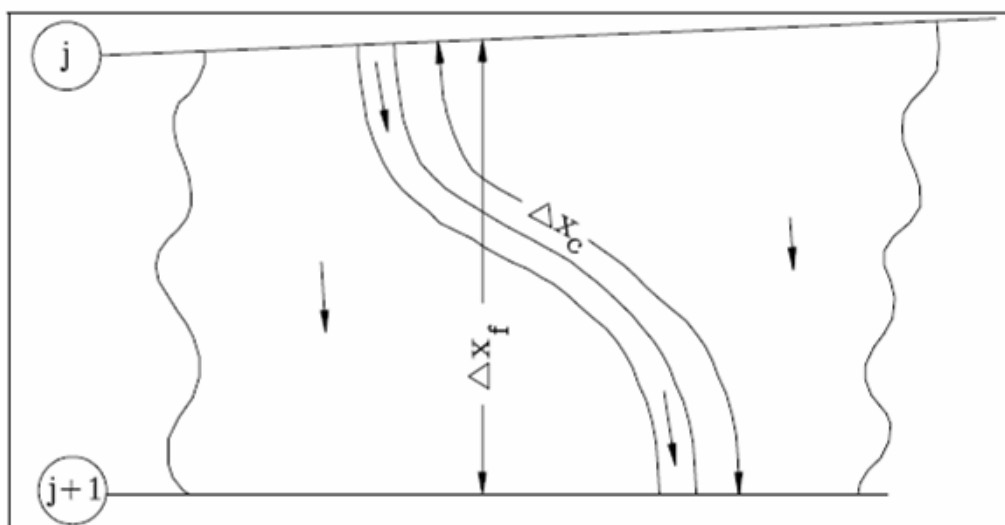


Figura 8 – Portata nel canale e nelle aree golenali

Nella figura precedente sono rappresentate le caratteristiche bidimensionali dell'interazione tra il canale e il flusso all'interno delle aree golenali. Quando il livello nel canale si alza l'acqua si sposta lateralmente via dal canale, inondando le aree allagabili e riempiendo eventuali casse di espansione. Quando l'altezza d'acqua aumenta, le aree golenali iniziano a convogliare l'acqua verso valle generalmente seguendo un percorso più corto rispetto a quello del canale principale, soprattutto in caso di corsi d'acqua naturali. Quando infine decresce il livello nel fiume, l'acqua rientra nel canale principale e si ha in esso un aumento di portata. Poiché la direzione principale del flusso è orientata lungo il canale, questo flusso bidimensionale può spesso essere accuratamente approssimato con una rappresentazione monodimensionale.

Le aree di esondazione possono essere ben modellate con casse di espansione che scambiano portata con il canale. Il flusso nelle aree golenali può essere ben approssimato come il flusso attraverso un canale separato.

Il problema del rapporto tra alveo e aree allagabili si può risolvere in differenti modi a seconda del tipo di corso d'acqua studiato, in relazione alle sue dimensioni, alla presenza di arginature e alla presenza di aree confinate (ad esempio da argini e infrastrutture) che possono essere modellate con casse di espansione.

#### 4.1.3. Condizioni al contorno del modello in moto vario

Per ogni tratto fluviale si considerano  $N$  nodi di calcolo, che generano  $N-1$  tratti di calcolo. Per questi tratti si possono scrivere  $2N-2$  equazioni alle differenze finite. Poiché ci sono  $2N$  incognite (e cioè  $\Delta Q$  e  $\Delta z$  per ogni nodo),

sono necessarie 2 ulteriori equazioni. Queste equazioni sono fornite dalle condizioni al contorno per ogni tratto fluviale, che nel caso di corrente subcritica (lenta) sono necessarie a monte e a valle del tratto, mentre per corrente supercritica (veloce) sono richieste solo a monte del tratto.

Condizioni al contorno di monte: a monte del tratto fluviale la condizione al contorno è costituita dall'idrogramma di piena di ciascun torrente.

Condizioni al contorno di valle: a valle del tratto fluviale possono essere specificate 4 tipi di condizioni al contorno:

- *un idrogramma dei livelli di piena* (usato quando il fiume sfocia in un mare governato dalle fluttuazioni di marea o in un lago o serbatoio, o fiume del quale è nota l'altezza d'acqua nel tempo);
- *un idrogramma delle portate di piena* (utile se si è in possesso di dati registrati di un evento di piena e si vuole calibrare il modello);
- *la curva di deflusso per una certa sezione* (utile per descrivere cascate naturali o sfioratori delle dighe, da utilizzare con cautela e possibilmente molto a valle rispetto all'area di studio in modo che i livelli del pelo libero nell'area di studio non ne vengano troppo influenzati);
- *l'altezza di moto uniforme proveniente dall'equazione di Manning* (poiché negli alvei naturali non sussistono le condizioni di moto uniforme è necessario spostare a valle dell'area di studio la condizione al contorno in modo da non avere influenze di questo dato sui livelli nelle sezioni di interesse).

#### 4.1.4. *Condizioni iniziali del modello in moto vario*

Oltre alle condizioni al contorno, devono essere inserite come input delle condizioni iniziali, cioè quelle presenti all'inizio della simulazione: in generale si è ipotizzato che le aree di laminazione fossero vuote all'inizio della simulazione, inserendo quindi come livello d'acqua nelle varie *storage areas* il livello minimo.

#### 4.1.5. *Criteri di suddivisione della sezione*

La sezione idraulica del corso d'acqua viene rappresentata geometricamente per punti. All'interno di essa si distinguono in generale tre zone che, adottando la terminologia inglese, indichiamo con:

*main channel* = M.CHA. (canale principale)

*left overbank* = LO (golena sinistra)

*right overbank* = RO (golena destra)

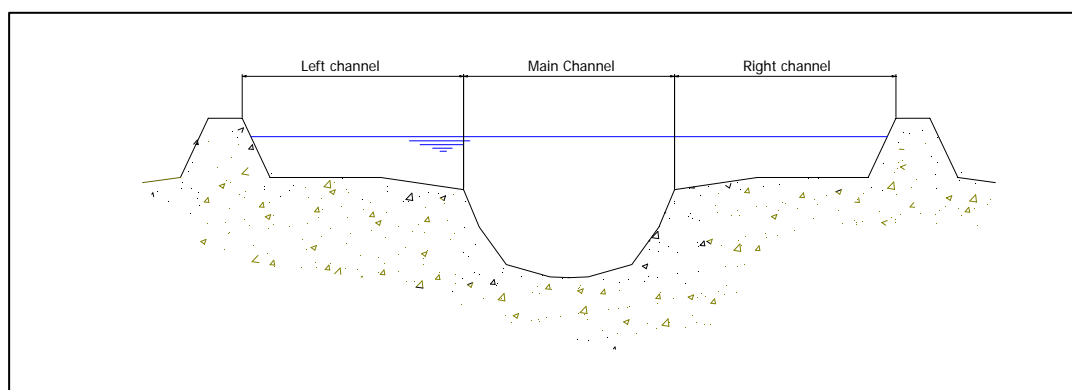


Figura 9 – Schema fondamentale di suddivisione in sottosezioni

In ciascun ambito (ma è possibile in generale assegnare differenti scabrezze ad ogni segmento della sezione) vengono definite le scabrezze del fondo, che poi vengono composte al fine di generare una scabrezza equivalente valida per l'intera sezione.

Per ciascuna sottosezione si determina la capacità di deflusso (portata per unità di pendenza<sup>1/2</sup>) in moto uniforme:

$$K = \frac{ar^{\frac{2}{3}}}{n}$$

dove:

- $K$  [m<sup>3</sup>/s] = capacità di deflusso nell'ambito;
- $n$  [s/m<sup>1/3</sup>] = scabrezza di Manning;
- $r$  [m] = raggio idraulico dell'ambito;
- $a$  [m<sup>2</sup>] = area della sezione bagnata dell'ambito.

#### 4.1.6. Valutazione delle perdite di carico per attrito

Le perdite di carico per attrito sono calcolate attraverso la formula  $L\bar{S}_f$  dove,  $\bar{S}_f$  è la pendenza d'attrito media, pesata, del tratto, secondo la seguente formula:

$$\bar{S}_f = \left( \frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2$$

dove  $K_1$ ,  $K_2$  rappresentano le capacità di deflusso totali delle sezioni estreme.

#### 4.1.7. *Storage areas (aree di laminazione)*

L'opzione *storage areas* permette di inserire nella geometria un'area di laminazione, che tipicamente è un volume dove si accumula l'acqua deviata dal corso d'acqua principale. Le *storage areas* possono essere connesse a un corso d'acqua attraverso un *lateral weir*, oppure ad un'altra *storage areas* tramite l'elemento *storage areas connection*.

Per descrivere l'area di laminazione è necessario inserire l'area e l'altezza minima in caso di invasi prismatici, oppure la curva dei volumi, che fornisce ad ogni assegnato livello d'acqua nell'area di laminazione il relativo volume di invaso.

Nei vari modelli realizzati le curve d'invaso sono state desunte sulla base della cartografia disponibile (scala 1:10'000 o scala 1:2'000, ad esclusione delle aree di invaso di fondovalle per le quali sono stati utilizzati i dati del progetto delle casse di espansione.

#### 4.1.8. *Lateral weir (sfioratore laterale)*

L'opzione *lateral weir* permette di inserire nella geometria la connessione tra l'alveo e l'area/cassa di laminazione. E' possibile inserire diverse tipologie di sfioratori laterali, sia a soglia fissa, che a soglia mobile.

## 4.2. La schematizzazione geometrica

Come accennato in premessa, la schematizzazione geometrica dei corsi d'acqua è stata basata su una serie di rilievi planoaltimetrici delle sezioni fluviali eseguiti a supporto della variante. Inoltre le informazioni deducibili dal rilievo LIDAR della Regione Toscana e dalla cartografia regionale in scala 1:2000 sono state utilizzate al fine di determinare celle di invaso statico o di transito delle portate in esondazione.

Altre informazioni essenziali per lo studio (stato di conservazione dell'alveo, stima dei parametri di resistenza al moto, individuazioni di situazioni locali di interesse quali ad esempio collegamenti tra celle ecc.) sono state acquisite attraverso sopralluoghi e rilievi in sito. Nel caso in cui i corsi d'acqua fossero già stati analizzati nel corso di studi precedenti (ad esempio nell'ambito dei Piani Strutturali dei comuni limitrofi) sono stati mantenuti, nella maggioranza dei casi, i parametri caratteristici individuati nelle verifiche pregresse.

### 4.2.1. La scelta dei coefficienti di scabrezza

Il coefficiente di scabrezza adottato nella modellazione è stato stimato in base a:

- i sopralluoghi eseguiti sul corso d'acqua, si rimanda alla relazione fotografica allegata;
- la letteratura esistente in materia di idraulica fluviale (in particolare si fa riferimento al manuale di idraulica fluviale "Open-Channel Hydraulics" di Ven Te Chow, professore ordinario di Ingegneria Idraulica dell'Università dell'Illinois - USA);
- i valori adottati negli studi relativi ai piani strutturali di Figline e Montevarchi.

Pertanto in base ai sopralluoghi eseguiti, alla letteratura in materia di idraulica fluviale e in particolare agli studi svolti nei comuni limitrofi, i coefficienti di scabrezza sono stati così stimati:

<b>Tipo di sezioni di deflusso</b>	<b>Coeff. Manning</b>
Alveo naturale (a seconda dello stato di manutenzione)	0.03 - 0.04
Alveo artificiale (a seconda dello stato di manutenzione)	0.022 - 0.03
In corrispondenza degli attraversamenti (a seconda dello stato di manutenzione)	0.022 - 0.035
Strade	0.022 - 0.03
Muri di sponda	0.022 - 0.025

Tabella 14 – Coefficienti di scabrezza adottati

Nelle seguenti immagini si riportano alcune fotografie esemplificative delle scelte dei coefficienti adottati:

**Borro San Cipriano**



Alveo naturale - Coefficiente di Manning: 0.035

**Borro Forestello**



Alveo naturale - Coefficiente di Manning: 0.035

**Borro Vacchereccia**



Alveo naturale - Coefficiente di Manning: 0.035

**Borro della Madonna**



Alveo artificiale - Coefficiente di Manning: 0.025

**Borro Barulli**



Alveo naturale - Coefficiente di Manning: 0.035  
Muro in sinistra idraulica – Coeff. di Manning: 0.025

**Borro dei Frati**



Alveo naturale - Coefficiente di Manning: 0.035  
Strada in sinistra idraulica – Coeff. di Manning: 0.022

**Borro della Quercia**



Alveo naturale - Coefficiente di Manning: 0.035  
Strada in sinistra idraulica – Coeff. di Manning: 0.022

**Borro della Rigiaia**



Alveo naturale - Coefficiente di Manning: 0.035

### Borro Quercio



---

Alveo naturale - Coefficiente di Manning: 0.035  
Muri in sx e dx idraulica – Coeff. di Manning: 0.025

---

### Borro Riofi



---

Alveo naturale di magra – Coeff. di Manning: 0.03  
Sponde vegetate – Coeff. di Manning: 0.04

---

### Borro della Villa



---

Alveo naturale di magra – Coeff. di Manning: 0.03  
Sponde parzialmente vegetate – Coeff. di Manning: 0.035

---

### Fosso Pruneto



---

Alveo naturale ben tenuto – Coeff. di Manning: 0.03

---



4.2.2. Curve di invaso relative alle celle di fondovalle

Nelle seguenti tabelle si riportano le curve di invaso relative alle celle di fondovalle ricavate attraverso il Lidar ed utilizzate per il presente studio:

<b>Codice</b>	<b>V1_040_3</b>	<b>Codice</b>	<b>V1-040_1</b>	<b>Codice</b>	<b>V1-040_2</b>	<b>Codice</b>	<b>V1-016</b>	<b>Codice</b>	<b>V1-044_1</b>	<b>Codice</b>	<b>V1-018_1</b>	<b>Codice</b>	<b>V1-044_2</b>
<b>Quota</b>	<b>Volume</b>	<b>Quota</b>	<b>Volume</b>	<b>Quota</b>	<b>Volume</b>	<b>Quota</b>	<b>Volume</b>	<b>Quota</b>	<b>Volume</b>	<b>Quota</b>	<b>Volume</b>	<b>Quota</b>	<b>Volume</b>
<b>[m s.l.m.]</b>	<b>[1000m³]</b>	<b>[m s.l.m.]</b>	<b>[1000m³]</b>	<b>[m s.l.m.]</b>	<b>[1000m³]</b>	<b>[m s.l.m.]</b>	<b>[1000m³]</b>	<b>[m s.l.m.]</b>	<b>[1000m³]</b>	<b>[m s.l.m.]</b>	<b>[1000m³]</b>	<b>[m s.l.m.]</b>	<b>[1000m³]</b>
134	0.00	137	0.00	133	0.00	130	0.00	126	0.00	128	0.00	126	0.00
134.5	0.01	137.5	4.18	133.5	1.50	130.5	0.002	126.5	0.01	128.5	0.003	126.5	0.07
135	0.10	138	12.64	134	2.38	131	0.04	127	0.04	129	0.01	127	0.24
135.5	0.45	138.5	23.07	134.5	5.87	131.5	0.12	127.5	0.15	129.5	0.06	127.5	0.50
136	1.55	139	34.44	135	67.42	132	0.35	128	0.40	130	0.16	128	0.88
136.5	22.51			135.5	220.77	132.5	1.48	128.5	0.94	130.5	0.35	128.5	2.01
137	58.67			136	447.22	133	10.10	129	1.83	131	0.91	129	41.55
137.5	99.14					133.5	80.51	129.5	3.23	131.5	11.85	129.5	86.93
138	141.4					134	200.35	130	5.48	132	40.95	130	136.58
138.5	184.39					134.5	347.01	130.5	13.98	132.5	85.48	130.5	192.75
								131	72.93	133	137.46	131	259.87
								131.5	222.88				
								132	459.99				
								132.5	753.87				

Tabella 15 – Curve di invaso celle di esondazione interne al comune in sinistra idraulica dell'Arno ricavate attraverso il Lidar.

Codice	V1_015_1	Codice	V1-015_2	Codice	V1-015_3	Codice	V1-015_4	Codice	V1-015_5	Codice	V1-017_1	Codice	V1-017_2
Quota [m s.l.m.]	Volume [1000m³]	Quota [m s.l.m.]	Volume [1000m³]	Quota [m s.l.m.]	Volume [1000m³]	Quota [m s.l.m.]	Volume [1000m³]	Quota [m s.l.m.]	Volume [1000m³]	Quota [m s.l.m.]	Volume [1000m³]	Quota [m s.l.m.]	Volume [1000m³]
133	0.00	132	0.00	131.5	0.00	131	0.00	131	0.00	133	0.00	132	0.00
133.5	0.60	132.5	0.01	132	0.05	131.5	18.25	131.5	2.19	133.5	0.01	132.5	0.19
134	13.12	133	0.79	132.5	8.34	132	95.98	132	7.63	134	0.06	133	0.89
134.5	42.02	133.5	40.68	133	45.77	132.5	192.12	132.5	13.47	134.5	0.89	133.5	8.12
135	81.07	134	96.49	133.5	90.94	133	302.28	133	19.50	135	2.62	134	29.60
135.5	127.90	134.5	155.92	134	141.14	133.5	424.54	133.5	25.65	135.5	6.66	134.5	59.19
		135	217.13							136	13.67	135	92.93
										136.5	21.87	135.5	129.31
												136	167.43
												136.5	206.77

Tabella 16 – Curve di invaso celle di esondazione interne al comune in destra idraulica dell'Arno ricavate attraverso il Lidar.

Codice	V1-041	Codice	V1-021_1	Codice	V1-021_2	Codice	V1-019_1	Codice	V1-019_2	Codice	V1-019_3
Quota	Volume	Quota	Volume	Quota	Volume	Quota	Volume	Quota	Volume	Quota	Volume
[m s.l.m.]	[1000m³]	[m s.l.m.]	[1000m³]	[m s.l.m.]	[1000m³]	[m s.l.m.]	[1000m³]	[m s.l.m.]	[1000m³]	[m s.l.m.]	[1000m³]
130	0.00	125.5	0.00	124.5	0.00	129	0.00	132	0.00	127.5	0.00
130.5	0.02	126	2.13	125	0.04	129.5	0.01	132.5	0.06	128	0.01
131	0.65	126.5	13.08	125.5	0.23	130	0.04	133	3.15	128.5	0.80
131.5	7.00	127	26.47	126	0.57	130.5	0.36	133.5	8.61	129	8.47
132	65.97	127.5	44.45	126.5	1.15	131	1.02	134	14.76	129.5	31.11
132.5	132.40	128	66.09	127	1.82	131.5	2.60	134.5	21.29	130	86.59
133	202.29	128.5	90.25	127.5	2.55	132	12.91			130.5	169.27
133.5	274.15	129	116.31	128	3.37	132.5	32.92			131	264.64
134	346.08	129.5	145.92	128.5	4.45	133	55.86			131.5	371.68
		130	183.04	129	6.08	133.5	79.99			132	486.28
		130.5	237.51	129.5	9.07	134	105.35			132.5	612.54
		131	294.18	130	17.80	134.5	131.48			133	753.82
		131.5	351.65	130.5	31.56						
		132	409.87	131	47.11						
		132.5	469.71	131.5	63.85						
				132	81.55						
				132.5	100.26						

Tabella 17 – Curve di invaso celle di esondazione interne al comune in destra idraulica dell'Arno ricavate attraverso il Lidar.

### **4.3. Analisi dei risultati allo stato attuale**

#### *4.3.1. Borro San Cipriano e borro Forestello*

La porzione relativa al territorio comunale di San Giovanni Valdarno è interessata da esondazioni con  $Tr=200$  e 100 anni di entità rilevante, mentre per  $Tr=30$  si hanno esondazioni di modesta entità e solo in prossimità della confluenza tra il borro San Cipriano e il borro Forestello.

##### Esondazioni per $Tr200$ e 100 anni:

- a valle della sezione 28 prevalentemente in sinistra idraulica, l'acqua esondata dal borro San Cipriano si va ad unire a quella che tracima in destra idraulica dal borro Forestello (sez. 11-6) e sormonta la S.P. n°14;
- In corrispondenza della confluenza tra i due borri si verifica esondazione prevalentemente in sinistra del borro San Cipriano con interessamento dell'area abitata, l'acqua in esubero prosegue verso valle oltre via del Porcellino andando ad allagare il territorio comunale di Figline;
- Nel tratto a valle della linea ferroviaria si verifica esondazioni in destra idraulica sia nel caso di evento critico per il borro San Cipriano (scenario A1) che per gli eventi critici del fiume Arno (scenari B e C).

##### Esondazioni per $Tr30$ anni:

- a valle della sezione 26 in sinistra idraulica, l'acqua esondata dal borro San Cipriano si va ad unire a quella che tracima in destra idraulica dal borro Forestello (sez. 11-6) e sormonta la S.P. n°14.

#### *4.3.2. Borro Vacchereccia*

Il borro Vacchereccia comporta esondazioni nel tratto di monte anche per eventi trentennali; si tratta comunque di fenomeni di transito, con i volumi in esubero che scorrono in prossimità del corso d'acqua verso valle per poi rientrare in alveo. Nel tratto a valle della sezione 22 si verifica esondazione solo per eventi duecentennali, mentre per tempi di ritorno trentennali le sezioni del corso d'acqua sono in grado di contenere le piene.

Esondazioni per Tr200 e 100 anni:

- Tratto sez. 45.91-26.5: i volumi in esubero scorrono sia in destra che sinistra idraulica in prossimità del corso d'acqua per poi rientrare prevalentemente in alveo ad eccezione di una lama d'acqua che scorre lungo via Vacchereccia fino alla sezione 23, i fenomeni di ristagno sono pertanto limitati ad aree ristrette;
- In corrispondenza delle sezioni 22 e 21 si verifica esondazione in sinistra idraulica, i volumi in esubero nel caso di un evento duecentennale scorrendo verso valle sormontano sia via ponte alle Forche che la linea ferroviaria San Giovanni - Castelnuovo dei Sabbioni, per poi arrestarsi al rilevato della linea ferroviaria Firenze-Arezzo, nel caso di evento centennale si verifica solo il sormonto di via ponte alle Forche di volumi molto ridotti;
- A valle della sezione 8 si verifica l'esondazione, soprattutto negli scenari B e C, con allagamento della striscia di territorio compresa tra il borro e la nuova viabilità; l'area a sud-est della nuova viabilità (cella V1\_044\_1) risulta comunque allagata a causa del rigurgito che si verifica sia attraverso il sottopasso presente sotto la nuova viabilità che attraverso il canale Battagli che si immette nel borro Vacchereccia all'altezza della sez. 4.

Esondazioni per Tr30 anni:

- Tratto sez. 45-35: i volumi in esubero scorrono in destra idraulica in prossimità del corso d'acqua per poi rientrare in alveo;
- Tratto sez. 35-28: i volumi in esubero scorrono sia in destra che sinistra idraulica in prossimità del corso d'acqua per poi rientrare in alveo, a valle la lama d'acqua continua a scorrere in sinistra lungo via Vacchereccia per poi rientrare in alveo in prossimità della sez. 23.

*4.3.3. Borro della Madonna e borro dei Barulli*

Il borro della Madonna e il borro dei Barulli comportano esondazioni nel tratto di monte anche per eventi trentennali; si tratta comunque di fenomeni di transito, con i volumi in esubero che scorrono in prossimità del corso d'acqua verso valle per poi rientrare in alveo. Nel tratto a valle della confluenza si verificano esondazioni di maggiore entità con interessamento della zona abitata. A valle della linea ferroviaria il borro della Madonna è

sempre contenuto e le esondazioni riscontrate nella cella V1\_016 sono dovute alla tracimazione direttamente dall'Arno in prossimità della sez. 852.

Esondazioni per Tr200, 100 e 30 anni:

- Tratto sez. 43-24 (borro della Madonna) i volumi in esubero scorrono sia in destra che sinistra idraulica in prossimità del corso d'acqua per poi rientrare in alveo, i fenomeni di ristagno sono pertanto limitati ad aree molto ristrette;
- borro Barulli: i volumi in esubero scorrono sia in destra che sinistra idraulica in prossimità del corso d'acqua per poi rientrare in alveo, i fenomeni di ristagno sono pertanto limitati ad aree molto ristrette;
- Tratto sez. 23-13: a valle della confluenza si verifica esondazione in sinistra e destra idraulica con interessamento del centro abitato; le esondazioni scorrono verso valle fino ad arrestarsi al rilevato ferroviario. Nel caso di Tr=200 e 100 anni, i volumi in esubero in destra idraulica proseguono verso sud-est e, attraverso un tubo posto sotto al rilevato della vecchia linea ferroviaria delle fornaci, l'esondazione si protrae fino al sottopasso di viale Europa. Nel caso di evento trentennale le esondazioni sono molto limitate in termini di volumi in gioco e le aree allagate sono interessate unicamente dal transito di una sottile lama d'acqua.

*4.3.4. Borro dei Frati, borro della Quercia e borro della Rigajaia*

Nel tratto di monte del borro dei Frati si verificano modesti fenomeni di esondazioni con transito d'acqua in prossimità del corso d'acqua. Le maggiori esondazioni si verificano nell'area prossima alla confluenza dei due borri, che sia per insufficienza delle loro sezioni di deflusso sia per effetto di rigurgito allagano le aree in sinistra e destra idraulica del borro dei Frati.

A valle della linea ferroviaria il borro dei Frati esonda in destra idraulica a causa del rigurgito indotto dall'Arno per eventi centennali e duecentennali.

Esondazioni per Tr200 e 100 anni:

- Tratto sez. 58-29 (borro dei Frati) i volumi in esubero scorrono in sinistra idraulica in prossimità del corso d'acqua lungo via Montecarlo per poi rientrare in alveo, i fenomeni di ristagno sono limitati ad aree molto ristrette;

- Tratto sez. 27-19: si verifica allagamento delle aree adiacenti al corso d'acqua a causa di esondazioni sia direttamente dal borro dei Frati che dai due affluenti;
- Borro della Quercia: si verifica esondazione sia in sinistra che in destra idraulica a monte del ponte della S.P. n°12, i volumi tracimati in sinistra transitano verso valle fino al canale Battagli (nel caso di evento centennale) e fino al rilevato ferroviario (nel caso di evento duecentennale);
- Borro della Rigiaia: si verifica esondazione sia in sinistra che in destra idraulica a causa dell'insufficienza delle sezioni di deflusso e di alcuni attraversamenti, i volumi tracimati in destra transitano verso valle fino ad oltrepassare via Pruneto;
- A valle della linea ferroviaria il borro dei Frati esonda in destra idraulica a causa del rigurgito indotto dall'Arno per eventi centennali e duecentennali, nel caso di evento duecentennale l'esondazione si va ad unire ad i volumi tracimati direttamente dall'Arno alle sezioni 859-857. Nel caso di evento centennale i volumi in esubero scorrono verso Sud-Est per poi ristagnare in un'area più depressa.

Esondazioni per Tr30 anni:

- Tratto sez. 49-46 (borro dei Frati) i volumi in esubero scorrono in sinistra idraulica in prossimità del corso d'acqua lungo via Montecarlo per poi rientrare immediatamente in alveo;
- Borro della Quercia: si verifica esondazione prevalentemente in destra idraulica a monte del ponte della S.P. n°12;
- Borro della Rigiaia: si verifica esondazione sia in sinistra che in destra idraulica a causa dell'insufficienza delle sezioni di deflusso e di alcuni attraversamenti, i volumi tracimati in destra transitano verso valle fino ad arrestarsi a via Pruneto;
- A valle della linea ferroviaria il borro dei Frati risulta contenuto.

*4.3.5. Borro del Quercio*

Nel tratto a monte della linea ferroviaria il borro del Quercio risulta contenuto. Gli unici fenomeni di esondazione si verificano a valle di via Madre Teresa di Calcutta a causa del rigurgito dell'Arno, in destra e sinistra idraulica nel caso di evento duecentennale e solo in destra a valle della sezione 4.5 nel caso di evento centennale. Per un evento con tempo di ritorno trentennale il borro del Quercio risulta sempre contenuto.

#### *4.3.6. Borro Riofi*

Il borro Riofi comporta esondazione anche per evento con tempo di ritorno trentennali a causa sia dell'insufficienza delle sue sezioni di deflusso che a causa del rigurgito indotto dall'Arno.

##### Esondazioni per Tr200, 100 e 30 anni:

- Tratto sez. 7-5: si verifica esondazione in sinistra idraulica, i volumi in esubero scendono verso valle per poi sormontare la S.P del Botriolo;
- Tratto sez. 5-3: si verificano esondazioni sia in sinistra che in destra idraulica con transito dei volumi in esubero parallelamente al rilevato autostradale; i volumi tracimati in sinistra, insieme a quanto proveniente dall'esondazioni del Ville, proseguono poi attraverso il sottopasso di via del Botriolo a sud dell'A1, andandosi ad allagare le celle V1\_015\_4 e V1\_041 (interessata anche da esondazione diretta dall'Arno alla sez. 841);
- In destra idraulica a valle dell'autostrada si verifica sormonto della strada comunale del Pian dell'Arno, l'acqua si incanala attraverso un'apertura presente nell'argine oltre la strada in prossimità della sez. 2, andando ad allagare la cella V1\_021\_1; nel caso di eventi con tempo di ritorno duecentennali l'acqua prosegue verso nord-ovest oltre la strada andando ad interessare la cella V1\_021\_2.

#### *4.3.7. Borro delle Ville*

A monte dell'Autostrada il borro delle Ville comporta esondazione anche per evento con tempo di ritorno trentennali a causa sia dell'insufficienza delle sue sezioni di deflusso e di alcuni attraversamenti sottodimensionati. A valle del rilevato autostradale si verifica esondazione in destra idraulica solo in caso di eventi duecentennali a causa del rigurgito dell'Arno.

##### Esondazioni per Tr200, 100 e 30 anni:

- Tratto a monte del rilevato autostradale: si verifica esondazione in sinistra e destra idraulica a causa sia dell'insufficienza delle sue sezioni di deflusso e di alcuni attraversamenti sottodimensionati, i volumi



in esubero scorrono parallelamente all'autostrada verso nord-ovest fino ad unirsi ai volumi tracimati dal borro Riofi.

- Nel caso di evento duecentennale (scenario A) parte dell'acqua in transito lungo via della Resistenza oltrepassa il sottopasso autostradale andando ad allagare la cella V1\_015\_3; nella stessa cella si verifica esondazione sempre per  $T_r=200$  anni, ma nello scenario B, per sormonto della strada in prossimità della sez. 11.
- Nelle celle V1\_015\_1 e V1\_015\_2 si riscontra la presenza di acqua in caso di evento duecentennale a causa dell'esondazione diretta dall'Arno in prossimità della sez. 856.

#### *4.3.8. Borri della zona Pruneto*

I fossi in questa zona sono insufficienti al deflusso anche della portata trentennale, che però tracima per poi rientrare poco più a valle in alveo, comportando quindi aree di ristagno ridotte. Per eventi con tempo di ritorno duecentennale e centennale le esondazioni, anche se sempre di natura ridotta data la dimensione dei fossi, arrivano a sormontare via Pruneto e via borro al Quercio.

## 5. Determinazione delle aree allagabili e delle carte di pericolosità

### 5.1. Metodologia per la definizione della cartografia delle aree allagabili e della pericolosità idraulica

La definizione delle aree allagabili è stata effettuata considerando l'involuppo dei massimi livelli ottenuti nei diversi scenari (A, B e C). Mediamente si verifica che per le celle a monte della linea ferroviaria Firenze-Arezzo e per quelle a monte dell'Autostrada rispettivamente in sinistra e destra idraulica dell'Arno lo scenario che comporta i battenti massimi corrisponde al tempo di pioggia critico dei tributari (scenario A1 o A2); mentre relativamente alle celle di fondovalle il massimo battente è relativo allo scenario B, questo sia a causa delle esondazioni dirette dall'Arno sia soprattutto per i fenomeni di rigurgito del fiume Arno dai tributari che, nelle sezioni prossime all'Arno sono spesso arginati con quote inferiori rispetto alle arginature e/o ai livelli idrici del fiume Arno stesso.

### 5.2. Verifiche al variare dei tempi di pioggia

Su richiesta dell'Autorità di Bacino sono state svolte anche le verifiche per tempi di pioggia maggiori del tempo di pioggia critico sui alcuni corsi d'acqua, in modo da valutare se eventi con portate di picco minori ma con volumi in gioco maggiori possano comportare aumenti significativi dei battenti nelle celle allagate.

Ovviamente eventuali variazioni si potrebbero verificare solamente nelle celle in cui il massimo battente è associato all'evento critico e solo nel caso di zone di ristagno; mentre nel caso di celle dove si verifica il transito oppure dove il massimo battente è dovuto alla piena dell'Arno le verifiche descritte negli scenari A, B e C corrispondono già al massimo battente. Inoltre nel caso le esondazioni fossero legate ad affluenti minori dei borri principali, le verifiche eseguite in precedenza (scenario A1 - A2) tengono già conto dei diversi tempi di pioggia.

Sulla base di queste precisazioni sono state studiati i seguenti corsi d'acqua:

Corsi d'acqua	Tempi di pioggia già analizzati	Eventi ulteriori analizzati
Riofi e Ville	Tp cr (Riofi = 2.7 h, Ville = 1.6 h) Tp 18 h Tp 24 h	Tp = 2.7 h (su entrambi i corsi d'acqua) Tp = 4 h
Vacchereccia	Tp cr = 3.4 h Tp 18 h Tp 24 h	Tp 4 h

Tabella 18 – Corsi d'acqua analizzati per valutare l'influenza del tempo di pioggia sulle aree allagabili

Dalle verifiche effettuate si nota come le variazioni dei battenti risultino dell'ordine di pochi centimetri (variazioni positive in alcune celle e negative in altre) e di conseguenza variazioni non apprezzabili in una rappresentazione in scala 1:10'000.

Si ritiene quindi che gli scenari studiati per tutto il sistema idraulico (scenari A1, A2, B e C) siano esaustivi per la determinazione dei volumi di esondazione e ristagno nelle celle di invaso individuate nello studio.

Nella tabella successiva sono evidenziati il set di livelli massimi raggiunti nel modello  $\beta$  nelle celle di esondazione interne al confine comunale di San Giovanni per i vari tempi di ritorno e per i vari tempi di pioggia e si individuano i valori maggiori, rispettivamente in blu i livelli massimi relativi a  $Tr=200$  anni, in rosso per  $Tr=100$  anni e in verde per  $Tr=30$  anni.

Codice CELLA	LIVELLI MASSIMI RAGGIUNTI NELLE CELLE (m s.l.m.) - STUDIO TRIBUTARI CON CONDIZIONI ARNO – modello $\beta$											
	SCENARIO A1 - Tp Cr borri principali			SCENARIO A2 - Tp Cr borri minori			SCENARIO B - Tp 18 h			SCENARIO C Tp 24 h		
	Tr200	Tr100	Tr30	Tr200	Tr100	Tr30	Tr200	Tr100	Tr30	Tr200	Tr100	Tr30
<i>Celle in sinistra idraulica dell'Arno</i>												
<b>Modello San Cipriano+Forestello+Vacchereccia</b>												
SCip_dx_1	132.42	132.28	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota
SCip_sx_1	132.11	131.96	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota
V. S.A.dx_46-41	143.42	143.23	Vuota	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
V.S.A.dx-31-26.5	136.53	136.39	136.12	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
V.S.A.dx_41-35	139.93	139.78	139.56	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
V.S.A.sx_19-16	132.85	132.45	Vuota	n.p.	n.p.	n.p.	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota
V.S.A.sx_22-21	133.53	133.36	Vuota	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
V.S.A.sx_31-23	137.03	136.96	136.85	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
V.S.A.sx_35-31	137.38	137.28	137.11	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
V.S.A.sx_39-35	140.13	140.05	139.84	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
V.S.A.sx_43-39	142.47	142.4	142.08	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
V.S.A.sx_46-43	144.81	144.74	144.43	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
V.S.A. dx_35-31	137.65	137.5	137.24	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
V1_018_01	131.46	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota
V1_044_01	130.12	128.71	Vuota	n.p.	n.p.	n.p.	131.09	130.55	Vuota	131.06	130.13	Vuota
V1_044_02	129.37	128.86	Vuota	126.67	Vuota	Vuota	131.04	130.53	129.47	130.89	130.32	129.27
<b>Modello Madonna+Barulli</b>												
S.A.-Ma_sx_23-13	137.05	137	136.92	137.04	137.01	136.95	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota
S.A.-monte_Fer (*)	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	133.55	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota
S.A._Ma_dx-22-13 (*)	133.77	133.2	132.65	132.91	132.79	132.64	133.6	Vuota	Vuota	132.71	Vuota	Vuota
S.A._Ma_dx-23-22	137.09	136.96	Vuota	136.62	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota
S.A._Ma_dx-25-24	137.9	137.79	Vuota	137.65	Vuota	Vuota	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
S.A._sx_V.le_Eur (*)	133	132.75	132.54	132.63	132.59	132.54	133.6	Vuota	Vuota	132.72	Vuota	Vuota
V1_016 (*)	132.58	132	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	133.63	Vuota	Vuota	133.11	Vuota	Vuota
<b>Modello Frati+Quercia+Rigiaia+Quercio</b>												
S.A-dx-23-21	138.48	138.43	138.39	138.5	138.48	138.44	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
S.A-dx-cim21-19	137.31	137.2	136.85	137.27	137.18	136.86	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota
S.A.-monte_Fer (*)	133.18	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	133.55	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota
S.A.-sx-17-14	133.71	133.61	133.52	133.54	133.52	133.51	133.5	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota
S.A.-sx-22-19	138.12	137.98	137.71	137.71	Vuota	Vuota	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
S.A._dx_24-19	Vuota	Vuota	Vuota	n.p.	n.p.	n.p.	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota
S.A._Ma_dx-22-13 (*)	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	133.6	Vuota	Vuota	132.71	Vuota	Vuota
S.A._sx_44-29	139.27	139.04	138.71	139.36	139.09	138.71	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
S.A._sx_S.P.n°12	138.22	138.16	138.05	137.94	137.83	137.69	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
S.A._sx_V.le_Eur (*)	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	133.6	Vuota	Vuota	132.72	Vuota	Vuota
V1_014_1 (*)	135.38	135.13	Vuota	135.25	135.05	Vuota	135.62	Vuota	Vuota	135.14	Vuota	Vuota
V1_014_2 (*)	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	135.78	Vuota	Vuota	135.51	Vuota	Vuota
V1_016 (*)	131.52	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	133.63	Vuota	Vuota	133.11	Vuota	Vuota
V1_040_1 (*)	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota
V1_040_2 (*)	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	136.08	134.65	Vuota	135.85	133.02	Vuota
V1_040_3	135.53	Vuota	Vuota	n.p.	n.p.	n.p.	137.78	136.64	Vuota	137.65	136.1	Vuota
Via Borro_dellaQ	139.19	139.17	139.08	139.21	139.18	139.1	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
<b>Modello fossi zona Pruneto</b>												
Fosso_1_Dx	137.42	137.41	137.4	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
Fosso_1_Sx	136.64	136.63	136.62	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
Fosso_2_Sx	136.19	136.05	136.03	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
V1_014_1 (*)	135.01	Vuota	Vuota	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
V1_014_2 (*)	135.59	135.53	Vuota	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
V1_040_1 (*)	Vuota	Vuota	Vuota	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
V1_040_2 (*)	Vuota	Vuota	Vuota	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
(*) celle comuni a più modelli												
<i>Celle in destra idraulica dell'Arno</i>												
<b>Modello Ville+Riofi</b>												
V1_015_1	Vuota	Vuota	Vuota	n.p.	n.p.	n.p.	134.13	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota
V1_015_2	Vuota	Vuota	Vuota	n.p.	n.p.	n.p.	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota
V1_015_3	Vuota	Vuota	Vuota	n.p.	n.p.	n.p.	132.73	Vuota	Vuota	132.59	Vuota	Vuota
V1_015_4	132.04	131.75	131.37	n.p.	n.p.	n.p.	132.73	132.34	Vuota	132.59	132.18	Vuota
V1_015_5	132.05	131.89	131.84	n.p.	n.p.	n.p.	132.73	132.34	Vuota	132.59	132.18	Vuota
V1_017_1	135.7	135.67	135.6	n.p.	n.p.	n.p.	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota
V1_017_2	134.54	134.46	134.11	n.p.	n.p.	n.p.	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota	Vuota
V1_019_1	133.07	132.91	132.63	n.p.	n.p.	n.p.	132.82	132.4	131.66	132.65	132.21	131.41
V1_019_2	133.26	133.21	133.1	n.p.	n.p.	n.p.	132.98	132.88	132.44	132.9	132.78	Vuota
V1_019_3	130.17	129.7	129.08	n.p.	n.p.	n.p.	130.98	130.02	128.54	130.99	129.93	Vuota
V1_021_1	127.6	127.1	126.3	n.p.	n.p.	n.p.	130.98	129.57	126.09	130.99	129.36	125.58
V1_021_2	Vuota	Vuota	Vuota	n.p.	n.p.	n.p.	130.98	Vuota	Vuota	130.99	Vuota	Vuota
V1_041	132.04	131.76	131.47	n.p.	n.p.	n.p.	132.73	132.34	131.53	132.59	132.18	131.38

Tabella 19 – livelli massimi raggiunti nelle celle di fondovalle negli scenari A1, A2, B e C del modello  $\beta$ , comprensivi delle modiche richieste dall'Autorità di Bacino del F.Arno.

### **5.3. Considerazioni sui rapporti tra i modelli sviluppati e il P.A.I. del fiume Arno**

Non è opportuno condurre confronti diretti tra i battenti massimi ottenuti nel modello  $\beta$  e quelli relativi alle celle di accumulo ricavate nelle simulazioni di supporto al P.A.I. vigente (modello  $\alpha$ ), in quanto la marcata differenza tra l'impostazione geometrica dei presenti modelli con quella del P.A.I. e soprattutto il passaggio dalla scala cartografica 1:10'000 (P.A.I.) alla scala di maggior dettaglio Lidar e 1:2'000 (modelli  $\beta$ ) non lo consentono.

E' di fondamentale interesse invece analizzare le modifiche rispetto alla cartografia P.A.I. in riferimento ai seguenti aspetti:

- 1) Deperimetrazione di alcune aree in seguito alla realizzazione e al collaudo di alcune opere, di seguito se ne elencano alcuni: demolizione del vecchio ponte sul borro delle Ville (in prossimità della sez. 10); nuovo scatolare sul borro della Quercia (via Martiri della Libertà); nuova area di servizio dell'Autostrada; nuovi ponti sul borro Vacchereccia (in prossimità della Sez. 19); nuova viabilità in destra al borro Vacchereccia a valle della ferrovia.
- 2) Perimetrazione di altre aree risultate allagabili nel presente studio. In questa categoria rientrano soprattutto le aree allagabili dovute al rigurgito del fiume Arno nelle sezioni di valle dei corsi d'acqua principali e quelle individuate a seguito dell'inserimento nei modelli dei sottopassi ferroviari e autostradali che modificano la dinamica di riempimento e svuotamento delle celle di fondovalle.

## **6. Limiti dello studio e considerazioni finali**

I risultati esposti nel presente studio sono vincolati alla sussistenza delle attuali condizioni e assetti del reticolo idrografico idraulicamente rilevante rispetto alle previsioni contenute nel regolamento urbanistico. Eventuali future modifiche di tali assetti, ovvero la modifica del quadro conoscitivo indotto da futuri eventi meteorologici estremi, imporranno adeguate revisioni dei risultati e delle prescrizioni qui contenute.

Tali prescrizioni dovranno essere valutate e aggiornate in relazione anche alla futura evoluzione del processo di espansione edilizia, alla eventuale approvazione di varianti al regolamento urbanistico, a variazioni significative dell'assetto dell'uso del suolo o delle reti idrauliche naturali o artificiali interferenti con le aree di previsione urbanistica qui analizzate.

I risultati in termini di aree allagabili e cartografia della pericolosità idraulica, sono inoltre conseguenti all'impostazione metodologica derivante dalle linee guida per la valutazione della pericolosità idraulica di cui al Decreto del Presidente della Giunta Regionale 25 Ottobre 2011, n. 53/R – Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n.1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche, pubblicato il 2.11.2011 sul Bollettino Ufficiale della Regione Toscana – N. 51.

I tecnici incaricati:

Dott. Ing. Gesualdo Bavecchi

Dott. Ing. Claudia Lombardi

Allegato 1

Tabella con l'involuppo dei massimi battenti  
nelle celle di esondazione considerate per i vari tempi di ritorno  
comprehensive delle modifiche richieste dall'Autorità di Bacino del F.Arno

Inviluppo dei massimi valori dei livelli (m s.l.m.)			
Codice CELLA	H200	H100	H30
Celle in sinistra idraulica dell'Arno			
SCip_dx_1	132.42	132.28	Vuota
SCip_sx_1	132.11	131.96	Vuota
V. S.A.dx_46-41	143.42	143.23	Vuota
V.S.A.dx-31-26.5	136.53	136.39	136.12
V.S.A.dx_41-35	139.93	139.78	139.56
V.S.A.sx_19-16	132.85	132.45	Vuota
V.S.A.sx_22-21	133.53	133.36	Vuota
V.S.A.sx_31-23	137.03	136.96	136.85
V.S.A.sx_35-31	137.38	137.28	137.11
V.S.A.sx_39-35	140.13	140.05	139.84
V.S.A.sx_43-39	142.47	142.4	142.08
V.S.A.sx_46-43	144.81	144.74	144.43
V.S.A. dx_35-31	137.65	137.5	137.24
V1_018_01	131.46	Vuota	Vuota
V1_044_01	131.09	130.55	Vuota
V1_044_02	131.04	130.53	129.47
S.A.-Ma_sx_23-13	137.05	137.01	136.95
S.A.-monte_Fer	133.55	Vuota	Vuota
S.A. Ma_dx-22-13	133.77	133.2	132.65
S.A. Ma_dx-23-22	137.09	136.96	Vuota
S.A. Ma_dx-25-24	137.9	137.79	Vuota
S.A. sx_V.le_Eur	133.6	132.75	132.54
V1_016	133.63	132	Vuota
S.A-dx-23-21	138.5	138.48	138.44
S.A.-dx-cim21-19	137.31	137.2	136.86
S.A.-sx-17-14	133.71	133.61	133.52
S.A.-sx-22-19	138.12	137.98	137.71
S.A. dx_24-19	Vuota	Vuota	Vuota
S.A. sx_44-29	139.36	139.09	138.71
S.A. sx_S.P.n°12	138.22	138.16	138.05
V1_014_1	135.62	135.13	Vuota
V1_014_2	135.78	135.53	Vuota
V1_040_1	Vuota	Vuota	Vuota
V1_040_2	136.08	134.65	Vuota
V1_040_3	137.78	136.64	Vuota
Via_Borro_dellaQ	139.21	139.18	139.1
Fosso_1_Dx	137.42	137.41	137.4
Fosso_1_Sx	136.64	136.63	136.62
Fosso_2_Sx	136.19	136.05	136.03

Inviluppo dei massimi valori dei livelli (m s.l.m.)			
Codice CELLA	H200	H100	H30
Celle in destra idraulica dell'Arno			
V1_015_1	134.13	Vuota	Vuota
V1_015_2	Vuota	Vuota	Vuota
V1_015_3	132.73	Vuota	Vuota
V1_015_4	132.73	132.34	131.37
V1_015_5	132.73	132.34	131.84
V1_017_1	135.7	135.67	135.6
V1_017_2	134.54	134.46	134.11
V1_019_1	133.07	132.91	132.63
V1_019_2	133.26	133.21	133.1
V1_019_3	130.99	130.02	129.08
V1_021_1	130.99	129.57	126.3
V1_021_2	130.99	Vuota	Vuota
V1_041	132.73	132.34	131.53





