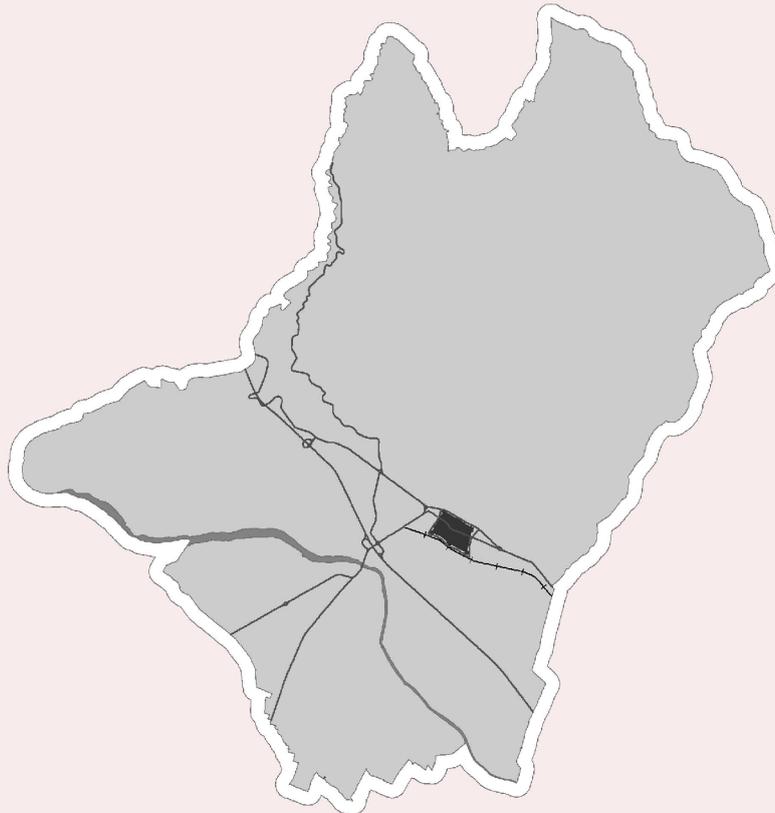




COMUNE DI SANSEPOLCRO

(Provincia di Arezzo)



Piano Strutturale

(L.R.T. 1/05, art. 53)

SINDACO
Prof. Franco Polcri

ASSESSORE ALL'URBANISTICA
Ing. Fabrizio Innocenti

**RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO,
PROGETTO E COORDINAMENTO GENERALE**
Arch. Antonio Coletti

COORDINAMENTO OPERATIVO
Arch. Maria Luisa Sogli

GARANTE DELLA COMUNICAZIONE
Geom. Andrea Franceschini

UFFICIO DI PIANO E COLLABORATORI AL PROGETTO:
Arch. Ilaria Calabresi, Arch. Maria Luisa Sogli

COLLABORATORI ESTERNI:

INDAGINI GEOLOGICHE:
ProGeo associati
Geol. Massimiliano Rossi
Geol. Fabio Poggi
Geol. Laura Galmacci

INDAGINI IDRAULICHE:
Ing. Marco Benini

INDAGINI SUL SISTEMA INSEDIATIVO
Arch. Alba Navalesi

**COORDINAMENTO ED ORGANIZZAZIONE
DELLA INFORMATIZZAZIONE:**
Società TECNICONCONSUL

COLLABORAZIONE ALLE ELABORAZIONI INFORMATICHE:
Dott. Geol. Federica Fiorucci, Arch. Laura Tavanti

DATA: novembre 2008

ELAB.
G11

RELAZIONE IDRAULICA
(DPGR 27 aprile 2007, n. 26/R)

SOMMARIO

1.	PREMESSA	2
2.	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	4
3.	ANALISI PRELIMINARE SUL RISCHIO IDRAULICO	6
4.	INQUADRAMENTO MORFOLOGICO E STORICO	8
5.	ELABORAZIONE DELLE CARTE DI PIANO	17
6.	STATO DI EFFICIENZA DEI CORSI D’ACQUA E SCHEMA DI FUNZIONAMENTO DELLE OPERE IDRAULICHE.....	23
7.	IDROLOGIA.....	25
7.1.	METODO DEL VOLUME D’INVASO	25
7.2.	ALTO (ALLUVIONI IN TOSCANA)	28
7.3.	PROCEDURA CALCOLO PIENA - ADB TEVERE	29
7.4.	CONFRONTO PORTATE.....	30
8.	VERIFICHE IDRAULICHE.....	31
8.1.	VERIFICHE IN MOTO UNIFORME	32
8.2.	VERIFICHE IN MOTO PERMANENTE	33
8.2.1.	FIUME TEVERE	34
8.2.2.	TORRENTE AFRA	40
8.2.3.	TORRENTE FIUMICELLO	44
8.2.4.	RIO FOSSATONE	52
8.2.5.	TORRENTE INFERNACCIO.....	54
8.2.6.	FOSSI MINORI.....	60
9.	INTERVENTI MESSA IN SICUREZZA	62
	ALLEGATI.....	63

1. PREMESSA

Ai sensi dell'art. 62 della Legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) “in sede di formazione del piano strutturale e delle sue modifiche sono effettuate indagini atte a verificare la pericolosità del territorio sotto il profilo geologico [...] nonché sotto il profilo idraulico sulla base dell'alluvionabilità dei terreni ed, infine, per la valutazione degli effetti locali e di sito in relazione all'obiettivo della riduzione del rischio sismico”.

Il Regolamento di attuazione dell'art. 62 della L.R. 1/2005 (in seguito definito Regolamento), approvato con Decreto del Presidente della Giunta Regionale Toscana n. 26/R del 27/04/2007 “Indagini Geologiche”, stabilisce che le condizioni di attuazione delle previsioni possono essere differenziate secondo quattro diverse categorie di fattibilità. Per assegnare una specifica categoria di fattibilità ad ogni singola previsione è necessario distinguere la fattibilità in funzione delle situazioni di pericolosità riscontrate; per quanto attiene a questo studio ci limiteremo a valutare le situazioni di pericolosità derivanti da fattori idraulici.

Il Regolamento stabilisce che vadano “considerati gli elementi idrologico-idraulici necessari per caratterizzare la probabilità di esondazione dei corsi d'acqua ricompresi nel reticolo d'interesse della difesa del suolo come definito nei PAI approvati, ovvero come definito nel PIT, nonché le probabilità di allagamento per insufficienza di drenaggio in zone depresse. Tenuto conto degli indirizzi tecnici dettati dagli atti di pianificazione di Bacino, ed in coerenza con quanto dagli stessi previsto, vanno analizzati gli aspetti connessi alla probabilità di allagamento per fenomeni di inondazione da corsi d'acqua e di insufficienza di drenaggio”.

Inoltre il Regolamento ridefinisce i criteri per la classificazione del territorio nelle quattro categorie di pericolosità idraulica.

In sintesi, gli obiettivi del presente studio sono la classificazione in termini di pericolosità idraulica per il territorio interessato dalle nuove previsioni insediative, finalizzata alla stesura del PIANO STRUTTURALE del Comune di Sansepolcro (Provincia di Arezzo). In altre parole il presente studio e quello successivo per il Regolamento Urbanistico, servono, con livelli di dettaglio differenti, a stabilire la sostenibilità dal punto di vista dell'assetto idraulico delle ipotesi di sviluppo urbanistico previste dai progettisti.

L'idrografia di superficie del territorio del Comune di Sansepolcro gravita interamente sul bacino idrografico del fiume Tevere in cui si individuano una zona di pianura (porzione Sud-Ovest) e una

zona collinare-montana (porzione Nord-Est). La zona di pianura è caratterizzata dalla presenza del fiume Tevere, con le sue golene e il reticolo minore di fossi e canali di bonifica (quali ad esempio il fosso Vannocchia) afferenti in destra e sinistra idrografica; la zona collinare-montana è caratterizzata da corsi d'acqua minori – affluenti di sinistra dello stesso fiume Tevere – che, con non trascurabili pendenze del fondo, si originano dai crinali dell'Appennino e percorrono le rispettive valli con direzione prevalente Sud-Ovest, fino a immettersi, dopo il tratto pedecollinare, nella valle tiberina con i caratteristici coni di deiezione, dovuti alla repentina diminuzione della pendenza. Tali corsi d'acqua minori sono il torrente Tignana (posto a confine con il comune di Pieve Santo Stefano e che riceve il contributo del fosso di Stianta), il torrente Fiumicello, il torrente Infernaccio e il torrente Afra con il tributario fosso di Moschetto.

Le problematiche relative al rischio idraulico sono numerose e di varia natura: dalle dinamiche erosive e franose dei tratti più montani, ai fenomeni di ondate di piena caratterizzate da forte trasporto solido, rapidità di costituzione e propagazione dell'evento, dalle piene del Tevere (se pur laminato dall'invaso di Montedoglio posto immediatamente a monte del territorio comunale) alle situazioni di ristagno e ridotta capacità di deflusso delle zone di pianura.

Anche i recenti eventi che hanno caratterizzato l'ultima decade del secolo appena trascorso, impongono un'attenta valutazione di dettaglio delle condizioni di rischio idraulico, preliminarmente ad ogni attività pianificatoria, e – in special modo – quella urbanistica.

Contenimento dell'impermeabilizzazione del suolo nella costruzione di nuovi edifici

Il regolamento di attuazione dell'articolo 37 della legge regionale 3 gennaio 2005 n. 1 – Disposizioni per la tutela e valorizzazione degli insediamenti (D.P.G.R. 9 febbraio 2007, n. 2/R), all'art. 16 “contenimento dell'impermeabilizzazione del suolo nella costruzione di nuovi edifici” riporta quanto segue:

1. Si definisce superficie permeabile di pertinenza di un edificio la superficie non impegnata da costruzioni fuori terra o interrata che consenta l'assorbimento almeno parziale delle acque meteoriche.
2. Nella realizzazione di nuovi edifici e negli ampliamenti di edifici esistenti comportanti incremento di superficie coperta, è garantito il mantenimento di una superficie permeabile di pertinenza pari ad almeno il 25 per cento della superficie fondiaria.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Normativa nazionale e regionale

- Regio Decreto 25 Luglio 1904 n. 523 “Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie”
- Decreto Legge 11 Giugno 1998 n. 180 “Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania” e successive conversioni, modificazioni e applicazioni.
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 29 settembre 1998. *Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180.*
- D.M. Min. LL.PP. 11 marzo 1998 – Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Circolare Min. LL.PP. 24 settembre 1998 n°30483 – L. 2.2.1974, n°64 – art. 1 D.M. 11 marzo 1998 - Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Legge Regionale 11 Luglio 1994 n. 50 “Interventi strutturali finalizzati alla messa in sicurezza idraulica dei bacini idrografici toscani”.
- Legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 “*Norme per il governo del territorio*”
- Decreto del Presidente della Giunta Regionale 27 aprile 2007, n. 26/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.*
- Piano di Indirizzo Territoriale della Toscana approvato dal Consiglio regionale il 24 luglio 2007 con delibera n. 72. L'avviso relativo all'approvazione del PIT è stato pubblicato sul BURT n. 42 del 17 ottobre 2007 e quindi da questa data il piano ha acquistato efficacia.

Normativa Autorità di Bacino del Fiume Tevere

- Norme tecniche di Attuazione del Piano di bacino del fiume Tevere - stralcio per l'assetto idrogeologico - adottato con modifiche ed integrazioni dal Comitato Istituzionale con delibera n. 114 del 5 aprile 2006.
- Procedura per la definizione delle fasce fluviali per le zone di rischio (Allegato 3).
- Linee guida per la individuazione e definizione degli interventi di manutenzione delle opere idrauliche e di mantenimento dell'efficienza idraulica della rete idrografica (Allegato 5).

Pianificazione territoriale provinciale e comunale

- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale - maggio 2000.

Studi consultati

- Ente Irriguo Umbro Toscano – MONTEDOGLIO, Il grande invaso sul fiume Tevere per il sostegno e lo sviluppo dell'Agricoltura Toscana e Umbra – Arezzo – marzo 1975.
- Provveditorato OO.PP. per la Toscana Ufficio Territoriale di Arezzo – Progetto di recupero efficienza idraulica ed adeguamento del sistema di difesa del Tevere Toscano a valle della Diga di Montedoglio – Arezzo – marzo 1999.

3. ANALISI PRELIMINARE SUL RISCHIO IDRAULICO

In sede di prima adozione del Piano Strutturale, in ottemperanza della normativa vigente in quel momento (D.G.R. 12/2000), sono state individuate le aste fluviali (o i tratti di esse) che presentano potenziali criticità in materia di rischio idraulico. Questa prima analisi sommaria è stata condotta con due tipologie di lettura:

- analisi storico-inventariale: ricerca delle testimonianze storiche di eventi di alluvioni e/o ristagni che abbiano interessato il territorio, catalogate per corso d'acqua, data, posizione, gravità, correlazioni ecc.
- analisi geomorfologia: individuazione delle aree morfologicamente e altimetricamente poste sotto minaccia idraulica da parte, prevalentemente, di corsi d'acqua arginati e/o pensili.

L'attività di individuazione delle zone del territorio comunale a vocazione edificatoria viene quindi svolta anche sulla base di questa analisi preliminare e mediante opportuni confronti tra tutti i progettisti del Piano Strutturale. Particolare attenzione è stata posta alla tutela delle aree di pertinenza fluviale del fiume Tevere (Parco Fluviale), alla luce della presenza dello sbarramento di Montedoglio, in maniera da definire la corretta salvaguardia degli aspetti paesaggistici, naturalistici e manutentori, e – al contempo – individuare le attività economiche con esse compatibili.

In particolare:

Il fiume Tevere, dalla diga di Montedoglio al confine del territorio comunale subito a valle della confluenza del t. Afra, presenta molteplici problematiche caratterizzate da diversi livelli di criticità; riassumendo qui la più estesa descrizione più avanti riportata, meritano menzione il problema della sensibile erosione dell'alveo con conseguente destabilizzazione delle opere idrauliche e altri manufatti, il non ottimale stato di manutenzione degli argini longitudinali e trasversali, la persistenza in area golenale di attività produttive legate ai calcestruzzi e ai conglomerati bituminosi, oggettivamente poco compatibili con tale ambito in relazione al rischio idraulico e all'impatto sull'ambiente e sulle opere idrauliche; a tale riguardo il Piano Strutturale individua un percorso di delocalizzazione di tali attività.

Elementi di criticità si ravvisano anche in alcuni tributari di sinistra del fiume Tevere, che, un tempo liberi di divagare nei rispettivi coni di deiezione, sono nei giorni odierni costretti nel loro alveo dalla forte antropizzazione della fascia pedecollinare sede della città. Tale "costrizione", che spesso si concretizza in tombamenti o "intubamenti" con sezione trasversale (e conseguente capacità di

convogliare le portate idriche) sensibilmente inferiore alle dimensioni dell'alveo naturale, presenta tutta la sua debolezza in presenza di eventi meteorologici importanti, e richiede l'individuazione di soluzioni di potenziamento della capacità drenante della rete idrografica.

Ad esempio nel torrente Fiumicello sono presenti una serie di attraversamenti con sezione idraulica non idonea; in destra idrografica dello stesso corso d'acqua sono presenti delle aree dove si verificano frequenti fenomeni di ristagno. Anche il fosso Infernaccio, che nel centro urbano risulta in parte tombato, risulta avere una sezione idraulica non sufficiente al corretto smaltimento delle acque.

Infine nel Torrente Afra, a valle del centro urbano, sono presenti una serie di erosioni.

4. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO E STORICO

La città di Sansepolcro è posta ai piedi dell'ultimo tratto dell'Appennino toscano e domina l'Alta valle del Tevere, che si apre in un vasto anfiteatro montano e collinare, delimitato dall'Alpe della Luna, dalla Massa Trabaria, dalle colline della vicina Umbria e dai monti dell'Aretino e dell'Alpe di Catenaiola.

Il tratto del Fiume Tevere che attraversa il territorio comunale è compreso tra la Diga di Montedoglio e circa cinquecento metri a valle della confluenza con il Torrente Afra. La Piana di Sansepolcro è costituita dai depositi alluvionali trasportati dal tratto montano del Tevere e rilasciati in corrispondenza della diminuzione di pendenza della Piana stessa. Originariamente il fiume divagava liberamente per la Piana fino alla progressiva antropizzazione che lo ha via via confinato nel tracciato attuale.

All'inizio del secolo scorso furono realizzate le opere arginali longitudinali e trasversali che specialmente nel tratto dalla Diga al Ponte d'Anghiari hanno ben definito il tracciato e i livelli di sicurezza.

Le sistemazioni montane del secolo scorso, le massicce escavazioni in alveo e la realizzazione dello sbarramento in corrispondenza della stretta di Montedoglio, hanno drasticamente attenuato il contributo di trasporto solido delle piene, sviluppando viceversa un comportamento fortemente erosivo delle stesse.

Si è quindi verificato un approfondimento del fondo d'alveo fino a oltre due metri, con conseguente maggiore definizione e incisione della savanella centrale e capacità di contenere in essa maggiori portate, con contestuale destabilizzazione e scalzamento di tutte le opere fluviali da esse interessate tra cui: argini trasversali, il Ponte di Anghiari, la messa a nudo delle fondazioni del nuovo ponte della S.R. Senese Aretina.

In definitiva le opere descritte hanno in varia misura contribuito (come si evince nei paragrafi successivi di questo studio) alla riduzione del rischio idraulico nel tratto del Tevere interessato, a spese della necessità di tenere sotto controllo la conseguente "aggressività" del fiume in termini di capacità erosiva.

Dalle notizie¹ fornite dalla Provincia di Arezzo all'Amministrazione Comunale di Sansepolcro su richiesta del sottoscritto, si evince una descrizione puntuale e preziosa dell'argomento rispetto al quadro brevemente sopra delineato.

Il tratto di fiume interessato dalla sistemazione di progetto si colloca allo sbocco nell'Alta Valtiberina Toscana, dopo il segmento iniziale di corso montano, a forte pendenza, dall'Appennino Tosco - Emiliano fino all'abitato di Pieve S. Stefano e da qui, attraverso una stretta valle a pendenza più ridotta, fino alla stretta della collina e attuale Diga di Montedoglio.

I terreni attraversati, nel tratto montano, risentono in parte di una formazione geologica relativamente giovane, miocenica, e vengono classificati fra le formazioni torbiditiche prevalentemente arenacee e marno - siltose appartenenti all'Unità Cervarolo - Falterona. In parte affiora poi la successione, ancora miocenica, marnoso arenacea soprattutto in sinistra del bacino idrografico. Masse serpentinicche dei Monti Rognosi e brecce ofiolitiche della eocenica Formazione di Monte Morello completano il Quadro dei terreni interessati dal Bacino prima dello sbocco nell'Alta Valtiberina.

L'Alta Valtiberina appare invece di formazione ancora più giovane, con depositi pliocenici (antico Lago Tiberino) e successivo Paleotevere fino al Pleistocene ed età recente.

Da quanto sopra emerge un susseguirsi di terreni formati da rocce friabili, tenere e facilmente erodibili con prodotti di natura fine (limo argillosi) ma anche di residui silico - calcarei che hanno esercitato forte interesse per attività di sfruttamento economico.

Dal punto di vista idraulico, come vedremo, tale trasporto solido in passato ha fortemente condizionato la dinamica fluviale del Tevere nel tratto vallivo dell'Altavaltiberina Toscana, oggetto dell'intervento in questione. Più recentemente, nel corso di questo secolo, a causa di alcuni interventi regolatori (esecuzione del progetto di sistemazione del bacino nella zona montana, massicce ed incontrollate escavazioni di materiali inerti, costruzione della Diga di Montedoglio) i termini della questione risultano radicalmente modificati passando da un regime di forte deposito alluvionale ad una fase decisamente erosiva.

Dal punto di vista planimetrico, in ogni caso, con le bonifiche dei Camaldolesi di inizio millennio che hanno corretto, verso oriente (direz. Sansepolcro) curvando da sotto il Castello di Montedoglio, il corso naturale del fiume in precedenza diretto più verso il centro della Valle, il Tevere assume l'attuale definitivo assetto, anche se detta «forzatura» dei bonificatori Camaldolesi non sarà certo estranea alle successive difficoltà di contenere il fiume entro le arginature.

Un primo progetto di sistemazione del Tevere in Valtiberina fu elaborato alla fine del secolo scorso [diciannovesimo] dal Genio Civile; vale la pena riportare la filosofia progettuale e le motivazioni della bocciatura del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici attingendo direttamente dalle fonti.

Dalla Relazione di progetto del 12 maggio 1894 del Corpo Reale del Genio Civile di Arezzo:

“...La sistemazione del Fiume Tevere fra i sopraindicati punti è stata sempre oggetto di cura e di spese per i Comuni di Anghiari e di Sansepolcro, e per i proprietari dei fondi laterali al corso d'acqua, stante le continue inondazioni ed i rilevanti danni che ogni piena arreca a quelle ubertose campagne ...”

“Il fiume Tevere oggi minaccia fortemente tutti i terreni sulla destra riva, ove sono le borgate di Viaio e di Campodazzi, ed in questo tratto il fiume ha il fondo così rialzato, da potersi

¹ Le notizie utilizzate sono state ricavate dal Progetto di recupero officiosità idraulica ed adeguamento del sistema di difesa del Tevere Toscano a valle della Diga di Montedoglio del 20/03/1999 redatta dal Provveditorato OO.PP. per la Toscana - Ufficio Territoriale di Arezzo.

considerare quasi pensile sulla campagna, cui non è da dire quali potrebbero essere i danni che si verificherebbero al giungere di una straordinaria piena. L'abitato di S.Croce, situato poco più a valle, deve forse la sua salvezza finora ...”

I calcoli idraulici individuarono una portata di max. piena di 530.57 me/sec.

Il Consiglio Superiore del LL.PP., in adunanza 16 agosto 1895, così si espresse:

“Una sistemazione siffatta nel letto di deiezione del fiume è semplicemente assurda; sarebbe probabilmente conclusa prima che fosse compiuta [...] La savanella centrale, ancorché aperta a tutta larghezza fin da principio come pare opinerebbe l'Ispettore Compartimentale, promuovendo nel suo cavo il deposito dalle materie trasportate dalle piene, non tarderebbe troppo ad appiarsi e la corrente, ritornata vagante, investirebbe e romperebbe facilmente gli argini ...”; tutto ciò per evidenziare che la sostanza del problema stava nella rilevanza del trasporto solido.

Con l'istituzione del Consorzio e il Decreto di classifica in 3° categoria (R.D. 19 aprile 1906), fu portato avanti un nuovo progetto di sistemazione, quello poi realizzato che corrisponde alle opere attuali, approvato dal Consiglio Superiore.

Citando direttamente la relazione del progetto in data 27 maggio 1907, la sistemazione prevedeva l'esecuzione di “un sistema di argini longitudinali ed ortogonali, in modo di avere un sistema continuo di casse di colmata, [...] dovendosi stabilire la posizione degli argini ortogonali si è dovuto necessariamente studiare prima l'andamento naturale dell'asse del fiume e poscia la sezione normale dell'alveo. In pari tempo riscontrandosi una gora di Mulino, si è creduto opportuno costruire una briglia la quale serva non poco a trattenere a monte del materiali di deiezione, ma eziandio a diminuire la pendenza del fiume dalla Gora in su. [...] Ed invero nel tratto superiore e precisamente dalla Chiusa degli Anghiaresi a S.Croce, per una lunghezza di circa Km. 3 l'alveo del fiume ha ormai un livello ben più alto della pianura. [...] E' cosa ormai indiscussa dagli eminenti idraulici che il miglior sistema di fare una correzione in un fiume sia quella di curarne il male fin dalle origini e cioè nel suo bacino montano ” rimandando detta necessità ad un futuro progetto, che poi fu realmente attuato. La verifica idraulica portò alla conclusione di considerare una massima piena di me/sec 725 “cifra come vedesi di molto superiore a quella di 530 trovata dal Genio Civile: tale differenza dipende da molte cause e principalmente perché le acque in piccola parte, sono trattenute negli spazi, a guisa di colmata, dell'ampio letto del fiume”.

Circa le caratteristiche degli argini: “[...] gli argini trasversali che attestano con quelli longitudinali, si trovano in media distanti 200 gli uni dagli altri; essi si prolungano fino alla golenia e le loro teste verso la corrente sono efficacemente difese da pignoni. L'altezza è stata calcolata in modo da avere un franco non minore di 40 cm ” [...] “La larghezza in cresta non fu creduto di progettarla inferiore a m. 2 che é portata anzi a m. 3 negli argini maestri, che servono talora anche a strada.” [...] “Le testate degli argini trasversali sono difese con pignoni; dei quali quelli che sono maggiormente esposti all' urto della corrente si sono costruiti parte in muratura e parte con forti rivestimenti di buzzoni o gabbioni - quelli invece che servono più che altro diremo così, a trattenere l'acqua nell'alveo stabilito, sono difesi totalmente con un sistema di gabbionatura doppia”.

Gli accadimenti successivi registrano e determinano anche un cambiamento radicale nel regime dei depositi del trasporto solido che, come sopra più volte evidenziato erano la causa di maggior preoccupazione per gli equilibri idraulici del tratto di fiume in argomento. Riguardo alle cause di ciò, SI è già accennato alla fine del primo capitolo.

In ogni caso la attuale situazione, via via stabilizzatasi a partire dall'ultimo dopoguerra, si configura come segue:

- il livello delle casse di colmata laterali risulta generalmente superiore al livello del letto del fiume ed in ogni caso sono separate dalla corrente da terrapieni, strade e caotici addensamenti di materiale per cui da tempo non risultano più utilizzate ed utilizzabili per la loro funzione originaria;

- il livello del letto del fiume si è progressivamente depresso dagli inizi del secolo fino a valori dell'ordine anche di un paio di metri e l'alveo del fiume di magra continua tuttora ad abbassarsi (per tale motivo è crollato il vecchio ponte di Anghiari sulla Provinciale agli inizi degli anni novanta ed il nuovo ponte sulla Statale, fortemente scalzato, è stato protetto con una briglia subito a valle);

- il fiume si sta scavando un alveo nella zona centrale, vanificando i benefici effetti di laminazione delle riserve di volume laterali, così da mettere in forte rischio la zona del ponte di Sansepolcro e le zone a valle in Umbria presso Città di Castello.

Per ovviare a detti inconvenienti, su finanziamento del Provveditorato alle OO.PP. per la Toscana, l'Ente Autonomo per l'irrigazione di Arezzo redasse un progetto di sistemazione del tratto interessato dalle seguenti caratteristiche:

A) Tratto dalla briglia di Gorgabuia al ponte di Anghiari:

Oltre alla sistemazione della briglia, si prevede la sistemazione di una sezione larga 150 m, con una parte centrale piana larga 30 m provvista di una gaveta per il deflusso e per l'incanalamento delle portate di magra, pressoché costante per tutto il tratto; realizzazione per tutto il tratto, in sinistra e destra di arginature longitudinali, raccordate alle sponde, in grado di contenere la piena di 700 mc/sec. e di sottrarre l'attuale gola all'esondazione; riduzione della pendenza d'alveo dal 5 al 2% tramite la realizzazione di 16 soglie alte 1 ml. al fine di stabilizzare l'alveo.

B) Tratto dal Ponte di Anghiari al Ponte di Pistrino:

Realizzazione di argini longitudinali, sia in sinistra che in destra secondo andamento analogo agli esistenti oltre a piccoli interventi di protezione sponde.

Sul progetto, con nota in data 17 settembre 1993 e relazione allegata, l'Autorità di bacino del Tevere si esprime con le seguenti considerazioni:

“... In merito inoltre alla scelta operata in sede progettuale per la sistemazione del primo tratto e cioè di limitare le aree di esondazione, atteso che l'alveo del fiume e le aree golenali sono idonei a contenere le piene artificiali indotte dagli organi di scarico della diga e che non sono interessate infrastrutture od insediamenti abitativi esistenti essendo l'area assolutamente non antropizzata, si ritiene che tale scelta non sia condivisibile e che vada invece salvaguardato l'alveo naturale del fiume con le relative aree di esondazione, limitando in massima parte l'esecuzione di opere di difesa longitudinali.”

Concludendo che le soluzioni esecutive dovranno essere congruenti con i seguenti criteri:

“...A) Tratto dalla briglia di Gorgabuia al ponte di Anghiari:

- manutenzione e sistemazione delle opere idrauliche esistenti;
- salvaguardia della stabilità del corpo diga per effetto della portata defluente dagli scarichi;
- stabilizzazione e sistemazione dell'alveo nei tratti di accertata erosione a valle dello sbarramento con minime movimentazioni del materiale d'alveo senza asportazioni dello stesso individuando le discariche possibilmente in corrispondenza dei ripascimenti necessari sempre nell'ambito dell'alveo fluviale;
- mantenimento delle attuali capacità di laminazione.

B) Tratto a valle del Ponte di Anghiari;

- lo studio della sistemazione dovrà essere ampliato oltre i confini amministrativi in un progetto di sistemazione globale [...] Tale studio dovrà essere riportato all'attenzione del Comitato Tecnico”.

Successivamente, con parere in data 16 marzo 1994, l'Autorità di Bacino, in sede di esame del progetto di cui sopra, modificato soprattutto nella limitazione delle arginature longitudinali, precisava ulteriormente i termini degli aspetti idraulici come segue:

“...Il progetto prevede la stabilizzazione dell'alveo centrale così come prevista nel Progetto Generale originario, mentre sono state modificate le arginature, eliminandole del tutto o limitandone le dimensioni...”

L'eliminazione e/o riduzione degli argini è stata possibile in quanto è stata assunta la portata di progetto pari a 400 mc/sec quale valore limite della portata di piena oltre il quale potranno essere interessate le aree golenali. Tale valore limite è di poco superiore alla piena artificiale provocata dall'apertura del solo scarico di fondo della Diga, pari a 339.3 mc/sec, ed è dello stesso ordine di grandezza delle piene storiche verificatesi negli ultimi decenni.

La piena artificiale di circa 700 mc/sec provocata dall'apertura dello scarico di superficie regolato ($Q_{max} = 360$ mc/sec) e dello scarico di fondo ($Q_{max} = 339.5$ mc/sec), sarà pertanto contenuta in parte nell'alveo stabilizzato, mentre la restante parte pari a 300 mc/sec esonderà nelle aree golenali....”

L'Ente Irrigazione, conseguentemente, ha eseguito un primo stralcio del progetto proposto, sistemando il tratto immediatamente a monte del Ponte di Anghiari per circa 1600 m, con realizzazione di argini in grado di contenere una portata di 400 mc/sec e di soglie di fondo in calcestruzzo oltre al consolidamento della briglia di Gorgabuia (le opere risultano recentemente ultimate [1999]).

In conclusione occorre riferire che il Provveditorato alle OO.PP. per la Toscana - Ufficio Territoriale di Arezzo ha realizzato quanto riportato nel Progetto di recupero officiosità idraulica ed adeguamento del sistema di difesa del Tevere Toscano a valle della Diga di Montedoglio del marzo 1999 (da cui sono state ricavate le precedenti notizie storiche) e cioè manutenzione straordinaria con parziale ripristino delle opere idrauliche esistenti nel tratto dalla Briglia di Gorgabuia fino al ponte di Anghiari, la ripulitura dalla vegetazione degli argini maestri a valle del Ponte, in avanzato stato di degrado, e una manutenzione selezionata della vegetazione nelle sponde di valle.

Affluenti del Fiume Tevere

Gli affluenti del Fiume Tevere che interessano la variante in oggetto e che attraversano il territorio comunale di Sansepolcro sono prevalentemente torrenti naturali non protetti da opere idrauliche. In questa sede è stata omessa la verifica idraulica dei predetti corsi d'acqua rimandandone l'elaborazione durante la stesura del Regolamento Urbanistico.

Di seguito si riporta un breve inquadramento morfologico dei corsi d'acqua più grandi.

Il **Torrente Tignana** nasce dal Monte dei Frati (1453 m s.l.m.) e dopo circa 8 km è affluente di sinistra del Tevere a Badia Sucaselli. L'unico affluente del Tignana degno di nota è il Fosso di Stianta (o Grillaia), che si snoda per circa 4 km, scendendo dalle pendici dell'Alpe della Luna. Le caratteristiche geomorfologiche e paesaggistiche del bacino sono peculiari: nella parte più alta,

verso l'area dell'Alpe della luna, è prevalente la natura argillosa del suolo, facilmente soggetto a frane ed erosioni, capace finora di ostacolare un'intensa antropizzazione. L'estensione del suo bacino è pari a km 14,729.

Il Torrente Fiumicello ha origine da Monte Prati Alti a quota 1050.2 m s.l.m., attraversa le foreste dell'Alpe della Luna con andamento da Nord-Est verso Sud-Ovest, attraversa l'abitato di Sansepolcro per poi confluire nel Fiume Tevere in sinistra idrografica. Il bacino del Torrente Fiumicello è di circa 8.8 kmq.

Il Torrente Afra e affluenti (Pischiano, Moschetto e Fossatone) nasce dal Monte Maggiore a quota 1384 m s.l.m., attraversa le foreste dell'Alpe della Luna con andamento da Nord verso Sud, costeggia verso Est l'abitato di Sansepolcro per poi confluire nel Fiume Tevere in sinistra idrografica. Tra gli affluenti del torrente gli unici degni di nota sono il Fosso di Pischiano (affluente di sinistra) che si snoda per circa 3 km, scendendo dalle pendici dell'Alpe della Luna, il Fosso di Moschetto (affluente di destra) che nasce dal Monte Prati Alti ed infine il Rio Fossatone (affluente di destra) che nasce dal Monte Farneto. Il torrente Afra nel tratto finale è arginato. Il bacino del Torrente Afra è di circa 33.38 kmq.

Il Fosso Vannocchia: nasce dal Poggio della Ciocca costeggia verso Ovest l'abitato di Sansepolcro, riceve il contributo del fosso Stanavolpi, per poi confluire nel Fiume Tevere in sinistra idrografica, poco a monte della confluenza del Fiumicello.

Il Fosso La Reglia: canale artificiale, a servizio di una serie di mulini, che dall'abitato di Anghiari, costeggiando la S.P. n.43 attraversa la piana a sud di Gricignano per poi immettersi nel Fiume Tevere in destra idrografica. La quasi totalità dello sviluppo del canale ricade nel comune di Anghiari, solo una minima parte, compresa tra le loc. Corpo del Sole e Molino Spino, attraversa l'estremità sud del comune di Sansepolcro.

Il Fosso Infernaccio: ha origine dal Monte Farneto a quota 812.2 m s.l.m. , attraversa le foreste dell'Alpe della Luna con andamento da Nord-Est verso Sud-Ovest, attraversa l'abitato di San Sepolcro per poi confluire nel Fiume Tevere. Nel tratto a monte del cimitero il Fosso Infernaccio è arginato e in certi tratti pensile, l'attraversamento di via dei Visconti (limite di monte del cimitero) è un tombino con luce pari a 1.60 m x 0.90 m H; quindi il torrente scorre tra il vecchio e il nuovo cimitero con il muro di questo in sinistra e un argine in destra, infine al termine del cimitero e subito a monte di v.le Osimo, inizia il tratto tombato cittadino con un tubolare di diametro 1500 mm.

L'Autorità di Bacino del Tevere, secondo quanto previsto dal DM 180/98 "Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico a favore delle zone colpite dai disastri franosi nella Regione

Campania", ha incaricato l'Amministrazione Provinciale di Arezzo – Servizio di Difesa del Suolo e Salvaguardia delle Risorse Idriche e Naturali di eseguire la verifica delle perimetrazioni relative alle aree inondabili a più elevato rischio idraulico nella Valtiberina aretina. Lo studio ha interessato, per quanto attiene il territorio comunale di Sansepolcro, il tratto terminale del torrente Infernaccio. Tuttavia come si evince dalla precedente trattazione il torrente Infernaccio non è incluso nell'elenco dei corsi d'acqua oggetto delle prescrizioni, dei vincoli e delle direttive sul rischio idraulico di cui alla D.C.R. 12/2000 della Regione Toscana.

Di seguito si riportano gli studi effettuati dalla Provincia di Arezzo sul t. Infernaccio.

“Il tratto di fosso analizzato è quello delimitato, a monte, da un salto di fondo collocato subito sopra l'intersezione con la strada vicinale dei Cappuccini mentre, a valle, è delimitato dalla fine del muro perimetrale del cimitero di Sansepolcro. Complessivamente il tratto considerato è lungo 600 metri. Il corso d'acqua interseca anche la strada statale Tiberina, e in corrispondenza di tale intersezione, vi è la confluenza di un fosso minore alla sinistra idrografica (denominato negli allegati “Infernaccio di sinistra”). Per quasi l'intero tratto studiato, il fosso è pensile rispetto al piano campagna circostante; pertanto con il modello di calcolo adottato non si valutano correttamente né i livelli idrici del flusso esondato, né la sua reale estensione planimetrica. Tuttavia, dalla elaborazione di calcolo emerge quanto segue.

- ◆ *Il ponticello della strada vicinale determina un rigurgito tale da provocare l'esondazione sia in destra che in sinistra idrografica.*
- ◆ *In sinistra, oltre il muro di cinta di una proprietà privata, una lama d'acqua piuttosto sottile oltrepassa un varco posto ad una quota maggiore rispetto all'impalcato del ponticello che provoca il rigurgito; il flusso prosegue lungo il versante fin verso il fondo valle, scorrendo lungo un'ampia superficie, delimitata dall'affluente di sinistra, anch'esso pensile. La lama affluente, come detto sopra, è prevedibile che si mantenga piuttosto sottile.*
- ◆ *La corrente che esonda in destra idrografica, contrariamente a quella di sinistra, è accentuata dalla pendenza della strada che agevola l'allontanamento dell'acqua rispetto al fosso. Il flusso, dopo aver compiuto un salto di circa tre metri, scorre all'interno di un appezzamento privato, dove può espandersi ed incontrare le resedi di alcuni edifici di civile abitazione posti a valle. Questa corrente percorrerà la vallecola delimitata dal fosso pensile e dalla strada di piano, che scende parallela a questo, dove si trovano numerose abitazioni con locali seminterrati e interrati. Entro questa fascia, non si è in grado di stabilire con precisione quali direzioni prenderà la corrente e dove andrà a concentrarsi il flusso. Analogamente non siamo in grado di prevedere in dettaglio i percorsi dei rivoli d'acqua una volta oltrepassata la strada statale Tiberina. Quasi certamente però, a causa delle pendenze del terreno, l'area compresa tra il fosso, che qui corre in fregio al muro di cinta del cimitero e la strada di piano alla destra idrografica, sarà oggetto d'inondazione. Oltrepassata la strada di piano, parallela alla s.s.*

Tiberina, il corso d'acqua si presenta tombato con una sezione circolare di oltre un metro, comunque insufficiente a contenere la piena cinquantennale e duecentennale. Oltrepassato il tombamento risulta molto difficile stabilire quali aree saranno soggette ad allagamento. Tuttavia risulta ragionevole considerare a rischio idraulico (anche se per livelli idrici abbastanza contenuti) l'area a valle della strada fino alla confluenza col fiume Tevere.”

Tale aree è stata inserita dall'Autorità di Bacino del fiume Tevere nell'Atlante delle situazioni di rischio idraulico (reticolo secondario e minore).

I seguenti corsi d'acqua risultano iscritti nell'elenco delle acque pubbliche della Provincia di Arezzo, ai sensi del R.D. 523/1904.

<i>Nome del corso d'acqua</i>	<i>Codice Acque Pubbliche</i>
Fiume Tevere	259
Fosso Rio o Vannocchia	327
Torrente Fiumicello	328
Torrente Afra	329
Rio Fossatone	330

SISTEMA FOGNARIO

Il sistema fognario del Comune di Sansepolcro è oggetto di trattazione specifica nel settore del Piano Strutturale riguardante le reti infrastrutturali,.

Tuttavia si ritiene opportuno dare in questa sede alcuni cenni, vista l'interferenza del sistema fognario con la rete dei corsi d'acqua e in generale il drenaggio delle acque meteoriche.

Il sistema fognario esistente è caratterizzato dalla presenza di quattro collettori fognari principali:

- il primo convoglia le acque della parte orientale di Sansepolcro, costeggia in destra idrografica il Torrente Afra ed arriva al depuratore esistente posto in sinistra idrografica del Fiume Tevere;
- il secondo convoglia le acque dall'abitato di Pieve Santo Stefano, costeggiando in sinistra idrografica il Fiume Tevere, al depuratore esistente trasportando anche le acque proveniente dalla parte occidentale di Sansepolcro in prossimità del Ponte sul Tevere;
- il terzo convoglia le acque degli abitati di Falcigiano e Santa Fiora portandole al depuratore esistente;
- il quarto convoglia le acque dall'abitato di Anghiari al depuratore esistente.

La rete fognaria presenta una serie di problematiche dovute in particolare all'inadeguatezza delle tubazioni che raccolgono non solo gli scarichi civili e pluviali della città ma anche le acque provenienti dai fossi della sovrastante collina.

Tra gli interventi necessari si prevede la realizzazione di nuovi collettori per alleggerire quelli esistenti, per esempio la zona Viale Osimo e le strade limitrofe sono caratterizzate da sofferenza idraulica nel caso di eventi meteorologici severi, vista anche la criticità del tombamento del torrente Infernaccio, per il quale è allo studio la realizzazione di un collettore che raccolga le acque a monte e le immetta nel torrente Fiumicello.

5. ELABORAZIONE DELLE CARTE DI PIANO

L'elaborazione delle carte allegate al piano strutturale (carta delle aree allagate, carta degli ambiti fluviale e carta della pericolosità idraulica) è stata eseguita in collaborazione con la PROGEO S.r.l., incaricata della parte geologica del Piano Strutturale.

Si riporta di seguito la denominazione delle carte ed in sintesi le modalità di redazione, più avanti invece si riporta la nomenclatura con la definizione proveniente dalla normativa vigente delle varie fasce.

CARTA DELLE AREE ALLAGATE (Tav.???)

Tale carta è stata realizzata utilizzando le fonti informative della Provincia di Arezzo (aree allagate reperite dal quadro conoscitivo del PTCP), dell'Autorità di Bacino del fiume Tevere (area allagata in prossimità del cimitero del Capoluogo) e della Regione Toscana (carta delle aree inondabili – anno 1995).

CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA (scala 1:10.000 e 1:2.000 - Tav.???)

Per la definizione di tali classi di pericolosità sono stati utilizzati i criteri definiti ai sensi della D.C.R. 72/2007 e del D.P.G.R. n. 26/R del 27 aprile 2007.

La **Delibera del Consiglio Regionale 24 luglio 2007 n. 72** (Piano di Indirizzo Territoriale della Toscana) definisce le misure di salvaguardia dei corsi d'acqua allegati alla stessa; nella seguente tabella sono riportati i corsi d'acqua classificati da tale norma nel Comune di Sansepolcro.

<i>Nome del corso d'acqua</i>	<i>codice</i>
Torrente Afra	AR 2433
Fosso Buio o di Moscheto	AR 925
Torrente Fiumicello	AR 2616
Rio Fossatone	AR 2100
Fosso Grillaia o Stianta	AR 1279
Fosso la Reglia o Fosso Rimaggio	AR 3022
Fosso Pischiano	AR 1531
Fosso Rio o Vannocchia	AR 1658
Fiume Tevere	AR 751
Torrente Tignana	AR 2763

L'art. 36 della Disciplina del P.I.T. prevede infatti le seguenti misure generali di salvaguardia:

“3. Gli strumenti della pianificazione territoriale e gli atti di governo del territorio a far data dalla pubblicazione sul BURT dell'avviso di adozione del piano, non devono prevedere nuove edificazioni, manufatti di qualsiasi natura o trasformazioni morfologiche negli alvei, nelle golene, sugli argini e nelle aree comprendenti le due fasce della larghezza di m. 10 dal piede esterno dell'argine o, in mancanza, dal ciglio di sponda dei corsi d'acqua principali ai fini del corretto assetto idraulico individuati nel Quadro conoscitivo del presente piano come aggiornato dai piani di bacino vigenti e fermo restando il rispetto delle disposizioni in essi contenute.

4. La prescrizione di cui al comma 3 non si riferisce alle opere idrauliche, alle opere di attraversamento del corso d'acqua, agli interventi trasversali di captazione e restituzione delle acque, nonché agli adeguamenti di infrastrutture esistenti senza avanzamento verso il corso d'acqua, a condizione che si attuino le precauzioni necessarie per la riduzione del rischio idraulico relativamente alla natura dell'intervento ed al contesto territoriale e si consenta comunque il miglioramento dell'accessibilità al corso d'acqua stesso.

5. Sono fatte salve dalla prescrizione di cui al comma 3 le opere infrastrutturali che non prevedano l'attraversamento del corso d'acqua e che soddisfino le seguenti condizioni:

a) non siano diversamente localizzabili;

b) non interferiscano con esigenze di regimazione idraulica, di ampliamento e di manutenzione del corso d'acqua;

c) non costituiscano ostacolo al deflusso delle acque in caso di esondazione per tempi di ritorno duecentennali;

d) non siano in contrasto con le disposizioni di cui all'articolo 96 del regio decreto 523/1904.

Il Regolamento di attuazione dell'art. 62 della L.R. 1/2005 (in seguito definito Regolamento), approvato con Decreto del Presidente della Giunta Regionale Toscana n. 26/R del 27/04/2007 “Indagini Geologiche” ridefinisce i criteri per la classificazione del territorio nelle quattro categorie di pericolosità idraulica, sulla base di verifiche idrauliche, all'interno delle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali; a questo scopo l'Amministrazione Comunale ha preliminarmente individuato le aree con potenziale vocazione edificatoria per poi definire all'interno di esse le effettive future previsioni.

Al di fuori di tali aree sono comunque definiti gli ambiti territoriali di fondovalle con criteri storico inventariali e geomorfologici, come di seguito riportato:

- **Pericolosità idraulica molto elevata (I.4):** [...] rientrano in classe di pericolosità molto elevata le aree di fondovalle non protette da opere idrauliche per le quali ricorrano contestualmente le seguenti condizioni:

a) vi sono notizie storiche di inondazioni

b) sono morfologicamente in situazione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.

- **Pericolosità idraulica elevata (I.3):** [...] rientrano in classe di pericolosità elevata le aree di fondovalle per le quali ricorra almeno una delle seguenti condizioni:

a) vi sono notizie storiche di inondazioni

b) sono morfologicamente in condizione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.

- **Pericolosità idraulica media (I.2):** [...] rientrano in classe di pericolosità media le aree di fondovalle per le quali ricorrano le seguenti condizioni:

a) non vi sono notizie storiche di inondazioni

b) sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

- **Pericolosità idraulica bassa (I.1):** [...] aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

a) non vi sono notizie storiche di inondazioni

b) sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

E' stato predisposto un modello numerico dello stato attuale dei corsi d'acqua che potenzialmente minacciano le aree circostanti a vocazione edificatoria (aree urbane), e in base ai risultati del calcolo

di verifica, sono state perimetrare le aree a diversa pericolosità in funzione della frequenza degli eventi alluvionali modellati, ovvero (sempre con riferimento alle aree all'interno delle UTOE):

- **Pericolosità idraulica molto elevata (I.4):** aree interessate da allagamenti per eventi con $Tr \leq 30$ anni. [...]
- **Pericolosità idraulica elevata (I.3):** aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $30 < Tr \leq 200$ anni. [...]
- **Pericolosità idraulica media (I.2):** aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $200 < Tr \leq 500$ anni. [...]

Il processo di individuazione delle aree soggette a trasformabilità, si realizza mediante il continuo confronto tra le esigenze di sviluppo urbanistico e la loro sostenibilità, anche in termini delle problematiche legate alla difesa del suolo. In particolare tali aree vengono preferibilmente individuate ove il livello di rischio idraulico è più basso, o sia riconducibile a livelli normativi accettabili, mediante opportuni interventi di riduzione del rischio stesso.

Le **Norme di Attuazione del PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)** dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere, adottato dal Comitato Istituzionale il 1 agosto 2002 con delibera n. 101, individuano le prescrizioni per le aree che ricadono all'interno di particolari fasce fluviali.

Art. 25. La fascia A

1 Nella fascia definita A il P.A.I. persegue l'obiettivo di garantire generali condizioni di sicurezza idraulica, assicurando il libero deflusso della piena di riferimento e il mantenimento e/o il recupero delle condizioni di equilibrio dinamico dell'alveo e favorendo l'evoluzione naturale del fiume.

2 Nella fascia A, fatto salvo quanto previsto all'art. 4, commi 2, 3, sono ammessi esclusivamente:

a) gli interventi edilizi di demolizione senza ricostruzione;

b) gli interventi edilizi sugli edifici, sulle infrastrutture sia a rete che puntuali e sulle attrezzature esistenti, sia private che pubbliche o di pubblica utilità, di manutenzione ordinaria, straordinaria, restauro, risanamento conservativo e di ristrutturazione edilizia, così come definiti dalle normative vigenti, nonché le opere interne agli edifici, ivi compresi gli interventi necessari all'adeguamento alla normativa antisismica, alla prevenzione sismica, all'abbattimento delle barriere architettoniche ed al rispetto delle norme in materia di sicurezza ed igiene sul lavoro, nonché al miglioramento delle condizioni igienico-sanitarie, funzionali, abitative e produttive. Gli interventi di cui sopra possono comportare aumento di volume ma non della superficie di sedime e devono essere realizzati

in condizioni di sicurezza idraulica senza modifica delle condizioni di deflusso della piena previo parere e verifica dell'autorità regionale idraulica competente;

c) gli interventi volti alla messa in sicurezza delle aree e degli edifici esposti al rischio a condizione che tali interventi non pregiudichino le condizioni di sicurezza idraulica a monte e a valle dell'area oggetto di intervento;

d) gli interventi necessari a ridurre la vulnerabilità degli edifici, delle infrastrutture e delle attrezzature esistenti ed a migliorare la tutela della pubblica incolumità senza aumento di superficie e di volume;

e) gli interventi di ampliamento di opere pubbliche o di pubblico interesse, riferiti a servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché di realizzazione di nuove infrastrutture lineari e/o a rete non altrimenti localizzabili, compresa la realizzazione di manufatti funzionalmente connessi, attrezzature ed impianti sportivi e ricreativi all'aperto con possibilità di realizzazione di modesti manufatti accessori a servizio degli stessi, a condizione che tali interventi non costituiscano significativo ostacolo al libero deflusso e/o significativa riduzione dell'attuale capacità d'invaso, non costituiscano impedimento alla realizzazione di interventi di attenuazione e/o eliminazione delle condizioni di rischio e siano coerenti con la pianificazione degli interventi di protezione civile;

f) gli interventi per reti ed impianti tecnologici, per sistemazioni di aree esterne, recinzioni ed accessori pertinenziali di arredo agli edifici, alle infrastrutture ed alle attrezzature esistenti, purché non comportino la realizzazione di nuove volumetrie, alle condizioni di cui alla lettera;

g) la realizzazione di manufatti di modeste dimensione al servizio di edifici, infrastrutture, attrezzature e attività esistenti, realizzati in condizioni di sicurezza idraulica e senza incremento dell'attuale livello di rischio;

h) le pratiche per la corretta attività agraria con esclusione di ogni intervento che comporti modifica della morfologia del territorio;

i) interventi volti alla bonifica dei siti inquinati, ai recuperi ambientali ed in generale alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione dei fattori di interferenza antropica;

l) le occupazioni temporanee, a condizione che non riducano la capacità di portata dell'alveo, realizzate in modo da non arrecare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità in caso di piena;

m) gli interventi di manutenzione idraulica come definiti nell'allegato "Linee guida per l'individuazione e la definizione degli interventi di manutenzione delle opere idrauliche e di mantenimento dell'efficienza idraulica della rete idrografica";

n) gli edifici e i manufatti finalizzati alla conduzione delle aziende agricole, purché realizzate in condizioni di sicurezza idraulica e senza incremento dell'attuale livello di rischio;

o) gli interventi di difesa idraulica così come disciplinati dall'art. 30;

p) l'attività estrattiva nei limiti previsti dall'articolo 31;

q) gli interventi e le attività connessi alla navigazione nei tratti classificati, purché ricompresi in piani di settore o regionali, ed a condizione che non costituiscano fonte di trasporto per galleggiamento di mezzi o materiali durante la piena.

3 E' richiesto il parere di cui al R.D. n. 523/1904 rilasciato dall'autorità regionale competente in materia idraulica relativamente agli interventi di cui alle lettere c), l), m), n), o), q) del precedente comma 2.

Art. 26. La fascia B

1 Nella fascia B il P.A.I. persegue l'obiettivo di mantenere e migliorare le condizioni di invaso della piena di riferimento, unitamente alla conservazione e al miglioramento delle caratteristiche naturali e ambientali.

2 Nella fascia B, salvo quanto previsto all'art. 4, commi 2, 3, sono ammessi:

a) tutti gli interventi consentiti in fascia A di cui all'art. 25;

b) gli interventi di ristrutturazione urbanistica sugli edifici, sulle infrastrutture sia a rete che puntuali e sulle attrezzature esistenti e relative aree di pertinenza, sia private che pubbliche o di pubblica utilità, così come definiti dalle normative vigenti, nonché di ampliamento e modifica della destinazione d'uso, a condizione che tali interventi siano realizzati in condizioni di sicurezza idraulica e non costituiscano significativo ostacolo al libero deflusso e/o significativa riduzione dell'attuale capacità di invaso, non costituiscano impedimento alla realizzazione di interventi di attenuazione e/o eliminazione delle condizioni di rischio e siano coerenti con la pianificazione degli interventi di protezione civile;

c) i depositi temporanei conseguenti e connessi ad attività estrattive autorizzate, da realizzarsi secondo le modalità prescritte in sede di autorizzazione;

d) gli interventi previsti dagli strumenti urbanistici generali vigenti alla data di approvazione del P.A.I. nelle zone omogenee A, B e nelle zone F (limitatamente alle attrezzature di carattere generale e pubblico) di cui al decreto interministeriale 1444/68, subordinando l'attuazione delle previsioni alla loro messa in sicurezza.

3. E' richiesto il parere di cui al R.D. n. 523/1904 rilasciato dall'autorità regionale competente in materia idraulica relativamente agli interventi di cui alle lettere b) e d) del precedente comma 2.

Art. 27. La fascia C

1 Nella fascia C il P.A.I. persegue l'obiettivo di aumentare il livello di sicurezza delle popolazioni mediante la predisposizione prioritaria, da parte degli Enti competenti ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225 e successive modificazioni e/o integrazioni, di programmi di previsione e prevenzione, nonché dei piani di emergenza, tenuto conto delle ipotesi di rischio derivanti dalle indicazioni del P.A.I..

2 I programmi di previsione e prevenzione ed i piani di emergenza per la difesa delle popolazioni e dei loro territori investono anche i territori individuati come Fascia A e Fascia B.

3 L'autorità regionale competente in materia idraulica esprime parere di cui al R.D. n. 523/1904 unicamente nei casi di nuove realizzazioni di infrastrutture lineari quali ferrovie, autostrade e strade, con la sola eccezione di quelle di lottizzazione.

Art. 28. Limitazioni alle attività di trasformazione del territorio nelle zone definite a rischio per fenomeni idraulici R4

1 Valgono le limitazioni già elencate all'art. 25 per la fascia A.

Art. 29. Limitazioni all'attività di trasformazione del territorio nella zone definite a rischio per fenomeni idraulici R3

1 Per tali zone valgono le disposizioni e limitazioni della fascia in cui sono ricomprese.

6. STATO DI EFFICIENZA DEI CORSI D'ACQUA E SCHEMA DI FUNZIONAMENTO DELLE OPERE IDRAULICHE

Il reticolo idrografico principale del territorio comunale è caratterizzato dal fiume Tevere (fortemente arginato) e dagli affluenti di sinistra (solo il fosso La Reglia è in destra) quasi per nulla arginati. I maggiori elementi di criticità si ravvisano nelle zone urbanizzate (escluse dall'oggetto della presente variante) relativamente soprattutto ai torrenti Fiumicello e Infernaccio.

Fiume Tevere: il fiume nel tratto in esame è arginato con un sistema di argini longitudinali anche doppi e trasversali limitatamente al tratto a monte della S.R. 73 senese-aretina. In tale tratto sono presenti anche salti di fondo in muratura, attestati agli argini longitudinali in materiale sciolto anche mediante l'impiego di gabbionate metalliche. Lo stato di manutenzione di tali opere di difesa idraulica presenta puntualmente la necessità di interventi di ripristino, pulizia e manutenzione, da eseguirsi a cura delle autorità competenti, con contestuale vigilanza su eventuali danni derivanti dall'uso improprio e/o abusivo degli ambiti fluviali. Tuttavia il recente rilievo dello stato attuale del Tevere e la conseguente verifica idraulica eseguiti su commissione del Provveditorato OO.PP. della Provincia di Arezzo, dimostrano che la portata con tempo di ritorno duecentennale transita in sicurezza all'interno delle arginature.

Torrente Tignana: non presenta arginature di rilievo. Il percorso interessa zone scarsamente antropizzate e costituisce praticamente il confine del territorio comunale verso Nord Ovest. Il tratto collinare è piuttosto inciso e presenta una fitta vegetazione caratterizzata anche da piante di alto fusto idrofile. Il breve tratto pseudo pianeggiante compreso tra il ponte della S.R. 3bis Tiberina e la confluenza nel Lago di Montedoglio risulta anch'esso privo di arginature di rilievo e piuttosto inciso. Si ravvisa l'opportunità di sfoltire la vegetazione, anche eventualmente a cura dei frontisti, secondo piani prestabiliti e salvaguardando un minimo di presenza arborea, soprattutto di essenze durevoli, per la sopravvivenza dell'ecosistema fluviale.

Fosso Vannocchia: non presenta arginature di rilievo. Il modesto bacino si sviluppa quasi totalmente nella pianura. Il fosso si presenta in un discreto stato di manutenzione e, stante anche la modestia della sezione trasversale media, non è interessato da particolari fenomeni di dissesto.

Torrente Fiumicello: non presenta arginature di rilievo. Dopo il tratto collinare fittamente vegetato (si vedano le considerazioni svolte per il t. Tignana) il Fiumicello attraversa la zona urbanizzata caratterizzata da numerosi ponti, muri spondali sub-verticali, e da uno stato di manutenzione soddisfacente. Si ravvisa l'opportunità di effettuare interventi di pulizia frequenti.

Torrente Infernaccio (non incluso nella D.C.R. 12/2000): il torrente presenta notevoli criticità (ad esempio nel tratto decisamente pensile a monte della SR 3bis Tiberina, nel tratto a valle compreso tra Cimitero Vecchio e Nuovo e in corrispondenza di Viale Osimo dove inizia il tratto tombato) ed è in parte incluso nelle aree inondabili a più elevato rischio idraulico nella Valtiberina aretina secondo le perimetrazioni eseguite dalla Provincia di Arezzo per conto dall’Autorità di Bacino del Tevere, in conformità a quanto previsto dal DM 180/98 "Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico a favore delle zone colpite dai disastri franosi nella Regione Campania" (le suddette aree allagate interessano solo marginalmente la zona del territorio aperto oggetto della presente Variante delle zone agricole). Il Comune di Sansepolcro ha fatto redigere uno studio idrologico e idraulico ai fini della progettazione preliminare per la laminazione delle piene del fosso Infernaccio (dicembre 2006).

Torrente Afra: è il più importante degli affluenti del Tevere nel territorio comunale, e il solo ad avere nel tratto di pianura un sistema arginale propriamente detto, anche se sostanzialmente limitato al tratto terminale prima dell’immissione nel Tevere, finalizzato a difendere i terreni e gli aggregati dal rigurgito delle piene del fiume maggiore. Per quanto la realizzazione della diga di Montedoglio e l’approfondimento dell’alveo del Tevere precedentemente descritto, abbiano ridimensionato il rischio di importanti livelli idrici, si ritiene opportuno mantenere adeguatamente tali opere di difesa. Nel tratto pedecollinare l’Afra presenta ragguardevoli dimensioni e profondità e occorre presidiare le sponde contro fenomeni erosivi, come già è stato fatto mediante consolidamento con gabbionate metalliche nei pressi di Loc. Cinquevie di Sotto. Anche in questo caso è opportuno procedere al taglio selettivo della vegetazione arborea.

Fosso La Reglia : solo un breve tratto di questo fosso interessa a Sud il territorio comunale. Non è interessato da arginature di rilievo e necessita della normale manutenzione prevista per i fossi campestri di importanza.

7. IDROLOGIA

Per la scelta della portata di progetto si ritiene utile confrontare i risultati delle diverse metodologie di calcolo della portata, per stabilire il valore di portata ragionevolmente più critico anche in virtù delle modificazioni che ha subito il corso d'acqua negli ultimi decenni e dei fenomeni di esondazione che si sono verificati.

7.1. METODO DEL VOLUME D'INVASO

- *Acquisizione dati idrologici*

Per consentire la stima delle prevedibili portate di piena sono stati presi in considerazione i valori massimi annuali delle piogge di breve durata (1, 3, 6, 12, 24 ore) e forte intensità relative alla stazione di **Pieve Santo Stefano** pubblicati sulla parte I sez. B degli Annali Idrologici della Sezione di Roma del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale della Presidenza del Consiglio dei Ministri.

I dati relativi sono riportati nelle tabelle seguenti e comprendono anche, per ogni durata il calcolo delle medie campionarie, delle deviazioni standard e del coefficiente di variazione.

Pluviografo di Pieve Santo Stefano:
precipitazioni di massima intensità

anno	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
1964	41.50	64.50	80.50	94.40	100.40
1965	31.20	45.60	57.00	71.80	77.80
1966	28.40	42.40	54.20	57.40	84.60
1967	29.40	37.20	38.00	39.50	55.60
1968	27.00	43.00	56.00	106.00	121.80
1969	26.00	38.40	49.80	58.60	64.50
1970	22.40	25.00	35.60	48.00	65.30
1971	33.00	50.00	55.00	57.80	99.00
1972	16.00	31.40	53.40	62.80	64.20
1973	23.60	32.20	40.60	43.20	47.60
1974	27.60	30.40	30.80	31.60	48.00
1975	11.00	23.50	27.00	41.80	59.60
1979	15.40	24.80	35.60	66.20	108.80
1980	12.20	31.80	64.40	78.60	102.40
1981	23.40	30.80	41.80	52.20	69.40
1982	28.40	39.40	68.00	73.60	80.40
1983	31.40	31.00	35.60	48.00	51.60

1984	37.30	37.30	44.40	47.80	47.80
1986	20.00	32.00	35.00	45.00	67.80

	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
media	25.54	36.35	47.51	59.17	74.56
dev.st.	8.11	9.90	14.06	19.12	22.63
a =	6.33	7.72	10.96	14.91	17.64
b =	21.89	31.90	41.18	50.57	64.38

- Determinazione delle portate

Il procedimento seguito per la determinazione delle portate di stima del Fiume Tevere alla sezione di interesse, può essere così schematizzato:

- elaborazione delle precipitazioni di breve intensità registrate dal pluviografo di Pieve Santo Stefano per determinare la curva di probabilità pluviometrica;
- determinazione, sulla base della curva di probabilità pluviometrica, delle portate di piena con tempo di ritorno duecentennale con il metodo del volume d'invaso, nella sezione di interesse.

- Curve di probabilità pluviometrica

Sulla base delle massime precipitazioni di breve durata registrate dal pluviografo di Pieve Santo Stefano, si perviene mediante la distribuzione bilogarithmica alla Gumbel ai valori che probabilisticamente vengono raggiunti una sola volta per un prefissato tempo di ritorno.

Quindi si procede a determinare la funzione che descrive questo tipo di eventi, per ciascuno dei tempi di ritorno, e il relativo coefficiente di correlazione.

Tempo ritorno [anni]	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
10	36.1	49.3	65.9	84.1	104.1
20	40.7	54.8	73.7	94.8	116.8
30	43.3	58.0	78.3	101.0	124.1
50	46.6	62.0	84.0	108.7	133.2
75	49.2	65.2	88.4	114.8	140.4
100	51.0	67.4	91.6	119.1	145.5
200	55.4	72.8	99.2	129.5	157.8
500	61.2	79.9	109.3	143.2	174.0
1000	65.6	85.2	116.9	153.5	186.2

Tempo di ritorno [anni]	n	a
5	0.34	30.94
20	0.34	39.67
50	0.34	45.21
100	0.34	49.35
200	0.34	53.48
500	0.34	58.93
1000	0.34	63.05

- Portate massime con il metodo del volume d'invaso

Nel metodo del volume d'invaso la portata di massima piena è funzione del coefficiente di deflusso, dell'area del bacino, dell'intensità di pioggia, e del tempo di corrivazione. Tale relazione è rappresentata da una equazione implicita che occorre risolvere per via iterativa.

Il tempo di corrivazione viene determinato con la formula di Giandotti [SUPINO, 1965].

Le caratteristiche dei bacini imbriferi di ciascun corso d'acqua sono riferite a quelle del bacino chiuso in una specifica sezione di chiusura e le grandezze idrologiche correlate, a cui fare riferimento, sono le seguenti:

Corso d'acqua	quota assoluta [m s.l.m.]	lunghezza asta principale [km]	superficie bacino [km ²]	altitudine media [m s.l.m.]
Torrente Afra	320.00	12.45	30.44	741.90
Torrente Fiumicello	309.00	7.34	8.80	677.00
Rio Fossatone	327.00	1.41	0.96	500.00
Fiume Tevere	300.10	44.62	324.30	726.28
Torrente Infernaccio*	328.80	2.85	1.82	520.00
Fosso Gavina*	299.80	4.34	4.75	319.30

*non inclusi nei corsi d'acqua allegati al PIT

I bacini drenati da questi corsi d'acqua relativamente alla sezione di interesse sono caratterizzati da una morfologia pianeggiante con destinazione (nella quasi totalità) a colture a seminativo semplice.

Di seguito si riportano i coefficienti di deflusso utilizzati.

Corso d'acqua	coefficiente deflusso
Torrente Afra	0.7
Torrente Fiumicello	0.75
Rio Fossatone	0.8

Fiume Tevere	0.52
Torrente Infernaccio	0.7
Fosso Gavina	0.8

Dalle verifiche si sono ottenuti i seguenti risultati:

Corso d'acqua	$Q_{\max} \text{ Tr} = 20$ [m ³ /s]	$Q_{\max} \text{ Tr} = 30$ [m ³ /s]	$Q_{\max} \text{ Tr} = 200$ [m ³ /s]	$Q_{\max} \text{ Tr} = 500$ [m ³ /s]
Torrente Afra	102.10	108.40	137.70	151.71
Torrente Fiumicello	44.22	46.96	59.60	65.67
Rio Fossatone	9.70	10.30	13.10	14.40
Fiume Tevere	361.40	383.90	487.80	537.70
Torrente Infernaccio	12.10	12.90	16.30	18.00
Fosso Gavina	12.6	13.4	17.1	18.8

7.2. ALTO (ALLUVIONI IN TOSCANA)

Per il calcolo della portata del è stato utilizzato anche il metodo di *Regionalizzazione delle portate di piena in Toscana*, che è stato studiato per l'Autorità di Bacino dell'Arno e poi ha assunto caratteristiche regionali. Sulla base di tale metodo è stato creato un programma, ALTO (ALLuvioni in TOscana) in grado di calcolare la portata di piena e l'idrogramma per determinati bacini, una volta fissato il tempo di ritorno.

Corso d'acqua	$Q_{\max} \text{ Tr} = 20$ [m ³ /s]	$Q_{\max} \text{ Tr} = 30$ [m ³ /s]	$Q_{\max} \text{ Tr} = 200$ [m ³ /s]	$Q_{\max} \text{ Tr} = 500$ [m ³ /s]
Torrente Afra	72.49	82.22	136.40	170.63
Torrente Fiumicello	38.1	42.43	67.19	83.02
Rio Fossatone**	20.91	23.08	35.57	43.51
Fosso Grillaia o Stianta	54.93	61.41	99.82	124.04
Fiume Tevere	372.54	415.28	666.08	824.51

**si ritiene che detti dati non sia corretti, avendo riscontrato errori di geometria del bacino, e pertanto non verranno presi in considerazione per le verifiche.

7.3. PROCEDURA CALCOLO PIENA - ADB TEVERE

Di seguito si riporta la procedura per il calcolo della portata al colmo della piena di riferimento, adottata nell'ambito degli studi propedeutici alla redazione del piano di bacino del 1998. Tale valore è fornito dalla formula razionale:

$$Q_T = \frac{h_{d,r} \times k_r \times k_d \times S}{3.6 \times t_c}$$

dove QT è espressa in m3/sec.

I valori dei parametri che ivi compaiono si deducono come riportato nell'allegato *Procedura per la definizione delle fasce fluviali e delle zone di rischio*.

Corso d'acqua	$Q_{\max} \text{ Tr} = 20$ [m ³ /s]	$Q_{\max} \text{ Tr} = 30$ [m ³ /s]	$Q_{\max} \text{ Tr} = 200$ [m ³ /s]	$Q_{\max} \text{ Tr} = 500$ [m ³ /s]
Torrente Afra	74.08	84.41	138.19	170.76
Torrente Fiumicello	30.99	35.31	57.81	71.43
Rio Fossatone	7.33	8.23	13.47	16.65
Fiume Tevere	254.04	279.22	457.13	564.85
Torrente Infernaccio	9.06	10.17	16.65	20.58

7.4. CONFRONTO PORTATE

Corso d'acqua	Metodi	Q _{max} Tr = 20 [m ³ /s]	Q _{max} Tr = 30 [m ³ /s]	Q _{max} Tr = 200 [m ³ /s]	Q _{max} Tr = 500 [m ³ /s]
Torrente Afra	Volume d'invaso	102.10	108.40	137.70	151.71
	ALTO	72.49	82.22	136.40	170.63
	AdB Tevere	74.08	84.41	138.19	170.76
Torrente Fiumicello	Volume d'invaso	44.22	46.96	59.60	65.67
	ALTO	38.1	42.43	67.19	83.02
	AdB Tevere	30.99	35.31	57.81	71.43
Rio Fossatone	Volume d'invaso	9.70	10.30	13.10	14.40
	ALTO	20.91	23.08	35.57	43.51
	AdB Tevere	7.33	8.23	13.47	16.65
Fiume Tevere	Volume d'invaso	361.40	383.90	487.80	537.70
	ALTO	372.54	415.28	666.08	824.51
	AdB Tevere	254.04	279.22	457.13	564.85
Torrente Infernaccio	Volume d'invaso	12.10	12.90	16.30	18.00
	AdB Tevere	9.06	10.17	16.65	20.58
Fosso Gavina	Volume d'invaso	12.6	13.4	17.1	18.8
Fosso Grillaia o Stianta	ALTO	54.93	61.41	99.82	124.04

La portata massima scaricabile dall'invaso di Montedoglio, come riportato nel paragrafo 2.6.4 della Relazione Tecnica del Provveditorato OO.PP. (Progetto preliminare per la sistemazione del Fiume Tevere – giugno 2003), risulta che la piena artificiale rilasciata dalla diga è pari a 699.3 mc/sec (circa **700 mc/sec**) ed è provocata dall'apertura dello scarico di superficie regolato (Q max = 360 mc/sec) e dello scarico di fondo (Q max = 339.3 mc/sec). E' da considerare che la portata di 699.3 mc/sec è superiore a quella millenaria laminata dalla Diga).

8. VERIFICHE IDRAULICHE

Per verificare la possibilità di eventuali esondazioni dei corsi d'acqua predetti sono state eseguite le seguenti verifiche idrauliche in moto in moto permanente, di tutti i corsi d'acqua per eventi di piena con tempo di ritorno ventennale, trentennale, duecentennale e cinquecentennale; Ad eccezione del fosso Stianta per il quale è stata condotta una verifica in moto uniforme con alveo prismatico originato dalla sezione più significativa, con la pendenza media nel tratto esaminato, utilizzando la classica formula di CHEZY:

$$Q = \Omega \cdot U = \Omega \cdot \chi \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

in cui:

Q è la portata

Ω è l'area della sezione bagnata

P è la lunghezza del contorno della sezione bagnato

R è il raggio idraulico = Ω/P

$$\chi = \frac{87}{1 + \gamma \sqrt{R}}$$

γ è il coefficiente di scabrezza (BAZIN)

U è la velocità media dell'acqua

i è la pendenza.

L'elaborazione in moto permanente è stata effettuata con l'ausilio del software **HEC - RAS River Analysis System** versione 3.1.3, sviluppato da U.S.Army Corps of Engineers - Hydrologic Engineering Center. Si tratta di una verifica in condizioni di moto permanente integrando l'equazione dell'Energia con una procedura iterativa denominata standard step method.

8.1. VERIFICHE IN MOTO UNIFORME

Per il **Fosso Stianta** è stata considerata la sezione la sezione più critica a monte del ponte sulla S.R. di Marecchia (n. 258). Nella tabella di seguito riportata di riporta il calcolo della portata massima che la sezione in esame è in grado di smaltire:

area sezione fluida (m ²) Ω =	21.60
contorno bagnato (m) P =	13.00
coeff. di scabr. BAZIN (m ^{1/2}) γ =	1.75
pendenza motrice i =	0.030
raggio idraulico (m) R =	1.66
χ =	36.90
velocità dell'acqua (m/sec) U =	8.24
Portata massima (m³/sec) Q =	177.96

La sezione risulta ampiamente adeguata in quanto la portata massima che la sezione è in grado di far defluire è maggiore delle portate stimate per eventi con tempo di ritorno di 20, 30, 200 e 500 anni; e quindi, si può affermare con un sufficiente livello di attendibilità, nonostante l'approssimazione del metodo del moto uniforme, che l'area oggetto di previsione non è soggetta a rischio di esondazione proveniente dallo Stianta.



8.2. VERIFICHE IN MOTO PERMANENTE

Le verifiche hanno evidenziato che la maggior parte dei corsi d'acqua esaminati sono in grado di contenere la portata massima stimata per eventi di piena con tempo di ritorno ventennale e trentennale. Tuttavia alcuni di essi non sono in grado di contenere in tutto il tratto esaminato le predette portate, pertanto è stato necessario eseguire uno studio per valutare come le acque fuoriuscite si espandono nei terreni limitrofi e con quale battente idrico.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva delle verifiche, per le aree oggetto di previsione:

Corso d'acqua	$Q_{\max} Tr = 20$ [m ³ /s]	esonda	$Q_{\max} Tr = 30$ [m ³ /s]	esonda	$Q_{\max} Tr = 200$ [m ³ /s]	esonda	$Q_{\max} Tr = 500$ [m ³ /s]	esonda
Torrente Afra	102.10	SI*	108.4	SI*	138.19	SI*	170.76	SI*
Torrente Fiumicello	24.33	NO	25.89	NO	33.13	SI	33.13	SI
Rio Fossatone	13.58	NO	14.42	NO	18.32	NO	18.32	NO
Fiume Tevere	372.54	NO	415.28	NO	666.08	SI*	700.00	SI*
Torrente Infernaccio	12.10	SI*	12.90	SI*	16.65	SI	20.58	SI
Fosso Grillaia o Stianta	8.42	NO	8.93	NO	11.27	NO	11.27	NO

*l'esondazione è limitata ad alcune sezioni

I risultati del presente studio si basano sulla situazione attuale in termini di morfologia del terreno, opere infrastrutturali esistenti, uso del suolo anche in relazione alla parte edificata, condizioni di manutenzione dei corsi d'acqua, ecc. pertanto eventuali future modifiche, potenzialmente negative per il sito in esame, potrebbero determinare cambiamenti in termini di livelli di pericolosità, rischio e quant'altro qui determinato, tali da rendere necessarie nuove verifiche. Per tali motivi lo scrivente professionista declina ogni responsabilità di tipo civile o penale per eventuali danni a persone o a cose derivanti da modifiche peggiorative intervenute dopo il 2008.

8.2.1. FIUME TEVERE

Per la verificare idraulica nel Fiume Tevere, si è utilizzato il dettagliato rilievo topografico, eseguito dal Provveditorato OO.PP. per la Toscana Ufficio Territoriale di Arezzo e gentilmente consegnati al Comune di Sansepolcro, del corso d’acqua in termini di sezioni significative, caratteristiche di scabrezza ecc. per un tratto sufficientemente significativo di oltre 11 km per un totale di 55 sezioni.

Tale asta fluviale risulta collocata, cartograficamente, nel foglio 289020 della C.T.R. in scala 1:10.000 della Provincia di Arezzo e nella cartografia in scala 1:2.000.

Per la verifica idraulica, eseguita in moto permanente come già precedentemente illustrato, sono state utilizzate le portate con tempo di ritorno ventennale, trentennale, duecentennale e cinquecentennale.

Metodi	$Q_{\max} \text{ Tr} = 20$ [m ³ /s]	$Q_{\max} \text{ Tr} = 30$ [m ³ /s]	$Q_{\max} \text{ Tr} = 200$ [m ³ /s]	$Q_{\max} \text{ Tr} = 500$ [m ³ /s]
Volume d’invaso	361.40	383.90	487.80	700.00
ALTO	372.54	415.28	666.08	
AdB Tevere	254.04	279.22	457.13	

Per la caratterizzazione geometrica dei corsi d’acqua oggetto di verifica si è fatto riferimento ai seguenti dati:

- è stato utilizzato un rilievo topografico eseguito dal Provveditorato OO.PP. per la Toscana Ufficio Territoriale di Arezzo;
- *individuazione dei coefficienti di resistenza di Manning* – per l’asta principale è stato assunto lungo tutto il tratto il valore di 0.035 s/m^{1/3} e per le aree golenali del Fiume è stato assunto il valore di 0.04 s/m^{1/3}, che risulta molto cautelativo in quanto considera il corso d’acqua in uno stato di scarsa manutenzione;
- *condizioni al contorno per la simulazione* – Non conoscendo a priori la natura della corrente, si è deciso di impostare la simulazione idraulica in condizioni di regime misto. Le condizioni al contorno imposte sono state le seguenti: altezza critica sia a monte che valle del tratto studiato.



Nelle seguenti tabelle sono riportati i principali dati significativi; in particolare, il franco sulle sponde e, dove presenti, sulla luce dei ponti. In allegato alla relazione sono forniti i grafici del profilo del pelo libero e delle sezioni con annesso il battente idrico.

Fiume Tevere								
<i>Sezione</i>	<i>Portata</i>	<i>Quota fondo canale</i>	<i>Quota W.S.</i>	<i>Franco sponda sinistra</i>	<i>Franco sponda destra</i>	<i>Altezza critica</i>	<i>Velocità</i>	<i>N. di Froude</i>
	[m ³ /s]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m]	[m]	[m s.l.m.]	[m/s]	
55	372.54	342.42	344.84	0.97	1.38	344.36	2.55	0.62
	415.28	342.42	344.96	0.85	1.26	344.46	2.66	0.63
	666.08	342.42	345.55	0.26	0.67	344.97	3.21	0.66
	700	342.42	345.63	0.18	0.59	345.03	3.28	0.67
54	372.54	342.26	344.67	10.19	17	344.12	2.32	0.57
	415.28	342.26	344.79	10.07	16.88	344.2	2.42	0.57
	666.08	342.26	345.41	9.45	16.25	344.69	2.89	0.6
	700	342.26	345.49	9.37	16.18	344.74	2.94	0.6
53	372.54	342.06	344.42	7.38	8.08	343.94	2.52	0.62
	415.28	342.06	344.53	7.27	7.97	344.04	2.64	0.63
	666.08	342.06	345.1	6.7	7.4	344.54	3.2	0.67
	700	342.06	345.17	6.63	7.33	344.6	3.27	0.68
52	372.54	341.74	344.27	7.86	7.53	343.65	2.12	0.52

8.2.2. TORRENTE AFRA

Per verificare la possibilità di eventuali esondazioni provenienti dal Torrente Afra e che potrebbero interessare le zone limitrofe, si è verificato il corso d'acqua per un tratto significativo di 3.70 km per un totale di 29 sezioni.

Tale asta fluviale risulta collocata, cartograficamente, nel foglio 289020 della C.T.R. in scala 1:10.000 della Provincia di Arezzo e nella cartografia in scala 1:2.000.

Per la verifica idraulica, eseguita in moto permanente come già precedentemente illustrato, sono state utilizzate le portate con tempo di ritorno ventennale, trentennale, duecentennale e cinquecentennale.

Metodi	$Q_{\max} \text{ Tr} = 20$ [m ³ /s]	$Q_{\max} \text{ Tr} = 30$ [m ³ /s]	$Q_{\max} \text{ Tr} = 200$ [m ³ /s]	$Q_{\max} \text{ Tr} = 500$ [m ³ /s]
Volume d'invaso	102.10	108.40	137.70	151.71
ALTO	72.49	82.22	136.40	170.63
AdB Tevere	74.08	84.41	138.19	170.76

Per la caratterizzazione geometrica dei corsi d'acqua oggetto di verifica si è fatto riferimento ai seguenti dati:

- è stato utilizzato un rilievo topografico fornito dalla Provincia di Arezzo, Servizio Difesa del Suolo;
- *individuazione dei coefficienti di resistenza di Manning* – per l'asta principale è stato assunto lungo tutto il tratto e per le aree golenali del Fiume il valore di $0.035 \text{ s/m}^{1/3}$, che risulta molto cautelativo in quanto considera il corso d'acqua in uno stato di scarsa manutenzione;
- *condizioni al contorno per la simulazione* – Non conoscendo a priori la natura della corrente, si è deciso di impostare la simulazione idraulica in condizioni di regime misto. Le condizioni al contorno imposte sono state le seguenti: altezza critica a monte e la pendenza (Normal Depth) a valle.



Nelle seguenti tabelle sono riportati i principali dati significativi; in particolare, il franco sulle sponde e, dove presenti, sulla luce dei ponti. In allegato alla relazione sono forniti i grafici del profilo del pelo libero e delle sezioni con annesso il battente idrico.

Torrente Afra								
Sezione	Portata	Quota fondo canale	Quota W.S.	Franco sponda sinistra	Franco sponda destra	Altezza critica	Velocità	N. di Froude
	[m ³ /s]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m]	[m]	[m s.l.m.]	[m/s]	
10	102.1	336.45	338.56	3.29	2.25	338.56	3.9	1
	108.4	336.45	338.61	3.25	2.2	338.61	4.03	1.02
	138.19	336.45	338.93	2.92	1.88	338.93	4.27	1
	170.76	336.45	339.22	2.63	1.59	339.22	4.55	1
9	102.1	328.76	330.53	5.47	3.3	331.07	5.95	2.01
	108.4	328.76	330.58	5.42	3.25	331.14	5.97	1.96
	138.19	328.76	330.71	5.28	3.11	331.39	6.67	2.07
	170.76	328.76	330.87	5.12	2.95	331.66	7.16	2.09
8	102.1	326.93	330.01	2.12	2.8	329.82	3.82	0.88
	108.4	326.93	329.91	2.22	2.9	329.91	4.28	1
	138.19	326.93	330.29	1.84	2.52	330.29	4.49	1
	170.76	326.93	330.63	1.5	2.18	330.63	4.75	1
7	102.1	324.86	328.06	3.6	3.52	328.06	4.19	1
	108.4	324.86	328.52	3.14	3.06	328.14	3.49	0.78
	138.19	324.86	329.1	2.56	2.48	328.53	3.4	0.72
	170.76	324.86	329.85	1.81	1.73	328.89	2.94	0.54

CHEZY con la portata di studio pari alla portata ottenuta dalla differenza tra la portata di progetto e la portata massima che transita nella sezione soggetta a sormonto arginale.

Inoltre nella cartografia prodotta sono riportate le aree allagate.

8.2.3. TORRENTE FIUMICELLO

Per verificare la possibilità di eventuali esondazioni provenienti dal Torrente Fiumicello e che potrebbero interessare le zone limitrofe, si è verificato il corso d'acqua per un tratto significativo di circa 2.50 km per un totale di 150 sezioni.

Per la verifica idraulica, eseguita in moto permanente come già precedentemente illustrato, sono state utilizzate le portate con tempo di ritorno ventennale, trentennale, duecentennale e cinquecentennale.

Metodi	Q_{\max} Tr = 20 [m ³ /s]	Q_{\max} Tr = 30 [m ³ /s]	Q_{\max} Tr = 200 [m ³ /s]	Q_{\max} Tr = 500 [m ³ /s]
Volume d'invaso	44.22	46.96	59.60	65.67
ALTO	38.1	42.43	67.19	83.02
AdB Tevere	30.99	35.31	57.81	71.43



8.2.4. RIO FOSSATONE

Per verificare la possibilità di eventuali esondazioni provenienti dal Torrente Fossatone e che potrebbero interessare le zone limitrofe, si è verificato il corso d'acqua per un tratto significativo di 0.55 km per un totale di 8 sezioni.

Per la verifica idraulica, eseguita in moto permanente come già precedentemente illustrato, sono state utilizzate le portate con tempo di ritorno ventennale, trentennale, duecentennale e cinquecentennale.

Metodi	$Q_{\max} \text{ Tr} = 20$ [m ³ /s]	$Q_{\max} \text{ Tr} = 30$ [m ³ /s]	$Q_{\max} \text{ Tr} = 200$ [m ³ /s]	$Q_{\max} \text{ Tr} = 500$ [m ³ /s]
Volume d'invaso	9.70	10.30	13.10	14.40
ALTO	20.91	23.08	35.57	43.51
AdB Tevere	7.33	8.23	13.47	16.65



Per la caratterizzazione geometrica dei corsi d'acqua oggetto di verifica si è fatto riferimento ai seguenti dati:

	16.65	335.54	340.88	.2.93	.2.80	338.14	1.7	0.25
0.5	Culvert							
0	9.7	331.31	333.25	0.47	0.61	333.25	3.71	1
	10.3	331.31	333.32	0.4	0.54	333.32	3.77	1
	13.47	331.31	333.64	0.08	0.22	333.64	4	1
	16.65	331.31	333.91	-0.19	-0.05	333.91	4.24	1

Per determinare la perimetrazione delle aree interessate da esondazione che si espande nella pianura seguendo la naturale inclinazione della stessa, è stata modellata la lama d'acqua in movimento, che scorre in fregio al corso d'acqua, nell'ipotesi di moto uniforme utilizzando la classica formula di CHEZY con la portata di studio pari alla portata ottenuta dalla differenza tra la portata di progetto e la portata massima che transita nella sezione soggetta a sormonto arginale.

Inoltre nella cartografia prodotta sono riportate le aree allagate.

8.2.5. TORRENTE INFERNACCIO

L'asta del corso d'acqua che è stata rilevata e modellata geometricamente è di circa 0,8 Km, compresa tra una sezione ubicata a monte del ponticello sulla strada comunale di Misciano (a monte) ed una ubicata in corrispondenza dell'inizio del tombamento in corrispondenza di Via Osimo.

Tale asta fluviale risulta collocata, cartograficamente, nel foglio 289020 della C.T.R. in scala 1:10.000 della Provincia di Arezzo e nella cartografia in scala 1:2.000.



Per la verifica idraulica, eseguita in moto permanente come già precedentemente illustrato, sono state utilizzate le portate con tempo di ritorno ventennale, trentennale, duecentennale e cinquecentennale.

Metodi	$Q_{\max} Tr = 20$ [m ³ /s]	$Q_{\max} Tr = 30$ [m ³ /s]	$Q_{\max} Tr = 200$ [m ³ /s]	$Q_{\max} Tr = 500$ [m ³ /s]
Volume d'invaso	12.10	12.90	16.30	18.00
AdB Tevere	9.06	10.17	16.65	20.58

Per la caratterizzazione geometrica dei corsi d'acqua oggetto di verifica si è fatto riferimento ai seguenti dati:

- è stato utilizzato un rilievo topografico di dettaglio fornito dal comune di Sansepolcro; tale rilievo è stato ampliato nel tratto di monte nella primavera del 2008 dal geom. Ugo Manganaro ed è stato opportunamente georeferenziate su base cartografica (C.T.R. in formato vettoriale 1:2.000);

	16.65	329.89	331.41	2.35	1.26	331.27	3.05	0.85
	20.58	329.89	331.66	2.1	1.01	331.46	3.15	0.82
6	12.1	329.52	331.09	2.78	1.29	330.88	2.5	0.75
	12.9	329.52	331.16	2.71	1.23	330.93	2.52	0.75
	16.65	329.52	331.44	2.43	0.95	331.13	2.61	0.71
	20.58	329.52	331.7	2.17	0.69	331.31	2.7	0.69
5	12.1	329.43	330.74	0.89	1.7	330.74	3.22	1
	12.9	329.43	330.79	0.84	1.65	330.79	3.27	1
	16.65	329.43	331.01	0.62	1.43	331.01	3.53	1
	20.58	329.43	331.22	0.41	1.22	331.22	3.73	1
4	12.1	329.17	330.06	1.62	1.14	330.3	3.98	1.51
	12.9	329.17	330.09	1.59	1.11	330.35	4.07	1.52
	16.65	329.17	330.22	1.46	0.98	330.52	4.43	1.56
	20.58	329.17	330.35	1.33	0.85	330.7	4.74	1.58
2	12.1	328.35	329.25	2.36	0.25	329.43	3.61	1.38
	12.9	328.35	329.28	2.33	0.22	329.5	3.68	1.38
	16.65	328.35	329.41	2.2	0.09	329.5	4.01	1.42
	20.58	328.35	329.46	2.15	0.04	329.5	4.65	1.59
1	12.1	325.17	325.78	2.76	2.73	326.49	7.91	3.33
	12.9	325.17	325.81	2.73	2.7	326.54	7.96	3.25
	16.65	325.17	325.98	2.56	2.53	326.79	8.1	2.94
	20.58	325.17	326.14	2.4	2.37	327.03	8.22	2.71

Per valutare lo spandimento delle acque di piena è stato da prima valutata la portata massima che transita sotto il tombino di via dei Visconti; risultata pari a: $Q_{max} = 5$ mc/s.

La corrente in corrispondenza dell'attraversamento di via dei Visconti sormonta l'impalcato del ponte, si immette nella strada e scorre lungo di essa sia in destra che in sinistra idrografica (la corrente non può rientrare nel corso d'acqua in quanto il parapetto di valle del ponte è costituito da un muretto in mattoni alto circa 1 m). Tuttavia non si è in grado di stabilire con precisione quali direzioni prenderà la corrente e dove andrà a concentrarsi il flusso pertanto si ipotizza che la metà della portata defluita sulla strada scorra all'interno dell'appezzamento in oggetto, delimitato dal fosso pensile e dalla strada di piano.

Per calcolare la lama d'acqua che scorre nell'appezzamento di terreno in parola, si esegue una verifica idraulica nell'ipotesi di moto uniforme utilizzando la classica formula di CHEZY con la portata di studio pari alla metà della portata ottenuta dalla differenza tra la portata in esame e la portata massima che transita attraverso il predetto ponte (5.00 mc/sec).

Nella cartografia prodotta sono riportate le aree allagate.

8.2.6. FOSSI MINORI

Oltre ai corpi idrici di cui all'allegato al P.I.T. della Regione Toscana "Corsi d'acqua principali ai fini del corretto assetto idraulico", e al Torrente Infernaccio che, se pur non presente in tale elenco, è stato classificato a rischio idraulico dall'Autorità di Bacino del Fiume Tevere, il presente studio è stato esteso anche a fossi minori, in alcuni casi addirittura senza nome, che interessano aree abitate.

La ricognizione e le considerazioni puntuali di seguito riportate, giustificano la scelta di apporre una fascia di 10 metri dal ciglio del fosso in pericolosità molto elevata (I 4) al fine di preservare un ambito di rispetto fluviale a prescindere dall'effettivo livello di rischio.

Abitato de La Villa

L'abitato La Villa è attraversato dal fosso della Tagliata e lambito dal fosso della Villa, che entrambi confluiscono subito a valle dell'abitato nel Torrente Afra. Si tratta di fossi molto incisi e a forte pendenza, con attraversamenti forzatamente alti per le esigenze altimetriche della livelletta della strada. Pertanto è cautelativo qui più che altrove considerare una fascia di 10 metri dal ciglio del corso d'acqua in pericolosità molto elevata.

Abitato di Gragnano

Il fosso senza nome che attraversa l'abitato di Gragnano è caratterizzato da un bacino idrografico di ridottissime dimensioni (0.25 km²) e risulta tombato a partire dalla strada comunale in corrispondenza del cimitero fino all'esterno dell'abitato, ove fuoriesce direttamente nella sede di una strada sterrata campestre. La stradina campestre usata come scolo in caso di pioggia è piuttosto frequente nell'Alta Val Tiberina al punto da meritare l'appellativo in dialetto di "Cupa". Il tombamento è stato realizzato con tubazioni circolari in calcestruzzo di diametro verosimilmente diverso in funzione dei tratti che lo compongono: si rileva un D=80 in uscita sulla strada campestre.

La portata affluente duecentennale è stata stimata pari a $Q = 1.70$ mc/s (considerando un coefficiente udometrico pari a 6.80 mc/sec).

Nella tabella di seguito riportata di riporta il calcolo, in moto uniforme, della portata massima che il tombino in esame è in grado di smaltire:

area sezione fluida (m ²) $\Omega =$	0.502
contorno bagnato (m) $P =$	2.512
coeff. di scabr. BAZIN (m ^{1/2}) $\gamma =$	1.30
pendenza motrice $i =$	0.25

raggio idraulico (m) $R =$	0.20
$\chi =$	22.26
velocità dell'acqua (m/sec) $U =$	4.98
Portata massima (m^3/sec) $Q =$	2.50

La sezione risulta adeguata in quanto la portata massima che la sezione è in grado di far defluire è maggiore della portata stimata per eventi con tempo di ritorno di 200 anni; e quindi, si può affermare con un sufficiente livello di attendibilità, nonostante l'approssimazione del metodo del moto uniforme, che l'area oggetto di previsione non è soggetta a rischio di esondazione proveniente dal fosso campestre.

Abitato di Pocaia

Il fosso senza nome che attraversa l'abitato di Pocaia è stato quasi completamente tombato a valle della E45 (tranne un tratto di pochi metri subito dopo il tombino D=1200 in calcestruzzo della E45 stessa).

Abitato di Gricignano

L'abitato di Gricignano è lambito a sud e a nord da due fossi che prendono origine dal fosso Gavina, che a sua volta è una diramazione del Canale La Reglia alimentato da una presa sul Fiume Tevere.

Il fosso Gavina si dirama dal Canale La Reglia prima del "Molino del Comune", a monte del rettilineo di Anghiari, e svolge la funzione di risorsa idrica per irrigazione oltre che di drenaggio delle acque basse. In corrispondenza del podere "La Commenda" si divide nelle due diramazioni sopra citate con dimensioni ridotte al rango di mero fosso campestre. In entrambe le diramazioni sono presenti tombini stradali di esigua sezione (tubi in calcestruzzo di diametro non superiore a 1.00 m) che in caso di forti piogge laminano la portata idrica affluente causando anche localizzati ristagni nei terreni agricoli. La S.R. n. 73 Senese Aretina svolge ancor più tale funzione di laminazione essendo la sua livelletta posta ad una quota superiore di circa 1.00 m del piano di campagna circostante. Per quanto sopra considerato, le due diramazioni del fosso Gavina sono in grado di smaltire le portate di piena di riferimento in quanto laminate dai tombini a monte soprattutto dalla S.R. n. 73.

9. INTERVENTI MESSA IN SICUREZZA

Il Comune ai sensi dell'art. 15 della L.R. 91/98 ha il compito *“ai fini della difesa dei centri abitati i Comuni provvedono alla pulizia dei tratti degli alvei dei fiumi, dei torrenti e dei corsi d'acqua interni ai centri stessi, nonché alla manutenzione dei muri ed argine, dei parapetti e delle altre opere, predisposte a difesa dei centri abitati medesimi, qualora i detti tratti ed opere non risultino classificati ai sensi del regio decreto 25 luglio 1904, n. 523 (Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie), ad esclusione delle opere a carico dei proprietari e possessori di cui all'art. 12 comma 3, dello stesso Regio Decreto”*.

La Comunità Montana della Valtiberina svolge un ruolo fondamentale per il monitoraggio del sistema idrogeologico e per la manutenzione ordinaria e straordinaria di numerosi corsi d'acqua, molti dei quali insistenti nel territorio comunale di Sansepolcro. Ad esempio ha previsto la realizzazione di un nuovo ponte in Loc. Fonte del Tesoro e l'adeguamento del “ponte dell'ENEL” sul t. Fiumicello. Inoltre ha previsto una serie di interventi per l'adeguamento del t. Infernaccio tra i quali il rifacimento del ponte della strada vicinale di Petreto e il ponte della ex Strada Statale, la realizzazione di una vasca di carico a monte di Via Visconti, e il consolidamento della soletta a valle del vecchio stadio (in Via del Campo Sportivo) e in aggiunta la realizzazione di uno scolmatore che intercetti le acque del torrenti in prossimità del ponte della ex Strada Statale, scorrendo lungo Via Boccaccio per poi scaricare nel t. Fiumicello.

La Provincia di Arezzo, a seguito del trasferimento delle competenze in materia di difesa del suolo ai sensi della L.R. 91/98, si occupa della manutenzione, esercizio, vigilanza e pronto intervento delle opere idrauliche dei tratti classificati ai sensi del R.D. 523/1904 che sono, per la Terza Categoria:

- Fiume Tevere (dallo Sbocco del t. Singerna al Confine con la Provincia di Perugia);
- T. Fiumicello (dalla soglia naturale in loc. Sassi Rossi alla confluenza con il Tevere);
- T. Afra (dallo sbocco del fiume Tevere al ponte del Molino dei Camosci).

L'Autorità di Bacino del Fiume Tevere ha redatto un elenco, con data 18/04/2002, di interventi strutturali connessi ai fenomeni alluvionali; in tale elenco risulta un unico intervento in Comune di Sansepolcro e cioè *l'arginatura a protezione del centro abitato e ripristino dell'efficienza idraulica per migliorare le condizioni di deflusso del Borro dell'Infernaccio*.

APPENDICI

A) Documentazione fotografica

B) Generalità del programma di calcolo

Appendice A) DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

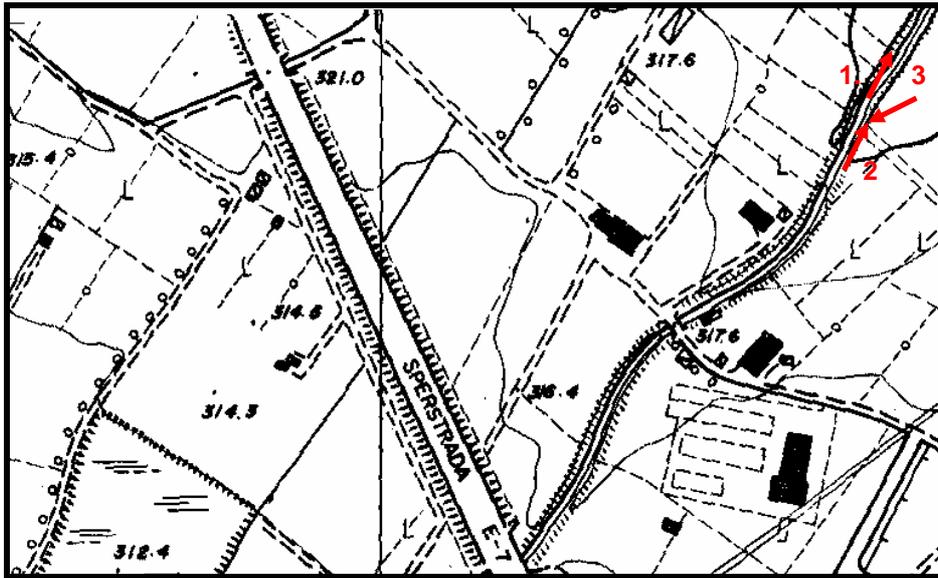


Foto 1 – Torrente Fiumicello – SS Marecchiese



Foto 2 – Torrente Fiumicello – SS Marechiese



Foto 3 – Torrente Fiumicello – SS Marechiese

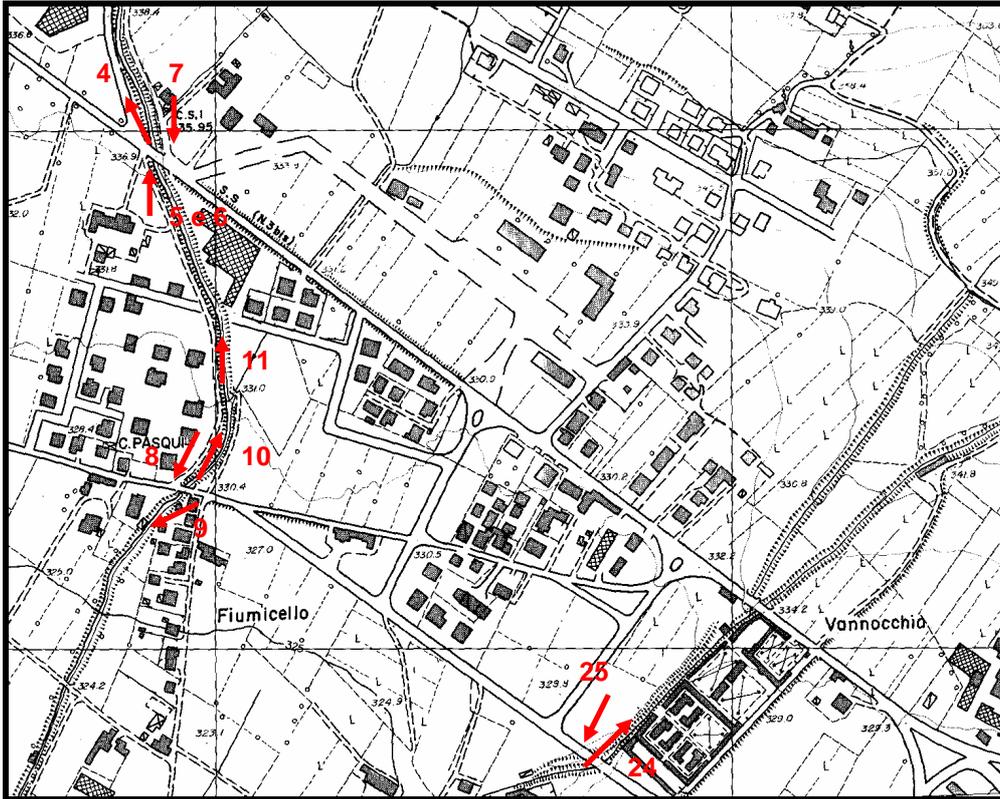


Foto 4 – Torrente Fiumicello – Loc. Ponte Nuovo



Foto 5 e 7 – Torrente Fiumicello – Loc. Ponte Nuovo



Foto 8 e 9 – Torrente Fiumicello – Via G. Boccaccio



Foto 10 – Torrente Fiumicello – Via G. Boccaccia



Foto 11 – Torrente Fiumicello – Parallelo a Via Giotto

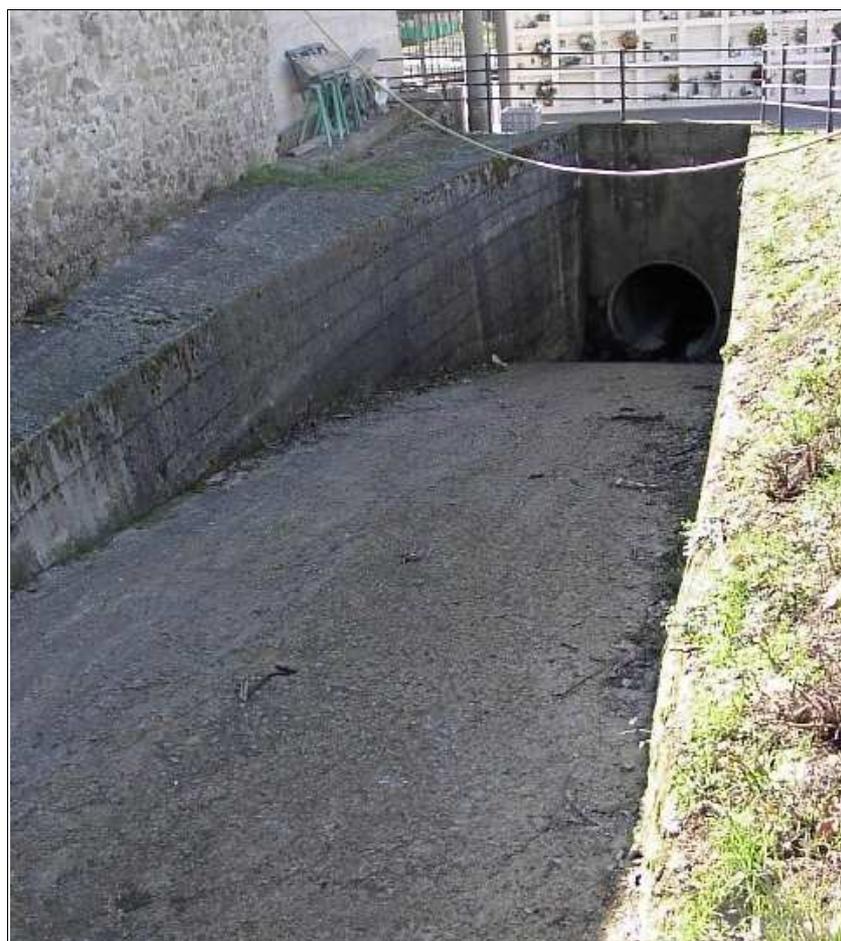


Foto 24 e 25 – Fosso Infernaccio – Viale Osimo

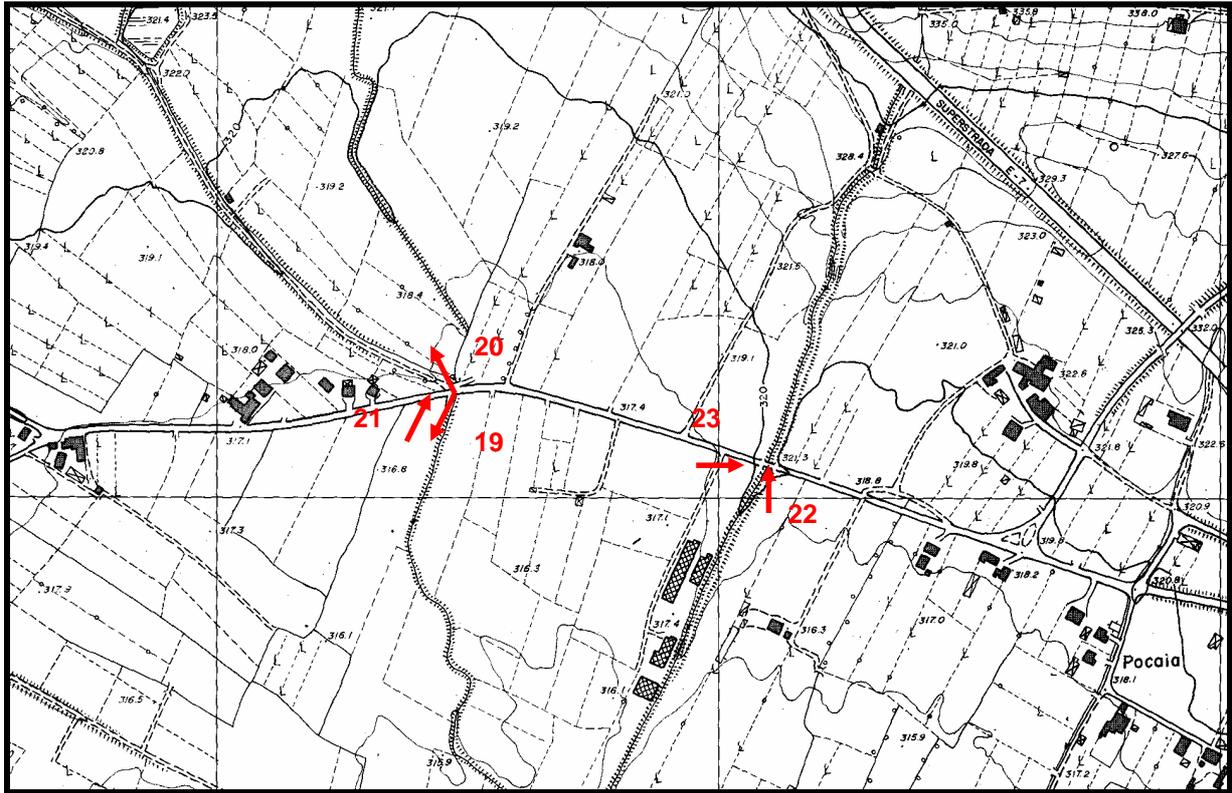


Foto 19 – Fosso Vannocchia – Loc. Rosadino



Foto 20 e 21 – Fosso Vannocchia – Loc. Rosadino



Foto 22 e 23 – Fosso Stanavolpi – Via G. Boccaccio

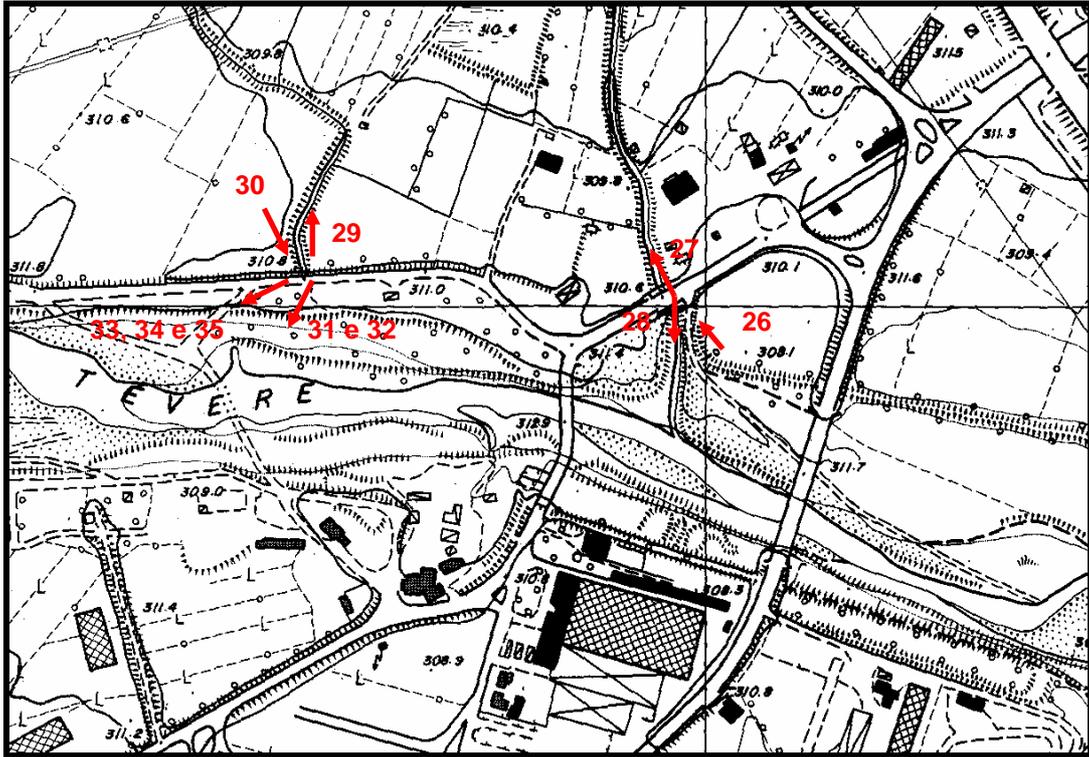


Foto 26 – Torrente Fiumicello – Strada arginale



Foto 27 e 28 – Torrente Fiumicello – Strada arginale



Foto 29 e 30 – Fosso Vannocchia – Strada arginale



Panoramica (31 e 32) – Fiume Tevere e Fosso Vannocchia



Panoramica (34 e 35) – Fiume Tevere e Fosso Vannocchia

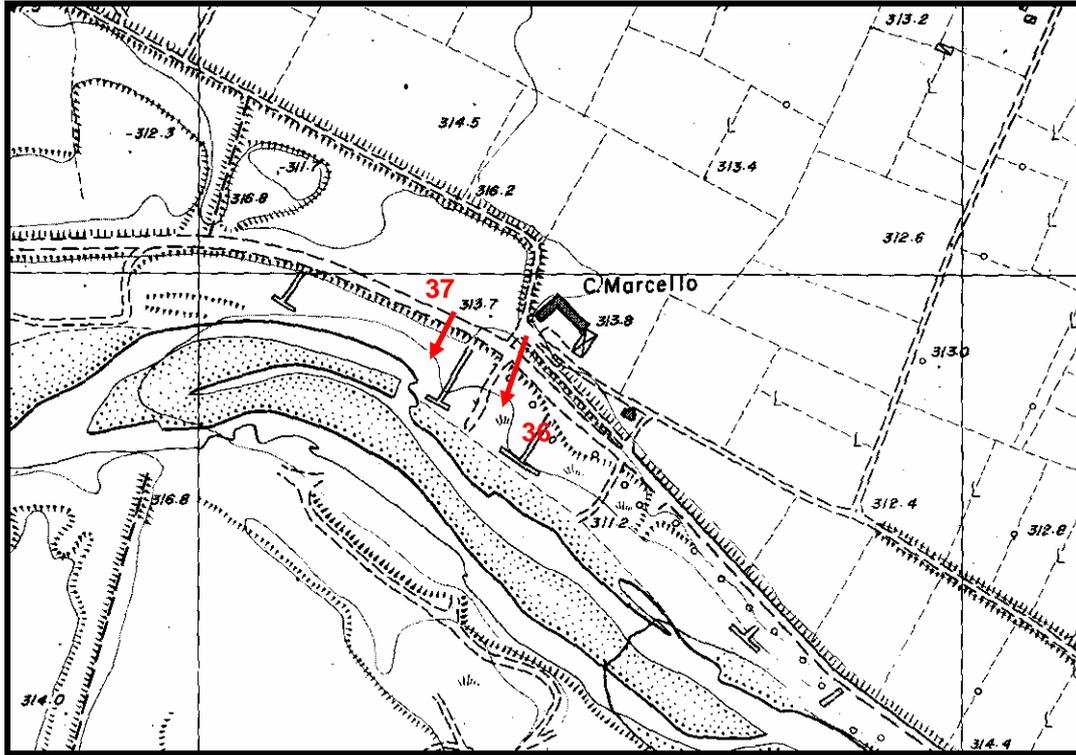


Foto 36 – Fiume Tevere – Loc. Casa Marcello



Foto 37 – Fiume Tevere – Loc. Casa Marcello

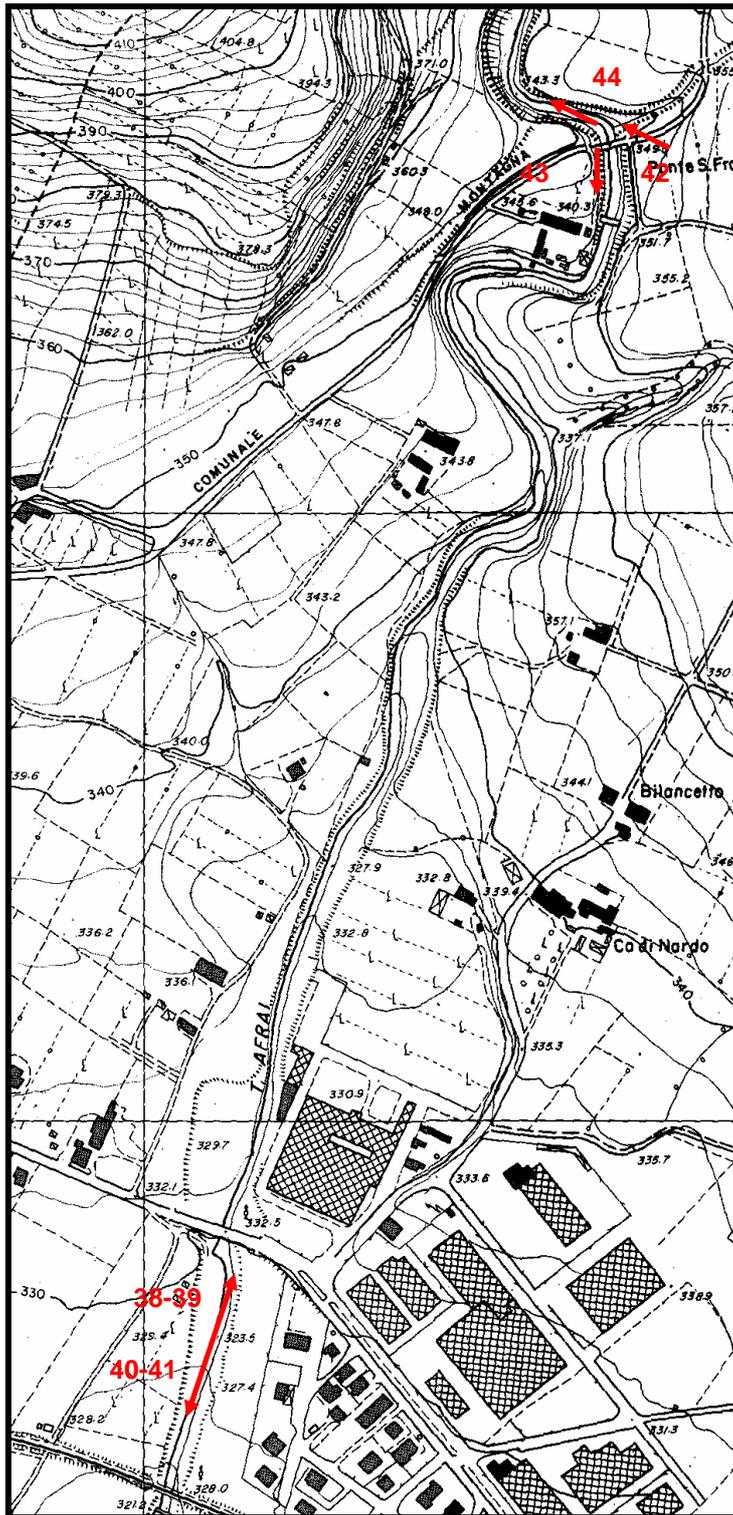




Foto 38 e 39 – Torrente Afra – Ponte Via Kennedy



Foto 42 e 43 – Torrente Afra – Ponte San Francesco



Foto 44 – Torrente Afra – Ponte San Francesco

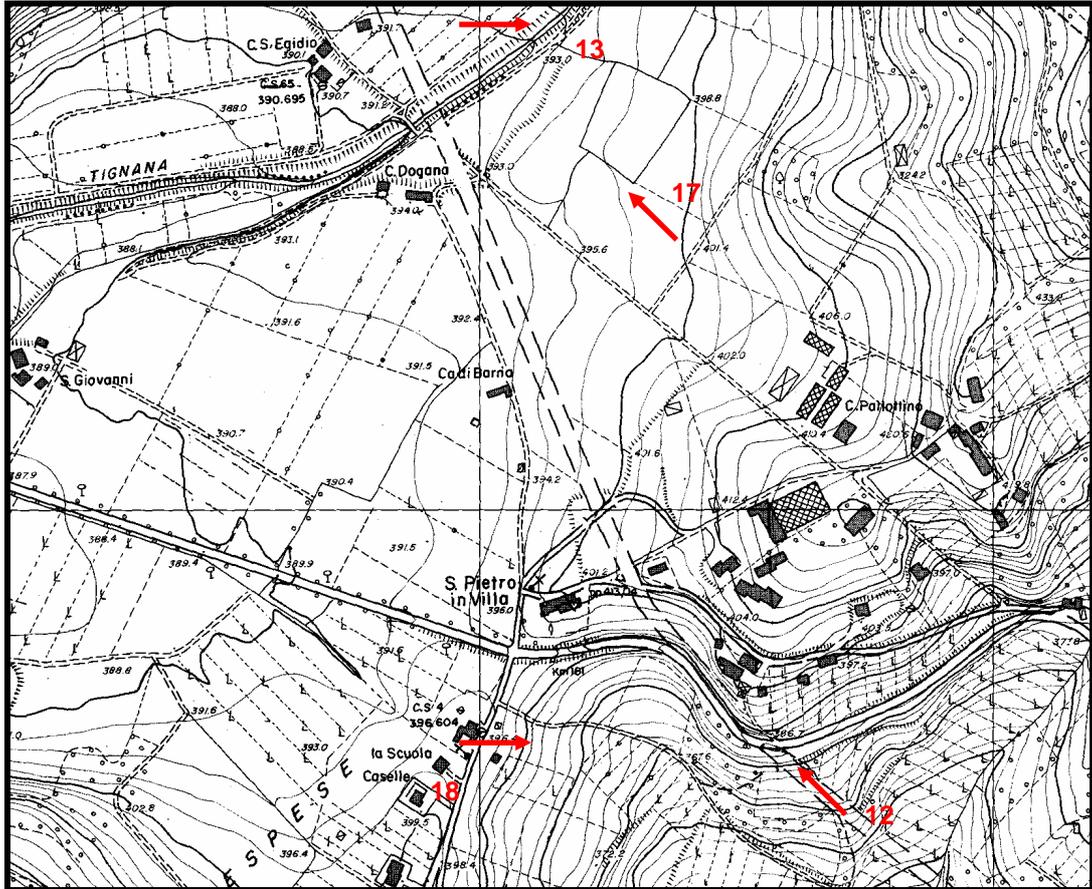


Foto 13 – Torrente Tignana – SR Tiberina 3 bis



Foto 17 – Torrente Tignana



Foto 18 – Panoramica della valle del t. Tignana da San Piero in Villa

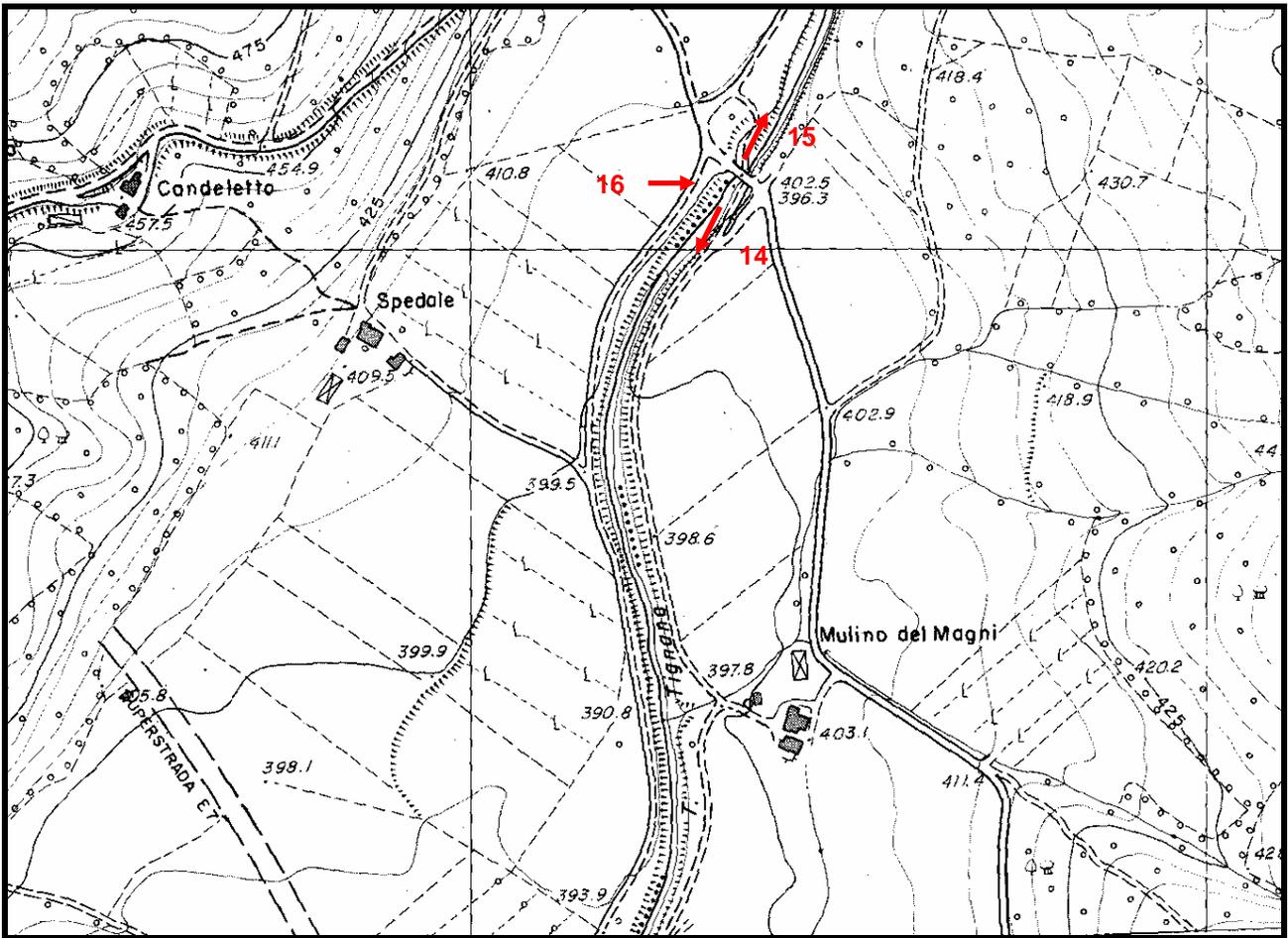


Foto 15 – Torrente Tignana – Vista di valle dalla SR Valtiberina 3bis

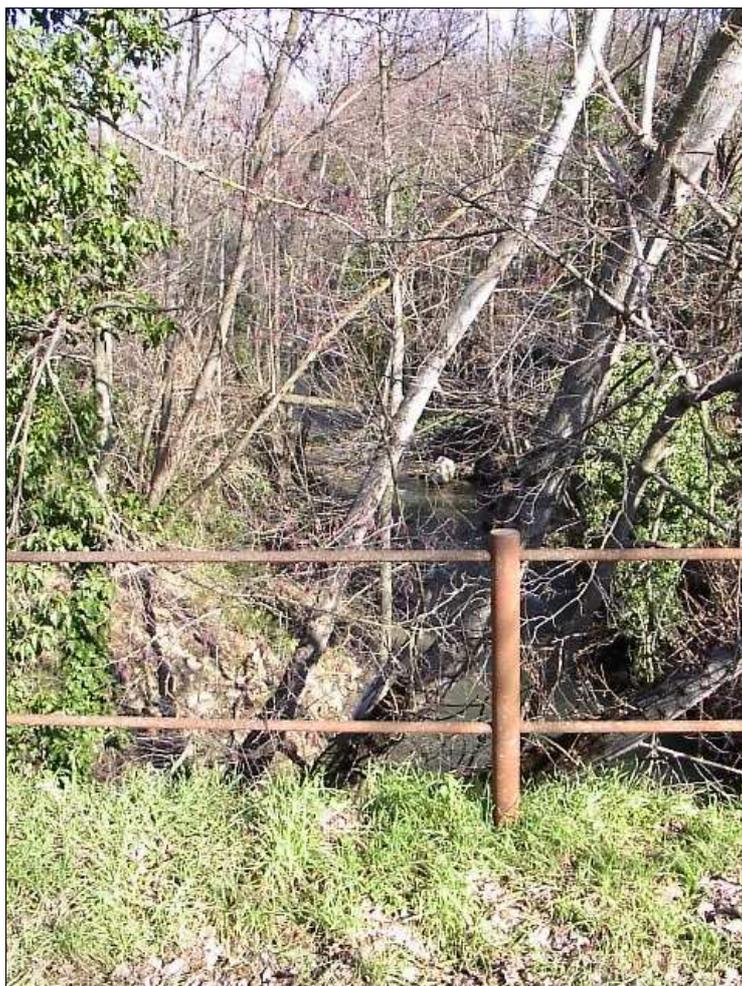


Foto 15 – Torrente Tignana – Vista di monte dalla SR Valtiberina 3bis



Foto 16 – Torrente Tignana –SR Valtiberina 3bis

Appendice B) Generalità del programma di calcolo

Il software applicativo utilizzato per lo studio è quello del **US Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center** denominato **HEC-RAS 3.1.3**. Detto software é finalizzato alla determinazione dei profili di pelo libero degli alvei a pendenza di fondo non superiore al 10%, per condizioni di moto stazionario, gradualmente variato, e flusso monodimensionale.

Detto software é finalizzato alla determinazione dei profili di pelo libero degli alvei a pendenza di fondo non superiore al 10%, per condizioni di moto stazionario, gradualmente variato, e flusso monodimensionale.

I profili di pelo libero sono calcolati tra due sezioni trasversali del corso d'acqua risolvendo la sottoriportata *equazione dell'Energia* con la procedura iterativa nota come *standard step method*:

$$(4.1) \quad Y_2 + Z_2 + \alpha_2 V_2^2/2g = Y_1 + Z_1 + \alpha_1 V_1^2/2g + h_e;$$

ove:

Y_1, Y_2 = tirante del pelo libero (rispetto alla quota fondo alveo) alle estremità di tratto;

Z_1, Z_2 = quote di fondo alveo alle estremità di tratto;

V_1, V_2 = velocità medie nelle sezioni di estremità;

α_1, α_2 = coefficienti di velocità;

g = accelerazione di gravità;

h_e = perdite di carico totali nel tratto considerato.

Le perdite di carico h_e sono esprimibili come somma di due termini, il primo dei quali riferito alle perdite distribuite per attrito ed il secondo alle perdite per espansione o contrazione, legate queste all'energia cinetica, e precisamente:

$$(4.2) \quad h_e = L J_f + C (\alpha_2 V_2^2/2g - \alpha_1 V_1^2/2g);$$

ove:

L = distanza tra le estremità del tratto pesata con la portata;

J_f = pendenza rappresentativa delle perdite di carico per attrito;

C = coefficienti delle perdite per espansione o contrazione.

Per la determinazione delle varie grandezze le sezioni trasversali sono partite in unità nelle quali la velocità risulti uniformemente distribuita riconoscendo un tratto corrispondente all'alveo principale (*main channel* indicato con la sigla CH) e le aree golenali laterali poste idrograficamente alla sinistra e alla destra del canale (rispettivamente *left overbank* indicata con la sigla LOB e *right*

overbank indicata come ROB), suddividendo ulteriormente le aree golenali qualora in esse vari l'imposto valore "n" della scabrezza.

Definita capacità di deflusso (*conveyance*) della singola porzione areale e indicata con K la portata divisa per la radice quadrata della pendenza (*f* (*slope friction*)) pari quindi (in unità metriche) a

$$(4.3) \quad K = Q / \sqrt{S_f} = AR^{2/3}/n; \text{ e pertanto } J_f = Q^2 / K^2;$$

ove:

Q = portata [m³/s]

A = area bagnata [m²]

R = raggio idraulico [m]

n = scabrezza di Manning [sm^{-1/3}]

La capacità di deflusso per l'intera sezione K é definita ed ottenuta come somma delle capacità delle varie porzioni e quindi, con il significato dei simboli già illustrato:

$$(4.4) \quad K = K_{lob} + K_{ch} + K_{rob};$$

$$(4.5) \quad L = (L_{lob}Q_{lob} + L_{ch}Q_{ch} + L_{rob}Q_{rob}) / (Q_{lob} + Q_{ch} + Q_{rob}) \quad (\text{vedi 4.2})$$

Il livello di pelo libero in una sezione trasversale del corso d'acqua é determinato, per ogni valore di assegnata portata Q, da una soluzione iterativa delle precedenti equazioni 4.1 e 4.2 secondo la seguente procedura:

1. Si assume, noto il livello idrico in una sezione, un livello idrico di primo tentativo nella sezione di monte (o in quella di valle se trattasi di corrente veloce, profilo supercritico);
2. Sulla base del valore assunto come precedentemente espresso, si calcolano per detta sezione i corrispondenti valori della capacità di deflusso totale e del carico cinetico;
3. Con i valori calcolati al precedente step 2 viene calcolato il valore di J_f e si ottiene il valore di h_e risolvendo l'equazione 4.2;
4. Con i valori ricavati ai precedenti step 2 e 3 si ottiene il livello nella sezione di calcolo risolvendo l'equazione 4.1;
5. Si confronta il livello idrico calcolato con quello assunto nello step iniziale e si ripete iterativamente la descritta procedura finché lo scarto tra i due valori non risulti inferiore alla tolleranza imposta (usualmente 3 mm).

Il software HEC RAS consente di computare profili in corrente lenta (a partire da assegnate condizioni di valle), in corrente veloce (con condizioni assegnate a monte) e per condizioni “miste” in cui siano presenti passaggi dall’uno all’altro tipo di correnti (*mixed flow regime*).

In questo caso il programma procede come segue:

1. Viene inizialmente calcolato un profilo in corrente lenta a partire da assegnate condizioni di valle, accantonando per ulteriori analisi tutte le sezioni nelle quali il pelo libero raggiunge il valore dell’altezza critica;
2. Viene successivamente calcolato un profilo in corrente veloce a partire da assegnate condizioni di monte; qualora le condizioni di corrente veloce si determinino sin dall’estremo di monte il programma procede al calcolo sin dalla sezione di monte; in caso contrario viene ricercata la prima sezione a valle ove si determinino le condizioni di corrente veloce e da questa sezione procede verso valle col calcolo del profilo;
3. Il programma procede verso valle nel calcolo in corrente veloce finché perviene alla prima sezione in cui possano sussistere entrambe le condizioni lenta e veloce che vengono comparate calcolando le rispettive forze specifiche; qualora prevalga la condizione veloce il programma continua il calcolo in tali condizioni, mentre qualora fosse la condizione lenta a denotare maggiore forza specifica, il programma assume la formazione di un risalto idraulico tra questa e la precedente sezione;
4. Il programma va quindi alla successiva sezione valliva accantonata in seguito al primo step e continua il procedimento sopra delineato.

Il programma consente di simulare importanti situazioni quali le confluenze tra diversi rami del corso d’acqua e la presenza di strettoie per la presenza di ponti o altri manufatti idraulicamente significativi.

Per quanto attiene le confluenze fluviali (*stream junctions*) la simulazione viene ancora generalmente basata sull’equazione 4.1, in quanto nella maggior parte dei casi la perdita di carico dovuta all’angolazione dei confluenti, non considerata nella predetta equazione 4.1, non assume significativa rilevanza; nei casi in cui questo aspetto non possa invece essere trascurato il programma utilizza l’equazione del momento, derivata direttamente dall’applicazione della seconda legge di Newton ad un corpo d’acqua delimitato da due sezioni trasversali 1,2 :

$$(4.6) \quad F_x = ma;$$

$$(4.7) \quad P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q\rho\Delta V_x ;$$

ove:

P = spinta idrostatica alle sezioni 1,2;

W_x = componente della forza peso del corpo d'acqua secondo la direzione del fondo;

F_f = forza dovuta alle perdite per attrito tra le sezioni 1,2;

Q = portata;

ρ = densità dell'acqua;

ΔV_x = variazione delle componenti lungo la direzione del fondo della velocità tra le sezioni 1,2.

Col programma é pertanto possibile, con opportuna scelta delle procedure di calcolo, simulare condizioni di confluenza o divergenza sia in condizioni di corrente lente, che in caso di correnti veloci o miste.

Per quanto attiene la presenza di ponti o altri manufatti di attraversamento (*bridges or culverts*) il programma calcola le perdite di energia causate da dette strutture in tre parti; la prima concerne le perdite (generalmente per espansione del flusso) nel tratto di alveo immediatamente a valle del manufatto, la seconda le perdite causate dall'attraversamento della struttura vera e propria e la terza le perdite di carico nel tratto immediatamente a monte del manufatto, ove generalmente il flusso si contrae per consentire il successivo attraversamento della struttura.

Il programma é strutturato per affrontare, con opportune metodologie di calcolo, le molteplici situazioni che possono presentarsi in presenza di questi manufatti e che vengono sommariamente sotto richiamate:

1. Deflusso a pelo libero in corrente lenta (*Class A low flow*)
2. Deflusso a pelo libero con risalto idraulico (*Class B low flow*)
3. Deflusso a pelo libero in corrente veloce (*Class C low flow*)
4. Deflusso a battente (*Pressure flow*)
5. Deflusso a stramazzo (*Weir flow*)
6. Deflusso combinato a pelo libero e a stramazzo (*Low and weir flow*)
7. Deflusso combinato a battente e stramazzo (*Pressure and weir flow*).

Le condizioni di deflusso a pelo libero (*Low flow*) sussistono quando la superficie idrica non raggiunge la massima generatrice dell'impalcato inferiore del ponte (intradosso); quelle di deflusso a battente (*Pressure flow*) si stabiliscono quando il tirante d'acqua viene a contatto, a monte, con l'impalcato e il ponte consequenzialmente si comporta come un orifizio mentre le condizioni di deflusso a stramazzo (*Weir flow*) si attuano allorché i tiranti idrici superano anche le generatrici

superiori dell'impalcato (estradosso) e gli stessi piani stradali facenti capo alla struttura di attraversamento.

Nel caso di deflusso a pelo libero è possibile tener conto della presenza nell'alveo di pile di varia forma a mezzo di idonei coefficienti empirici (Drag coefficients) e di varia posizione.

I deflussi a battente (*pressure flow*) sono calcolati tenendo conto che si possa verificare il caso che solo la soletta di monte dell'impalcato del ponte sia a contatto con il flusso ovvero che si determinino le condizioni di orifizio completamente riempito per la intera lunghezza della struttura del ponte.

Nel primo caso viene utilizzata la seguente equazione determinata per efflussi sotto paratoie (*sluice gate*) (FHWA, 1978) :

$$(4.8) \quad Q = C_d A_{BU} [2g (Y_3 - Z/2 + \alpha_3 V_3^2 / 2g)]^{1/2};$$

ove:

Q = portata totale scorrente sotto il ponte [m³/s];

C_d = coefficiente che dipende dall'altezza d'acqua a monte, variabile in funzione di Y/Z, con valori compresi tra 0.27 e 0.50 (valore usualmente assunto);

A_{BU} = Area libera sotto il ponte alla sezione di monte (bridge upstream, BU);

Y = tirante d'acqua;

Z = distanza verticale tra l'intradosso del ponte e il fondo alveo alla sezione BU;

nota: gli indici 3 si riferiscono alla sezione fluviale a monte del ponte ove inizia la contrazione del flusso.

Nel secondo caso (orifizio del ponte in pressione da monte a valle) viene utilizzata la formula classica del deflusso a battente:

$$(4.9) \quad Q = CA (2gH)^{1/2};$$

ove:

C = coefficiente assunto pari a 0.8;

H = differenza tra il carico totale a monte e valle del ponte (zone di contrazione ed espansione incluse)

A = Area netta dell'orifizio del ponte.

Il deflusso a stramazzo viene calcolato con la formula classica elaborata per tali tipi di deflusso:

$$(4.10) \quad Q = CLH^{3/2};$$

ove:

Q = portata totale stramazzante;

C = coefficiente di stramazzo;

L = ampiezza della lama stramazzante;

H = altezza del carico totale idraulico sull'estradosso di monte.

In caso di combinazione di due tipi di deflusso (ad esempio deflusso a battente e a stramazzo) il programma attiva un procedimento iterativo di calcolo atto a determinare l'entità di ognuno dei due tipi di deflusso, imponendo che nella sezione di monte del ponte questi presentino la stessa energia.

Di seguito si riportano le caratteristiche del programma per quanto attiene alla verifiche eseguite in moto vario.

Per la verifica in moto vario si è utilizzato sempre il software applicativo HEC-RAS che applica la procedura di calcolo **UNET** (*One-Dimensional Unsteady Flow through a Full Network of open Channels*)

La procedura di calcolo UNET studia la simulazione di un flusso monodimensionale in moto vario in una rete complessa di canali a pelo libero mediante la risoluzione delle equazioni rappresentative del moto vario.

Il modello fisico che sta alla base di questo programma è piuttosto complesso e necessita di numerosi parametri di input. Tale necessità deriva dal fatto che la simulazione in moto vario, e quindi la costruzione del modello idrodinamico, deve tenere conto di tutti i possibili parametri che lo influenzano come per esempio:

- La variazione delle sezioni d'alveo (larghezza, forma e profondità);
- La variazione della scabrezza (tipo di vegetazione, eventuali ostacoli sulle sponde, ecc.);
- La presenza di argini, sbarramenti e ostacoli naturali (altezza e posizione).

In sintesi con le ipotesi di orizzontalità della superficie d'acqua in ciascuna sezione trasversale normale alla direzione della corrente, di trascurabilità dello scambio di quantità di moto tra alveo ed aree di esondazione e di distribuzione della portata secondo la funzione della conduttanza:

$$Q_c = \phi Q$$

in cui :

Q_c = portata nell'alveo

Q = portata totale

$$\phi = K_c / (K_c + K_1)$$

K_c = conduttanza alveo

K_1 = conduttanza area di esondazione,

Le equazioni monodimensionali del moto possono essere combinate in un singolo gruppo:

$$\partial A / \partial t + \partial(\phi Q) / \partial x_c + \partial((1 - \phi) Q) / \partial x_t = 0$$

$$\partial Q / \partial t + \partial(\phi^2 Q^2 / A_c) / \partial x_c + \partial((1 - \phi)^2 Q^2 / A_f) / \partial x_f + g A_c (\partial z / \partial x_c + S_{fc}) + g A_f (\partial z / \partial x_f + S_{ff}) = 0$$

nelle quali i pedici c ed f si riferiscono rispettivamente all'alveo ed all'area di esondazione.

Queste equazioni sono state approssimate usando differenze finite implicite e le equazioni non lineari risolte numericamente usando la tecnica di iterazione Newton – Raphson.

Barkau (1982) ha manipolato le equazioni alle differenze finite per l'alveo e l'area di esondazione ed ha definito un nuovo complesso di equazioni più conveniente per il calcolo; usando un fattore di distribuzione della velocità ha combinato i termini convettivi e definendo un percorso di flusso equivalente ha sostituito la pendenza d'attrito con una forza equivalente.

Le equazioni derivate da Barkau sono la base per UNET.

La soluzione numerica di queste equazioni viene trovata mediante uno schema implicito alle differenze finite a quattro punti, conosciuto anche come "box scheme".

Secondo questo schema, le derivate spaziali ed i valori delle funzioni sono valutate ad un punto interno, $(n + \theta) \Delta t$.

Perciò i valori a $(n + 1) \Delta t$ entrano in tutti i termini di equazioni simultanee.

La soluzione simultanea è un aspetto importante di questo schema perché permette all'informazione di influenzare dall'intero tratto la soluzione in un qualsiasi punto del sistema.

Di conseguenza, l'intervallo di tempo può essere significativamente più ampio che con schemi numerici espliciti. Oltre a risolvere le equazioni rappresentative di moto vario monodimensionale in un complesso sistema idraulico, il programma fornisce all'utente la possibilità di applicare diverse condizioni al contorno esterne ed interne, incluso: idrogrammi e scale idrometriche, sfioratori controllati e non controllati, ponti, sottopassi e sistemi arginali.

Sulla base della schematizzazione geometrica precedentemente definita nella simulazione in moto permanente si è proceduto a verificare in moto vario il sistema in oggetto, applicando il modello precedentemente descritto.