



HydroGeo

Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio

Studio Tecnico Associato Ingg. G. Gazzini, T. Staiano

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE
PER LA QUALITÀ CERTIFICATO DA DNV
= UNI EN ISO 9001:2008 =

Via Cardinal Latino, 20

50126 Firenze

Tel/Fax 055 65 87 050

e-mail info@studiohydrogeo.it

STUDIO IDROLOGICO IDRAULICO DI SUPPORTO ALLA VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO DEL COMUNE DI SAN CASCIANO AI SENSI DEL REGOLAMENTO DI ATTUAZIONE 27/04/2007 N.26/R DELL'ART. 62 DELLA LEGGE REGIONALE 1/2005

RELAZIONE TECNICA

COMMITTENTE:



Comune di San Casciano in Val di Pesa
Via Machiavelli 56 - 50026 - San Casciano in Val di Pesa (FI)

PROGETTISTI:

ING. GIACOMO GAZZINI

DOTT. GEOL. ALESSANDRO MURRATZU

PROGETTO

L 3 5 0

LOTTO

0 1

FASE

S 0 3

DOC

T

ELABORATO

R T C

REV

C

REV.

DATA EMISSIONE

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

C

Marzo 2013

G.Gazzini

G.Gazzini

G.Gazzini

INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	DEFINIZIONE DELL'AMBITO DI STUDIO	3
2.1	APPROCCIO METODOLOGICO	3
2.2	AMBITO D'INDAGINE	4
2.3	DEFINIZIONE DEL QUADRO CONOSCITIVO	4
2.3.1	<i>Raccolta ed analisi dei dati disponibili</i>	<i>4</i>
2.3.2	<i>Caratterizzazione topografica del corso d'acqua.....</i>	<i>5</i>
2.3.3	<i>Caratterizzazione delle aree di esondazione</i>	<i>5</i>
2.3.4	<i>Coefficienti di scabrezza</i>	<i>5</i>
2.4	ANALISI NORMATIVA	5
3	ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA	9
3.1	AMBITI DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA.....	9
3.2	PERICOLOSITÀ IDRAULICA.....	9
3.2.1	<i>Analisi idrologica ed idraulica</i>	<i>9</i>
3.2.2	<i>Modellistica Idraulica e Analisi dei Risultati</i>	<i>11</i>
3.2.2.1	Fiume Greve loc. Mulinaccio	11
3.2.2.2	Fosso Senza Nome loc. Mulinaccio	11
3.2.2.3	Torrente Pesa loc. Ponterotto.....	12
3.2.2.4	Borro del Fossato loc. Ponterotto	12
3.3	MAPPATURA DELLE AREE A PERICOLOSITÀ IDRAULICA.....	13
4	CONDIZIONI DI FATTIBILITÀ IDRAULICA DELLE PREVISIONI URBANISTICHE	14

1 Premessa

Nel Settembre 2011 sono state redatte dal Dott. Geol. Alessandro Murratzu, su incarico del Comune di San Casciano, le indagini di supporto al Regolamento Urbanistico, ai sensi del Regolamento di Attuazione della Legge Regionale 1/2005 (Norme per il Governo del Territorio), approvato con D.P.G.R. n. 26/R del 27 Aprile 2007.

Il suddetto Regolamento di attuazione, ai sensi dell'art.1, disciplina " le direttive tecniche per le indagini atte a verificare la pericolosità del territorio sotto il profilo geologico, idraulico [...], la procedura del deposito delle indagini geologico-tecniche presso le strutture regionali competenti e le modalità del controllo delle indagini geologico-tecniche di cui sopra."

Le disposizioni del regolamento (Art.2) "si applicano alle indagini geologico-tecniche da effettuare in sede di formazione: a) del piano strutturale e sue varianti; b) del regolamento urbanistico e sue varianti; c) del piano complesso d'intervento e sue varianti; d) dei piani attuativi e loro varianti; e) delle varianti ai piani regolatori generali vigenti."

In base al nuovo quadro normativo, le Amministrazioni comunali, in sede di formazione degli atti di governo del territorio e loro rispettive varianti, devono effettuare indagini geologico-tecniche di supporto verificando la pericolosità del territorio sotto il profilo geologico, idraulico e sismico, al fine di accertare i limiti ed i vincoli che possono derivare dalle situazioni di pericolosità riscontrate e di individuare le condizioni che garantiscono la fattibilità degli interventi di trasformazione.

Il Consiglio Comunale, con deliberazione n.43 del 18.06.2012, ha definitivamente approvato il Regolamento Urbanistico Comunale di San Casciano.

Il Comune di San Casciano ha quindi incaricato il Dott. Geol. Alessandro Murratzu di predisporre le indagini geologico tecniche di supporto alla Variante al Regolamento Urbanistico. La presente relazione descrive le indagini idrologiche-idrauliche sviluppate a corredo della Variante al Regolamento Urbanistico.

Con Decreto del Presidente della Giunta Regionale n.53/R del 25 ottobre 2011 è entrato in vigore il nuovo regolamento di attuazione della Legge Regionale 3 gennaio 2005, n. 1 in materia di indagini geologiche.

Dal momento che le presenti indagini riguardano una Variante al Regolamento Urbanistico di San Casciano le cui indagini erano state effettuate ai sensi del Regolamento 26R, su indicazione dell'Amministrazione Comunale, le presenti indagini sono state predisposte ai sensi del previgente regolamento, ovvero del Regolamento 26R.

Alla luce di quanto sopra sono state verificate le condizioni di allagamento mediante studi idrologici ed idraulici analitici sui corsi d'acqua. A supporto di tali indagini, è stata condotta una campagna di rilievi topografici per la definizione della geometria d'alveo dei principali corsi d'acqua che concorrono a definire la pericolosità nelle aree oggetto di trasformazione, integrati dalle sezioni fluviali esistenti fornite dal Consorzio di Bonifica Toscana Centrale.

Per i nuovi interventi previsti dalla Variante dal Regolamento Urbanistico, sono state dunque definite le condizioni di fattibilità idraulica sulla base del livello di pericolosità riscontrata, individuando gli interventi di messa in sicurezza idraulica necessari all'eliminazione di pericolo per persone e beni, senza incremento della pericolosità nelle aree contermini.

2 Definizione dell'ambito di studio

2.1 Approccio metodologico

Le indagini idrologiche ed idrauliche consentono di definire le condizioni di attuazione delle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali, secondo le categorie di fattibilità fissate dal D.P.G.R. n. 26/R del 27 Aprile 2007.

Nell'ambito della presente indagine sono stati implementati studi idrologici ed idraulici per verificare le condizioni di allagamento del territorio.

Lo studio analitico si propone di definire la pericolosità idraulica analitica nelle zone di interesse, valutando gli input idrologici e modellando i corsi d'acqua costituenti la rete idraulica superficiale.

Lo schema metodologico scelto si basa essenzialmente su criteri analitici che, partendo dagli eventi di precipitazione, conducono alla definizione delle aree soggette ad inondazione attraverso, la simulazione dei fenomeni di formazione e propagazione dell'onda di piena.

Ai fini dell'individuazione delle aree soggette a rischio, l'approccio deve necessariamente considerare un corso d'acqua nella sua più completa caratterizzazione spaziale, sia in termini d'estensione, sia in termini di contributi laterali provenienti dagli affluenti considerati. La determinazione delle aree soggette ad inondazione dipende, in sostanza, dalla distribuzione spazio-temporale dei volumi di piena; pertanto, in ogni sezione del corso d'acqua, i volumi d'esondazione dipendono, a parità d'evento che li genera, dalla dinamica di propagazione e di laminazione verificatasi nelle sezioni precedenti. Lo stesso ragionamento vale per i contributi di piena al corso d'acqua principale provenienti dagli affluenti.

È pertanto necessario, da un lato, stimare gli idrogrammi di piena in arrivo al corso d'acqua e, dall'altro, analizzarne la propagazione e laminazione per effetto di esondazioni, opere, diversivi ed immissioni laterali. Di qui la necessità di un approccio integrato di tipo idrologico-idraulico che consideri l'asta fluviale d'interesse, il relativo bacino afferente e le eventuali connessioni idrauliche laterali.

Le sollecitazioni idrologiche al sistema, costituite in generale da eventi caratterizzati da intensità di pioggia variabili nel tempo e nello spazio e dalle "condizioni iniziali" del bacino idrografico, vengono rappresentate da ietogrammi sintetici definiti in base alle Curve di Possibilità Pluviometrica per preassegnata durata di pioggia e tempo di ritorno. Attraverso la modellistica idrologica, vengono definiti gli idrogrammi di piena nelle sezioni di chiusura prescelte del corso d'acqua considerato, tenendo conto che i contributi di piena degli interbacini sono valutati adottando la stessa durata di pioggia ed un coefficiente di ragguglio areale tale da garantire una distribuzione spaziale uniforme dell'evento.

La propagazione dei deflussi di piena così generati e la valutazione dei fenomeni esondativi lungo l'asta fluviale considerata avviene tramite modelli idraulici, in grado di fornire in ogni sezione dell'asta fluviale l'idrogramma di piena in transito ed il massimo battente idraulico atteso, in modo tale da poter verificare l'efficienza delle strutture di contenimento o, in caso contrario, la sussistenza di fenomeni esondativi.

Le simulazioni idrologiche-idrauliche sopra descritte sono eseguite per prefissati tempi di ritorno ($T_R=30-200-500$ anni) assumendo, come durata dell'evento di pioggia, la durata critica che ragionevolmente crea le condizioni più gravose per il corso d'acqua in termini di altezza d'acqua nelle sezioni fluviali.

Vengono così definite le aree soggette ad inondazione, assumendo le condizioni più gravose che si verificano in ciascuna sezione; pervenendo quindi alla mappatura delle aree allagate per i diversi tempi di ritorno considerati.

Si riportano di seguito le fasi operative che hanno consentito l'individuazione e la perimetrazione delle aree soggette a rischio idraulico su base analitica:

- ⇒ individuazione e caratterizzazione dell'ambito fisico oggetto di studio: raccolta ed analisi dei dati disponibili, caratterizzazione topografica dei corsi d'acqua;
- ⇒ analisi del contesto normativo;
- ⇒ modellazione idrologica;
- ⇒ modellazione idraulica;
- ⇒ analisi dei risultati e perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica.

Per ogni corso d'acqua oggetto di indagine analitica saranno prodotti i seguenti elaborati grafici:

- planimetria di rilievo e modello idraulico;
- sezioni fluviali con livelli T_R 30 - 200 - 500 anni;
- pericolosità idrauliche ai sensi del D.P.G.R. 26R del 26/04/2007 attuazione della L.R. 1/2005.

2.2 Ambito d'indagine

L'ambito di studio analitico è rappresentato nelle Tavola 1 e 4, in base ai nuovi interventi di edificazione previsti nella Variante al Regolamento Urbanistico, e comprende i principali corsi d'acqua che concorrono a definire il livello di pericolosità nelle aree oggetto di trasformazione edilizia.

Si riporta di seguito l'elenco dei corsi d'acqua studiati analiticamente per ogni area di interesse:

- Area di Mulinaccio: Fiume Greve e Fosso Senza Nome;
- Area di Ponterotto: Torrente Pesa e Borro del Fossato.

Occorre evidenziare come nell'area di Ponterotto, al margine sud-orientale dell'area oggetto di previsione edificatoria, sia presente un reticolo minore non oggetto di analisi. Tale scelta, concordata peraltro con ufficio del Genio Civile della Provincia di Firenze, deriva dalla modestissima entità del bacino imbrifero tale da non ritenere lo stesso influente sulla pericolosità idraulica del sito.

2.3 Definizione del Quadro Conoscitivo

2.3.1 Raccolta ed analisi dei dati disponibili

La base dati necessaria per lo svolgimento delle elaborazioni previste è stata acquisita dai vari enti territoriali. In particolare sono stati acquisiti:

1. Cartografia Tecnica Regionale in scala 1:10000 ove presente;
2. Elaborati grafici e testuali del Piano per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Arno;
3. Rilievo LIDAR (*Light Detection and Ranging*);
4. Rilievi topografici di dettaglio eseguiti dallo scrivente tramite Gps e Stazione Totale serie Leica 1200, in coordinate WGS84 e convertiti in coordinate Gauss Boaga tramite le griglie di conversione fornite dall'Istituto Geografico Militare;

5. Sezioni trasversali del Fiume Greve e del Torrente Pesa fornite dal Consorzio di Bonifica della Toscana centrale;

Al fine di individuare i parametri fisici necessari alla corretta definizione della modellistica idraulica e per l'individuazione planimetrica delle sezioni longitudinali oggetto di rilievo, si è proceduto inoltre a sopralluoghi in situ.

2.3.2 Caratterizzazione topografica del corso d'acqua

Nel mese di Marzo 2013 è stato eseguito dallo scrivente un rilievo topografico riguardante i corsi d'acqua riportati di seguito, che integra le sezioni fluviali fornite dal Consorzio di Bonifica della Toscana Centrale:

- Fiume Greve n. 27 sezioni fornite dal Consorzio di Bonifica per un tratto complessivo di circa 1400 metri.
- Fosso Senza Nome in località Mulinaccio rilievo di n. 17 sezioni per un tratto di circa 170 metri.
- Torrente Pesa n. 33 sezioni fornite dal Consorzio di Bonifica per un tratto di circa 2000 metri.
- Borro del Fossato rilievo di n. 18 sezioni per un tratto di circa 600 metri.

Sono state rilevate le principali strutture antropiche presenti nell'area e, in particolare: la viabilità principale, gli attraversamenti ed i manufatti di contenimento presenti lungo ogni corso d'acqua oggetto di studio.

Per ciascun corso d'acqua studiato analiticamente, è riportata una planimetria di rilievo in cui sono rappresentate le tracce ed i codici delle sezioni fluviali utilizzate nella successiva modellazione idraulica.

2.3.3 Caratterizzazione delle aree di esondazione

Data la morfologia delle aree contermini ai corsi d'acqua analizzati, in cui non si riscontra la presenza di celle di potenziale accumulo dei volumi di esondazione, si è proceduto ad una modellazione idraulica monodimensionale, in moto stazionario e non, procedendo a favore di sicurezza a perimetrare le aree allagate sulla base dei livelli in alveo. Tale operazione è stata coadiuvata dalle informazioni territoriali deducibili dal rilievo LIDAR.

La simulazione del fenomeno esondativo si basa inoltre sull'ipotesi che i volumi idrici d'inondazione si generano esclusivamente per tracimazione sulle sommità arginali del corso d'acqua. Non sono considerati altri fenomeni quali, ad esempio, il collasso delle strutture arginali o fenomeni di rigurgito diversi da quelli già considerati nel presente studio; anche gli elementi infrastrutturali delimitanti le aree di potenziale inondazione, quali rilevati stradali, ferroviari, ecc.., si considerano, al pari degli argini fluviali, tracimabili senza collasso.

2.3.4 Coefficienti di scabrezza

Per la stima dei coefficienti di scabrezza secondo Manning, da attribuire ad ogni sezione fluviale, si è fatto riferimento ai parametri riportati in letteratura [e.g. Chow V.T., Open Channel Hydraulics, McGraw Hill, New York, 1959], in base allo stato vegetazionale dell'alveo e al tipo di sezione riscontrata durante i rilievi topografici ed i sopralluoghi. In particolare per l'alveo inciso e le sponde del Fiume Greve è stato adottato un coefficiente di Manning pari a $0.04 \text{ s/m}^{1/3}$ e di $0.03 \text{ s/m}^{1/3}$ per gli altri corsi d'acqua

2.4 Analisi Normativa

Con Decreto del Presidente della Giunta Regionale 27 aprile 2007, n. 26/R è stato emanato il 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.

I Comuni, in sede di formazione del piano strutturale e degli atti di governo del territorio e loro rispettive varianti, devono effettuare indagini geologico-tecniche di supporto, verificando la pericolosità del territorio sotto il profilo geologico, idraulico e sismico, in attuazione del Piano di Indirizzo Territoriale, dei Piani Territoriali di Coordinamento Provinciali e nel rispetto dei Piani di Bacino che costituiscono riferimento essenziale, al fine di accertare i limiti ed i vincoli che possono derivare dalle situazioni di pericolosità riscontrate e di individuare le condizioni che garantiscono la fattibilità degli interventi di trasformazione. Le direttive tecniche da seguire sono contenute nell'ALLEGATO A del Regolamento.

Al paragrafo 2.1.C.2 di tale Allegato vengono definite le seguenti aree a pericolosità idraulica:

- **Pericolosità idraulica molto elevata (I.4):** aree interessate da allagamenti per eventi con $Tr < 30$ anni. Fuori dalle unità territoriali organiche elementari (UTOE) potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, 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):** aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $30 < Tr < 200$ anni. Fuori dalle unità territoriali organiche elementari (UTOE) potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici idraulici, 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):** aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $200 < Tr < 500$ anni. Fuori dalle unità territoriali organiche elementari (UTOE) potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici idraulici 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.

Il Regolamento Urbanistico, nel disciplinare l'attività urbanistica ed edilizia del territorio comunale, definisce le condizioni per la gestione degli insediamenti esistenti e per le trasformazioni degli assetti insediativi, infrastrutturali ed edilizi, in coerenza con il quadro conoscitivo e con i contenuti strategici definiti nel Piano Strutturale, traducendo altresì in regole operative anche le prescrizioni dettate dai Piani di Bacino.

Le condizioni di attuazione sono riferite alla fattibilità delle trasformazioni e delle funzioni territoriali ammesse, fattibilità che fornisce indicazioni in merito alle limitazioni delle destinazioni d'uso del territorio in

funzione delle situazioni di pericolosità riscontrate, nonché in merito agli studi e alle indagini da effettuare a livello attuativo ed edilizio ed alle opere da realizzare per la mitigazione del rischio, opere che andranno definite sulla base di studi e verifiche che permettano di acquisire gli elementi utili alla predisposizione della relativa progettazione.

Le condizioni di attuazione delle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali possono essere differenziate secondo le seguenti categorie di fattibilità:

- **Fattibilità senza particolari limitazioni (F1):** si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali non sono necessarie prescrizioni specifiche ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.
- **Fattibilità con normali vincoli (F2):** si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.
- **Fattibilità condizionata (F3):** si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali, ai fini della individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, è necessario definire la tipologia degli approfondimenti di indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi.
- **Fattibilità limitata (F4):** si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali la cui attuazione è subordinata alla realizzazione di interventi di messa in sicurezza che vanno individuati e definiti in sede di redazione del medesimo regolamento urbanistico, sulla base di studi e verifiche atti a determinare gli elementi di base utili per la predisposizione della relativa progettazione.

In relazione agli aspetti idraulici, i criteri generali di fattibilità sono indicati al paragrafo 3.2.2 dell'Allegato A e riportati di seguito.

*"Nelle situazioni caratterizzate da **pericolosità idraulica molto elevata ed elevata** è necessario rispettare i seguenti criteri generali:*

a) non sono da prevedersi interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture per i quali non sia dimostrabile il rispetto di condizioni di sicurezza o non sia prevista la preventiva o contestuale realizzazione di interventi di messa in sicurezza per eventi con tempo di ritorno di 200 anni;

b) nelle aree che risultino soggette a inondazioni con tempi di ritorno inferiori a 20 anni sono consentite solo nuove previsioni per infrastrutture a rete non diversamente localizzabili, per le quali sarà comunque necessario attuare tutte le dovute precauzioni per la riduzione del rischio a livello compatibile con le caratteristiche dell'infrastruttura;

c) gli interventi di messa in sicurezza, definiti sulla base di studi idrologici e idraulici, non devono aumentare il livello di rischio in altre aree con riferimento anche agli effetti dell'eventuale incremento dei picchi di piena a valle;

d) relativamente agli interventi di nuova edificazione previsti nel tessuto insediativo esistente, la messa in sicurezza rispetto ad eventi con tempo di ritorno di 200 anni può essere conseguita anche tramite adeguati sistemi di autosicurezza, nel rispetto delle seguenti condizioni:

- dimostrazioni dell'assenza o dell'eliminazione di pericolo per le persone e i beni;

- dimostrazione che gli interventi non determinano aumento delle pericolosità in altre aree;

e) possono essere previsti interventi per i quali venga dimostrato che la loro natura è tale da non determinare pericolo per persone e beni, da non aumentare la pericolosità in altre aree e purché siano adottate, ove necessario, idonee misure atte a ridurre la vulnerabilità.

f) della sussistenza delle condizioni di cui sopra deve essere dato atto anche nel procedimento amministrativo relativo al titolo abilitativo all'attività edilizia;

g) fino alla certificazione dell'avvenuta messa in sicurezza conseguente la realizzazione ed il collaudo delle opere idrauliche accompagnata dalla delimitazione delle aree risultanti in sicurezza, non può essere rilasciata dichiarazione di abitabilità e di agibilità;

h) deve essere garantita la gestione di quanto in essere tenendo conto della necessità di raggiungimento anche graduale di condizioni di sicurezza idraulica fino a Tr 200 per il patrimonio edilizio e infrastrutturale esistente e per tutte le funzioni connesse.

Nelle situazioni caratterizzate da **pericolosità idraulica media** per gli interventi di nuova edificazione e per le nuove infrastrutture possono non essere dettate condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere idraulico. Qualora si voglia perseguire un maggiore livello di sicurezza idraulica, possono essere indicati i necessari accorgimenti costruttivi per la riduzione della vulnerabilità delle opere previste o individuati gli interventi da realizzare per la messa in sicurezza per eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni, tenendo conto comunque della necessità di non determinare aggravii di pericolosità in altre aree.

Nelle situazioni caratterizzate da **pericolosità idraulica bassa** non è necessario indicare specifiche condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere idraulico."

3 Analisi della pericolosità idraulica

3.1 Ambiti di pericolosità idraulica

Per le aree di Mulinaccio e Ponterotto è stata redatta una specifica cartografia della pericolosità idraulica, con l'individuazione areale delle classi di pericolosità idraulica definite nell'Allegato A del D.P.G.R. 26/R/2007 – Direttive per le indagini geologico tecniche. In particolare, per le aree oggetto di previsioni insediative si è proceduto alla definizione analitica della pericolosità idraulica.

Sono stati definiti i seguenti ambiti di pericolosità idraulica analitica.

- **Pericolosità idraulica bassa (I.1):** aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali non vi sono notizie storiche di inondazioni e sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori 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):** aree di fondovalle per le quali sono state verificate le condizioni di allagamento per eventi compresi tra $200 < Tr \leq 500$ anni mediante studi idrologici e idraulici analitici.
- **Pericolosità idraulica elevata (I.3):** aree di fondovalle per le quali sono state verificate le condizioni di allagamento per eventi compresi tra $30 < Tr \leq 200$ anni mediante studi idrologici e idraulici analitici.
- **Pericolosità idraulica molto elevata (I.4):** aree di fondovalle per le quali sono state verificate le condizioni di allagamento per eventi con $Tr \leq 30$ anni mediante studi idrologici e idraulici analitici.

3.2 Pericolosità idraulica

3.2.1 Analisi idrologica ed idraulica

La determinazione degli idrogrammi di piena per i corsi d'acqua analizzati è stata effettuata utilizzando i parametri, ormai generalmente utilizzati e condivisi, della procedura di regionalizzazione delle portate di piena (ALTO). Tale procedura parte dalla teoria dell'idrogramma istantaneo unitario geomorfologico, le cui linee principali sono riportate in "Allegato 1- Modellistica Idrologica - Idraulica".

Al fine di considerare le condizioni più gravose dal punto di vista del rischio idraulico sono stati calcolati gli idrogrammi di progetto di ciascun corso d'acqua considerando eventi meteorici con durata critica pari a quella del corso d'acqua stesso.

Tale analisi idrologica è stata condotta per i corsi del F.Greve, T.Pesa e Borro del Molinaccio. Mentre per il Fosso Senza Nome in località Mulinaccio, non essendo possibile l'applicazione del metodo di regionalizzazione delle portate di piena in Toscana (trattasi infatti di un'unica asta), si è provveduto alla stima delle portate di piena per i vari tempi di ritorno applicando il metodo di infiltrazione percentuale e determinando le portate di piena applicando la formula razionale.

Si precisa infine che per il fosso in località Molinaccio, avendo rilevato dai sopralluoghi effettuati la presenza di una condotta $\Phi 1400$ che sottopassa il Raccordo Autostradale Firenze-Siena in prossimità del reticolo del corso d'acqua, am che a monte di detta viabilità non sia presente traccia del reticolo in esame, si è deciso di considerare un eventuale contributo di portata (denominato Q_{tubo}) calcolato come la portata "a bocca piena" della condotta secondo la formula della luce a battente:

$$Q = \mu S \sqrt{2gh}$$

dove

μ = coefficiente di contrazione pari a 0.61,

S = area della condotta ($\pi D^2/4$), con D = diametro della condotta,
 g = accelerazione di gravità 9.81 m/s²,
 h = carico idraulico sulla condotta assunto pari a 0.70m.

Si riporta di seguito una sintesi dei parametri utilizzati per implementare i modelli idrologici dei corsi d'acqua nel caso in cui la durata critica dell'evento sia quello relativa al corso d'acqua stesso. Il dettaglio dei risultati della modellistica idrologica per ogni corso d'acqua è riportato in Allegato 2-Risultati Modellistica Idrologica-Idraulica.

Fiume Greve (Mulinaccio) Alto 2000					
A (Kmq)	la (mm)	Ks (mm/h)	n	k	d_{cr} (h)
121.12	14.61	1.33	2.45	1.62	5.80
$a1$	$n1$	$m1$	a	n	m
21.038	0.327	0.170	19.480	0.333	0.205
Q_{30} (mc/s)		Q_{200} (mc/s)		Q_{500} (mc/s)	
193.17		317.03		396.12	
Fosso Senza Nome (Mulinaccio)					
A (Kmq)	d_{cr} (h)	C	$Qtubo$ (mc/s)		
0.009	0.04	0.6	3.47		
$a1$	$n1$	$m1$	a	n	m
17.466	0.449	0.213	19.497	0.273	0.220
Q_{30} (mc/s)		Q_{200} (mc/s)		Q_{500} (mc/s)	
3.79		3.94		4.05	
Torrente Pesa (Ponterotto) Alto 2000					
A (Kmq)	la (mm)	Ks (mm/h)	n	k	d_{cr} (h)
186.00	14.17	2.45	3.35	2.25	9.51
$a1$	$n1$	$m1$	a	n	m
21.641	0.357	0.160	19.080	0.354	0.200
Q_{30} (mc/s)		Q_{200} (mc/s)		Q_{500} (mc/s)	
161.64		260.75		319.93	
Borro del Fossato (Ponterotto) Alto 2000					
A (Kmq)	la (mm)	Ks (mm/h)	n	k	d_{cr} (h)
2.992	8.49	0.68	1.95	0.38	1.28
$a1$	$n1$	$m1$	a	n	m
19.994	0.373	0.160	16.711	0.392	0.196
Q_{30} (mc/s)		Q_{200} (mc/s)		Q_{500} (mc/s)	
16.77		25.79		31.44	

Tabella 3-1: Parametri dei modelli idrologici di ALTO2000

In Allegato 1 - Modellistica idrologica-idraulica è riportata la teoria alla base delle modellazioni idrologiche ed idrauliche implementate su base analitica. Di seguito una tabella riepilogativa in cui è descritta, per ogni corso d'acqua oggetto di indagine, il relativo modello dell'infiltrazione, di formazione dell'onda di piena e di propagazione idraulica attraverso il corso d'acqua.

Corso d'acqua	Modellazione Idrologica		Modellazione idraulica
	Modello dell'infiltrazione	Trasformazione afflussi-deflussi	
Fiume Greve (Mulinaccio)	Metodo intercettazione iniziale e K_s	Metodo di NASH GIUH	Moto Variabile
Fosso Senza Nome (Mulinaccio)	Metodo infiltrazione percentuale	Metodo Razionale	Moto Permanente
Torrente Pesa (Ponterotto)	Metodo intercettazione iniziale e K_s	Metodo di NASH GIUH	Moto Variabile
Borro del Fossato (Ponterotto)	Metodo intercettazione iniziale e K_s	Metodo di NASH GIUH	Moto Variabile

Tabella 3-2: Modellazioni idrologiche ed idrauliche

3.2.2 Modellistica Idraulica e Analisi dei Risultati

In Allegato 2 - Risultati della modellistica idrologica-idraulica sono riportati i risultati delle simulazioni idrauliche svolte per ogni corso d'acqua, per preassegnati tempi di ritorno (30, 200, 500 anni). In particolare per ogni corso d'acqua è riportata:

Nei paragrafi che seguono si riporta per ciascuno dei corsi d'acqua analizzati una descrizione della modellistica implementata, e un'analisi dei risultati.

3.2.2.1 Fiume Greve loc. Mulinaccio

Il Fiume Greve è stato studiato per un tratto di circa 1400 metri, con n. 27 sezioni fornite dal Consorzio di Bonifica della Toscana Centrale, riportate in Tavola 1.

Gli idrogrammi in input alla modellistica idraulica sono riportati in *Allegato 2 - Risultati della modellistica idrologica-idraulica* e sono rappresentati dagli idrogrammi chiusi in località Mulinaccio calcolati alla durata critica del corso d'acqua.

Per il Fiume Greve è stata implementata un modello di moto non stazionario, con condizione di valle la pendenza di moto uniforme pari a 0.006 per tutti i tempi di ritorno.

Ogni sezione del modello idraulico è pertanto sollecitata dalla portata alla sezione di chiusura del modello idrologico.

In Tavola 2 e in Allegato 2 sono riportati i risultati della modellistica idraulica, e in Tavola 3 la mappatura delle aree a pericolosità idraulica secondo i disposti del Regolamento della Regione Toscana 26/R.

Queste ultime sono state ricavate dai massimi livelli raggiunti per ogni tempo di ritorno nelle sezioni del modello.

Dall'analisi dei risultati emerge come per il Fiume Greve si evidenzia nella zona di interesse una insufficienza al transito della portata per $Tr \geq 200$ anni.

3.2.2.2 Fosso Senza Nome loc. Mulinaccio

Il Fosso Senza Nome è stato studiato per un tratto di circa 170 metri, con il rilievo topografico di n.17 sezioni fluviali, riportate in Tavola 1.

L'input alla modellistica idraulica è costituito dalle portate di piena per i vari tempi di ritorno, comprensive del contributo della condotta che sottopassa il raccordo Autostradale Firenze-Siena, riportate in Allegato 2 - Risultati della modellistica idrologica-idraulica.

Per il Fosso in questione è stata implementata una modellistica di moto permanente in condizioni di corrente mista. Quali condizioni al contorno sono stati imposti: a monte, il passaggio dall'altezza critica della corrente; a valle, il livello idrico al colmo di piena della sezione 01797__06 del Fiume Greve, ottenuto dalla simulazione idraulica per i vari tempi di ritorno alla durata critica del Fiume Greve stesso.

In Tavola 2 e in Allegato 2 sono riportati i risultati della modellistica idraulica, e in Tavola 3 la mappatura delle aree a pericolosità idraulica secondo i disposti del Regolamento della Regione Toscana 26/R.

Queste ultime sono state ricavate dai massimi livelli raggiunti per ogni tempo di ritorno nelle sezioni del modello.

Dall'analisi dei risultati emerge come una generale insufficienza del Fosso Senza Nome al transito delle portate in ingresso, in particolare in corrispondenza della confluenza con il Fiume Greve, essenzialmente dovuta al sottodimensionamento dei due tombamenti.

3.2.2.3 Torrente Pesa loc. Ponterotto

Il Torrente Pesa è stato studiato per un tratto di circa 2000 metri, utilizzando n.33 sezioni fluviali fornite dal Consorzio di Bonifica della Toscana Centrale, riportate in Tavola 4.

Gli idrogrammi in input alla modellistica idraulica sono riportati in Allegato 2 - Risultati della modellistica idrologica-idraulica e sono rappresentati dagli idrogrammi calcolati la durata critica del corso d'acqua per ogni tempo di ritorno.

Per il Torrente Pesa è stata implementata una modellistica di moto non stazionario, con condizione di valle la pendenza di moto uniforme pari a 0.009 per tutti i tempi di ritorno. Ogni sezione del modello idraulico è pertanto sollecitata dalla portata alla sezione di chiusura del modello idrologico.

In Tavola 5 e in Allegato 2 sono riportati i risultati della modellistica idraulica, e in Tavola 6 la mappatura delle aree a pericolosità idraulica secondo i disposti del Regolamento della Regione Toscana 26/R.

Queste ultime sono state ricavate dai massimi livelli raggiunti per ogni tempo di ritorno nelle sezioni del modello.

Dall'analisi dei risultati emerge una sostanziale sufficienza delle sezioni fluviali e delle opere di contenimento, del Torrente Pesa allo smaltimento dei volumi di piena, dato che non si riscontrano particolari criticità anche per eventi con tempi di ritorno duecentennale.

3.2.2.4 Borro del Fossato loc. Ponterotto

Il Borro del Fossato è stato studiato per un tratto di circa 600 metri, con il rilievo topografico di n.18 sezioni fluviali, riportate nelle Tavola 5.

Gli idrogrammi in input alla modellistica idraulica sono riportati in Allegato 2 - Risultati della modellistica idrologica-idraulica e sono rappresentati dagli idrogrammi calcolati alla durata critica del Borro del Fossato per i vari tempi di ritorno.

Per il Borro del Fossato è stata implementata una modellistica di moto non stazionario e, come condizione di valle, la pendenza di moto uniforme pari a 0.02 per tutti i tempi di ritorno (il fondo alveo è infatti superiore ai livelli idrici nel T. Pesa).

In Tavola 5 e in Allegato 2 sono riportati i risultati della modellistica idraulica, e in Tavola 6 la mappatura delle aree a pericolosità idraulica secondo i disposti del Regolamento della Regione Toscana 26/R.

Queste ultime sono state ricavate dai massimi livelli raggiunti per ogni tempo di ritorno nelle sezioni del modello.

Dall'analisi dei risultati emerge una modesta insufficienza del Borro del Fossato allo smaltimento delle piene con $Tr \geq 200$ anni, specie in corrispondenza della confluenza nel Torrente Pesa. Le esondazioni rimangono comunque confinate ad una ristretta fascia a cavallo del corso d'acqua.

3.3 Mappatura delle aree a pericolosità idraulica

Sulla base delle risultanze degli studi idrologici ed idraulici analitici sono state perimetrate le aree allagabili su base analitica per assegnati tempi di ritorno (TR=30,200 e 500 anni), secondo i criteri fissati dal Decreto del Presidente della Giunta Regionale 27 aprile 2007, n. 26/R e definite le rispettive classi di pericolosità.

I limiti di tali aree sono stati ricostruiti sulla base della morfologia dei terreni e dei massimi livelli idrometrici risultanti nelle sezioni fluviali. Con le informazioni plano-altimetriche fornite dal rilievo topografico e del rilievo LIDAR è stato possibile ricostruire i percorsi di flusso preferenziali delle acque di esondazione non contenibili in alveo.

4 Condizioni di fattibilità idraulica delle previsioni urbanistiche

Il Regolamento 26/R non consente nuove previsioni in zone che risultino soggette ad inondazioni con tempi di ritorno inferiori a 20 anni. Esternamente al limite delle esondazioni ventennali, risultano invece ammessi interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture, purché sia dimostrabile il rispetto delle condizioni di sicurezza o sia prevista la preventiva o contestuale realizzazione di interventi di messa in sicurezza idraulica per eventi con tempo di ritorno di 200 anni.

Pertanto, per poter dare seguito alla pianificazione in aree a pericolosità idraulica molto elevata ed elevata, occorre imporre delle condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere idraulico ed individuare gli interventi atti a garantire la messa in sicurezza idraulica delle nuove previsioni sullo scenario con $T_R=200$ anni. La realizzazione di tali interventi di messa in sicurezza idraulica dovrà avvenire in maniera preventiva o contestuale alla realizzazione degli interventi urbanistici. Gli interventi di messa in sicurezza non dovranno aumentare il livello di rischio in altre aree, con riferimento anche agli effetti dell'eventuale incremento dei picchi di piena di valle.

Esternamente alle aree allagabili per $T_R=200$ anni, invece, non sono imposte condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere idraulico.

Le aree di Mulinaccio e Ponterotto non presentano nessuna restrizione di carattere idraulico per quanto riguarda le aree di trasformazione oggetto di variante, non essendo le stesse ricomprese in aree a pericolosità idraulica di classe I.4 o I.3 ai sensi del Regolamento 26R.

Nell'area in località Mulinaccio oggetto di previsione edificatoria sarà infine opportuno garantire il drenaggio attraverso il reticolo di scolo locale da mantenere adeguatamente con particolare riferimento al fosso che corre al margine sud-orientale dell'area non oggetto di studio, come precedentemente argomentato e concordato con ufficio del Genio Civile della Provincia di Firenze.