



Comune di
Pistoia



Comune di
Agliana



Comune di
Quarrata

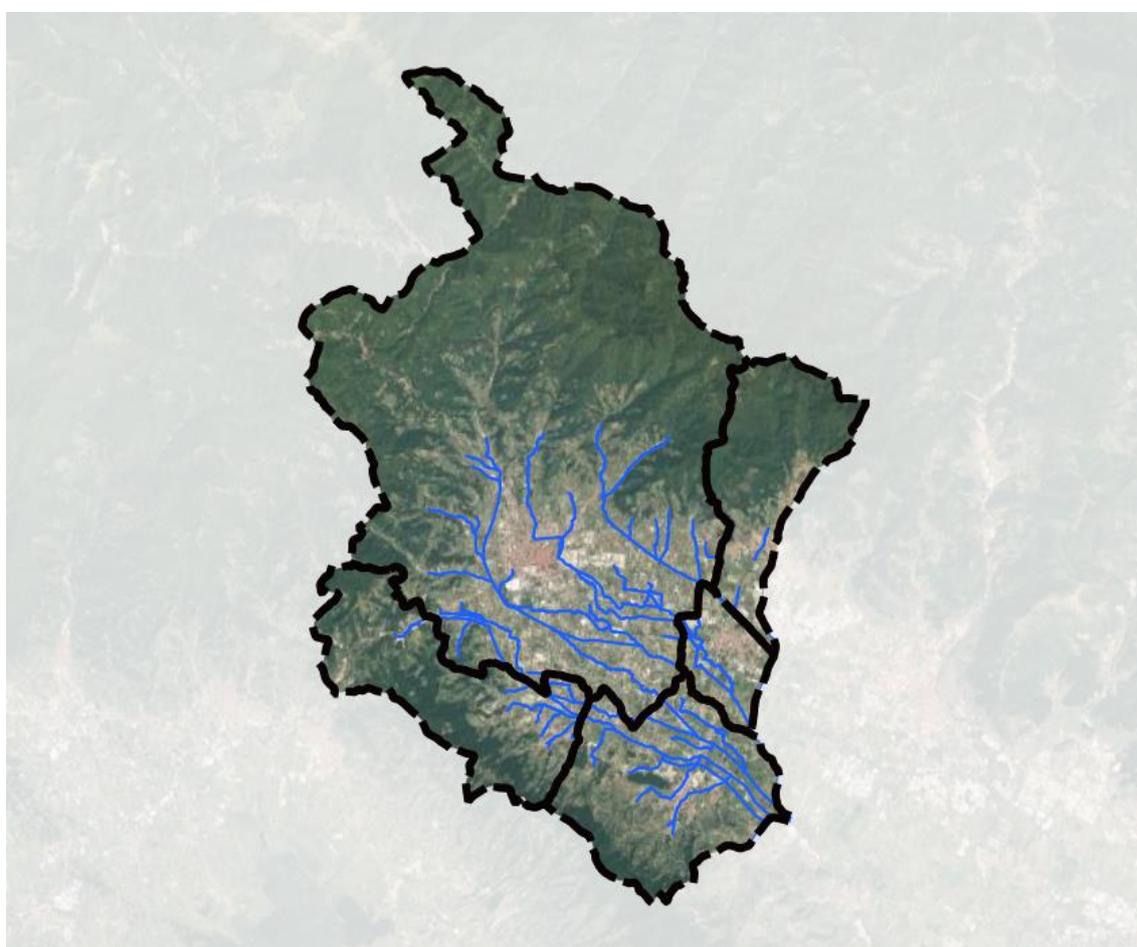


Comune di
Montale



Comune di
Serravalle P.se

Aggiornamento delle mappe di pericolosità da alluvione e rischio di alluvioni comprensive di battenti e velocità necessarie per l'applicazione della LR 41/2018, ai sensi dell'art. 4 della legge regionale n°73 del 27/12/2018 per i Comuni di Pistoia, Agliana, Quarrata, Montale e Serravalle Pistoiese



IDR.00 – Relazione idraulica

Raggruppamento temporaneo di imprese

Gennaio 2024



WEST
Systems



Rev.00

Aggiornamento delle mappe di pericolosità da alluvione e rischio di alluvioni comprensive di battenti e velocità necessarie per l'applicazione della LR 41/2008 ai sensi dell'articolo 4 della legge regionale n. 73 del 27/12/2018 per i Comuni di Pistoia, Agliana, Quarrata, Montale e Serravalle Pistoiese



D.R.E.Am. Italia

Ing. Simone Galardini

Ing. Chiara Chiostrini

Ing. Federico Orlandini



West System

Ing. David Settesoldi

Ing. Giulio Sommani

Ing. Francesco Valtancoli



A4 Ingegneria

Ing. Cristiano Cappelli

Ing. Daniele Baldi

SOMMARIO

1	PREMESSA	2
2	FASI DELLO STUDIO.....	2
3	DEFINIZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO	3
4	ACQUISIZIONE DATI TOPOGRAFICI.....	6
4.1	<i>RILIEVI TOPOGRAFICI DEI CORSI D'ACQUA INSERITI ALL'INTERNO DEL MODELLO DELLE "ACQUE ALTE"</i>	<i>6</i>
4.2	<i>RILIEVI TOPOGRAFICI DEI CORSI D'ACQUA INSERITI ALL'INTERNO DEL MODELLO DELLE "ACQUE BASSE"</i>	<i>9</i>
4.3	<i>RICOSTRUZIONE DEL DTM (DIGITAL TERRAIN MODEL) DI BASE</i>	<i>10</i>
4.3.1	<i>Descrizione della tecnica di rilevamento LIDAR.....</i>	<i>13</i>
4.3.2	<i>Dati LIDAR per il territorio oggetto di studio</i>	<i>14</i>
4.4	<i>GEOREFERENZIAZIONE ALTIMETRICA DEI VOLI LIDAR DISPONIBILI</i>	<i>15</i>
4.5	<i>APPROFONDIMENTI TOPOGRAFICI SPECIFICI PER AGGIORNARE/DETTAGLIARE IL DTM</i>	<i>16</i>
4.5.1	<i>Opere idrauliche.....</i>	<i>17</i>
4.5.2	<i>Opere idrauliche in corso di realizzazione</i>	<i>22</i>
4.5.3	<i>Infrastrutture viarie realizzate</i>	<i>26</i>
4.5.4	<i>Nuove principali lottizzazioni e/o interventi edilizi.....</i>	<i>36</i>
5	INTERAZIONE TRA I MODELLI DI CALCOLO DEI SISTEMI DELLE "ACQUE ALTE" E DELLE "ACQUE BASSE"	46
6	ANALISI IDRAULICA DEL SISTEMA DELLE "ACQUE ALTE"	46
6.1	<i>RICOSTRUZIONE DELLA GEOMETRIA DEL MODELLO.....</i>	<i>47</i>
6.1.1	<i>Modalità di ricostruzione della geometria delle aste modellate con schema monodimensionale</i>	<i>49</i>
6.1.2	<i>Modalità di ricostruzione delle opere di laminazione esistenti e/o in corso di esecuzione</i>	<i>51</i>
6.1.3	<i>Modalità di ricostruzione dei corsi d'acqua minori inseriti come Boundary Condition Lines ...</i>	<i>51</i>
6.1.4	<i>Modalità di ricostruzione delle connessioni delle aree bidimensionali</i>	<i>54</i>
6.2	<i>INTERVENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA SU CORSI D'ACQUA</i>	<i>55</i>
6.3	<i>DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DEL MODELLO IDRAULICO.....</i>	<i>61</i>
6.4	<i>CONDIZIONI AL CONTORNO DI MONTE</i>	<i>69</i>
6.5	<i>CONDIZIONI AL CONTORNO DI VALLE.....</i>	<i>70</i>
7	SISTEMA DELLE "ACQUE BASSE".....	70
7.1	<i>RICOSTRUZIONE DELLA GEOMETRIA DEI MODELLI</i>	<i>71</i>
7.2	<i>DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DEL MODELLO IDRAULICO.....</i>	<i>72</i>
7.3	<i>CONDIZIONI AL CONTORNO DI VALLE.....</i>	<i>75</i>
8	PERIMETRAZIONE AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA E MAGNITUDO IDRAULICA.....	76

1 PREMESSA

La presente relazione è stata redatta nell'ambito dello studio idrologico-idraulico relativo al bacino del Torrente Ombrone P.se, di supporto agli strumenti della pianificazione dei comuni di Pistoia, Montale, Agliana, Quarrata e Serravalle P.se.

Lo studio è stato condotto in ottemperanza alle disposizioni normative regionali (vedi D.P.G.R. del 30/01/2020 n.5/R) e con metodologia conforme all'Allegato 3 delle norme del P.G.R.A. dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale. Le perimetrazioni delle aree allagabili sono state ricostruite con riferimento ai parametri (battenti e velocità) stabiliti per le varie classi di magnitudo dalla L.R. 41/2018.

2 FASI DELLO STUDIO

La relazione si articola nei seguenti capitoli che si identificano con le diverse fasi dello studio:

- 1. Definizione del reticolo idrografico oggetto di studio e suddivisione tra reticolo delle “acque alte” e reticolo delle “acque basse”;**
- 2. Acquisizione dati topografici sui corsi d'acqua e sulle aree a campagna potenzialmente interessate dagli allagamenti;**
- 3. Analisi idrologica con definizione degli idrogrammi di piena e degli scenari idrologici da analizzare;**
- 4. Analisi idraulica suddivisa tra sistema delle “acque alte” e sistema delle “acque basse” applicando lo schema di calcolo mono-dimensionale per i corsi d'acqua e bi-dimensionale per le aree allagabili a campagna;**
- 5. Perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica ai sensi del D.P.G.R. del 30/01/2020 n.5/R, della L.R. 41/18 e del P.G.R.A.;**
- 6. Perimetrazione delle aree soggette a magnitudo idraulica ai sensi del D.P.G.R. del 30/01/2020 n.5/R e della L.R. 41/18.**

3 DEFINIZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO

Il primo passo dello studio eseguito è consistito nella definizione del reticolo idrografico oggetto di analisi. Per stabilire i corsi d'acqua e i relativi tratti da studiare, tutti all'interno del bacino dell'Ombrone Pistoiese, è stata eseguita un'attenta analisi del reticolo idrografico regionale ai sensi della L.R. 79/2012 ed un confronto con le aste già oggetto di modellazione all'interno dei più recenti studi idraulici a supporto degli strumenti urbanistici dei comuni di Pistoia, Quarrata, Agliana, Montale e Serravalle P.se.

Di concerto con gli enti preposti è stato quindi definito il reticolo idrografico e l'area oggetto di indagine. Lo studio ha comportato l'inserimento di ulteriori corsi d'acqua e/o di tratti di essi che non erano stati precedentemente analizzati negli studi a supporto degli strumenti urbanistici.

I corsi d'acqua oggetto di indagine sono riportati nella seguente tabella.

CORSI D'ACQUA ANALIZZATI
FOSSO ACQUALUNGA
TORRENTE AGNA
TORRENTE AGNA DELLE CONCHE
FOSSO DELLA BADIA
TORRENTE BAGNOLO
FOSSO DI BARBERONI
TORRENTE BRANA
FOSSO BRUSIGLIANO
TORRENTE BURE DI SANTO MORO
TORRENTE BURE DI BAGGIO
TORRENTE BURE
TORRENTE CALICE
FOSSO DELLA CASACCIA
FOSSO DI CASSERO BIANCA
FOSSO DEL CASTELLO BIAGINI
FOSSO DI CASTELNUOVO
RIO SANT'ALESSIO O RIO DIECINE
FOSSO DEL DOCCIOLINO
FOSSO FARNIO O DI FALCHERETO
FOSSO TREDICI
FOSSO DEL BOLLACCHIONE
FOSSO GAGLIANO
RIO DELLA FALLITA
FOSSO DELLA FERMULLA
FOSSO DELLA BURACCIA
FOSSO SCOLMATORE ACQUALUNGA
FOSSO IL GORELLO
FOSSO TAZZERINO

FOSSO DI BACO
FOSSO LA SETTOLA
FOSSO DEL BARBERO
FOSSO DI BULICATA
FOSSO OMBRONCELLO
FOSSO LA GORA
FOSSO DELLE CAVALLACCE
FOSSO DEI PONTACCI
FOSSO DEL PANCONE
FOSSO DEI FORTI
FOSSO DOGAIA O DELLA SENICE
FOSSO DI MORIONE
FOSSO DELLA FORRETTA
FOSSO DI VINACCIANO
FOSSO IMPIALLA
TORRENTE IOLO
FOSSO PONTE ALLA ZOPPA DI LUCIANO
FOSSO DELLE MULINA
FOSSO DEL MANDRIONE
FOSSO DI COLLECCHIO
MV27839
FOSSO DOGAIA DEI QUADRELLI
FOSSO DEL CASALE
FOSSO FARNIO O DI FALCHETTO
FOSSO DI SAN QUIRICO
FOSSO DI SAN SEBASTIANO
FOSSO DEL SANTO
TORRENTE SETTOLA
FOSSO DELLA GALIGANA
TORRENTE STELLA
FOSSO TAZZERA
FOSSO DEL TAZZERA DI TORBECCHIA
FOSSO TORBECCHIA
FOSSO DEL TAZZERINO (LAGO GABBIANO)
TORRENTE VINCIO DI BRANDEGLIO
TORRENTE VINCIO DI MONTAGNANA
TORRENTE OMBRONE P.SE

TABELLA 1. ELENCO DEI CORSI D'ACQUA OGGETTO DI SIMULAZIONE

Il reticolo oggetto di studio è stato suddiviso, per ragioni di modellazione idraulica, in due sistemi di seguito denominati "acque alte" e "acque basse".

La motivazione alla base della decisione di suddividere il reticolo di studio dell'Ombrone Pistoiese in due sistemi distinti è data dalla necessità di non complicare ulteriormente i calcoli delle simulazioni idrauliche di un reticolo idrografico di per sé già estremamente esteso (circa 160 km di aste) e geometricamente complesso come quello delle "acque alte", che interessa una superficie di territorio

modellata potenzialmente interessata da esondazioni pari a circa 110 kmq, tenendo separati una serie di corsi d'acqua "minori" principalmente inquadrabili tra fossi di acque basse.

All'interno del sistema denominato delle "acque alte" sono inseriti i corsi d'acqua principali di acque alte, tra cui quelli facenti parte del reticolo di riferimento a scala distrettuale (vedi Allegato 4 della Disciplina di Piano del P.G.R.A. dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale). All'interno di questo sistema è stato inserito un fosso prettamente di acque basse, così come richiesto dai tecnici dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, in analogia al modello di calcolo precedentemente elaborato a supporto del vigente P.G.R.A., anche il tratto finale arginato del Fosso Dogaia dei Quadrelli.

Nella seguente tabella sono riportati i corsi d'acqua che costituiscono il sistema delle "acque alte" e quelli che sono inseriti nel sistema delle "acque basse".

Si precisa che nella colonna del sistema delle "acque alte" sono indicati anche alcuni corsi d'acqua inseriti nel sistema delle "acque basse"; questo perché nel modello delle "acque alte" sono stati modellati anche i tratti terminali dei fossi di "acque basse" posti a monte della confluenza con il reticolo di acque alte al fine di far interagire idraulicamente i due sistemi ad eccezione del Fosso della Badia. Infatti il tratto di Fosso della Badia modellato nel sistema delle "acque basse" è quello in gran parte tombato che attraverso il centro abitato di Montale ed è posto a monte della sezione iniziale di studio del tratto inserito nel modello delle "acque alte" posta in corrispondenza dell'attraversamento sotto il rilevato stradale di via Berlinguer.

CORSI D'ACQUA SISTEMA "ACQUE ALTE"	CORSI D'ACQUA SISTEMA "ACQUE BASSE"
FOSSO ACQUALUNGA	FOSSO ACQUALUNGA
TORRENTE AGNA	FOSSO DELLA BADIA
TORRENTE AGNA DELLE CONCHE	FOSSO BRUSIGLIANO
FOSSO DELLA BADIA	FOSSO DOGAIA DEI QUADRELLI
TORRENTE BAGNOLO	FOSSO LA SETTOLA
FOSSO DI BARBERONI	FOSSO DEL TAZZERINO (LAGO GABBIANO)
TORRENTE BRANA	FOSSO TAZZERA
FOSSO BRUSIGLIANO	FOSSO IL GORELLO
TORRENTE BURE DI SANTO MORO	FOSSO TAZZERINO
TORRENTE BURE DI BAGGIO	FOSSO SCOLMATORE ACQUALUNGA
TORRENTE BURE	FOSSO DEL PANCONO
TORRENTE CALICE	FOSSO OMBRONCELLO
FOSSO DELLA CASACCIA	FOSSO FARNIO O DI FALCHETTO
FOSSO DI CASSERO BIANCA	FOSSO DOGAIA O DELLA SENICE
FOSSO DEL CASTELLO BIAGINI	FOSSO DEL BOLLACCHIONE
FOSSO DI CASTELNUOVO	FOSSO DELLA BURACCIA
RIO SANT'ALESSIO O RIO DIECINE	FOSSO DEI PONTACCI
FOSSO DEL DOCCIOLINO	
FOSSO FARNIO O DI FALCHERETO	
FOSSO TREDICI	
FOSSO GAGLIANO	
RIO DELLA FALLITA	
FOSSO DELLA FERMULLA	

FOSSO DI BACO	
FOSSO DEL BARBERO	
FOSSO DI BULICATA	
FOSSO DELLE CAVALLACCE	
FOSSO DEI FORTI	
FOSSO DI MORIONE	
FOSSO DELLA FORRETTA	
FOSSO DI VINACCIANO	
FOSSO IMPIALLA	
TORRENTE IOLO	
FOSSO PONTE ALLA ZOPPA DI LUCIANO	
FOSSO DELLE MULINA	
FOSSO DEL MANDRIONE	
MV27839	
FOSSO DOGAIA DEI QUADRELLI	
FOSSO DEL CASALE	
FOSSO DI SAN QUIRICO	
FOSSO DI SAN SEBASTIANO	
FOSSO DEL SANTO	
TORRENTE SETTOLA	
TORRENTE STELLA	
FOSSO TAZZERA	
FOSSO DEL TAZZERA DI TORBECCHIA	
FOSSO TORBECCHIA	
FOSSO DEL TAZZERINO (LAGO GABBIANO)	
TORRENTE VINCIO DI BRANDEGLIO	
TORRENTE VINCIO DI MONTAGNANA	
TORRENTE OMBRONE P.SE	

TABELLA 2. ELENCO CORSI D'ACQUA DEI DUE SISTEMI ANALIZZATI

La rappresentazione grafica dei suddetti reticoli/sistemi è riportata nell'elaborato IDRO.06.

4 ACQUISIZIONE DATI TOPOGRAFICI

4.1 RILIEVI TOPOGRAFICI DEI CORSI D'ACQUA INSERITI ALL'INTERNO DEL MODELLO DELLE "ACQUE ALTE"

I dati topografici utilizzati nella modellazione idraulica dei vari corsi d'acqua sono stati in parte forniti dall'Ufficio Tecnico del Genio Civile del Valdarno Centrale, in parte ripresi dagli studi idraulici già eseguiti negli anni precedenti e in parte eseguiti appositamente nell'ambito dello studio in oggetto dall'Ing. Francesco Vezzosi per conto dell'ATI incaricata.

Gli studi idraulici da cui sono stati ripresi i dati topografici sono di seguito elencati:

- studio idrologico-idraulico di supporto alla Variante del Regolamento Urbanistico del Comune di Serravalle P.se consegnato nel Gennaio 2016, redatto da A4 Ingegneria;
- studio idrologico-idraulico di supporto alla Variante al Piano Strutturale del Comune di Prato consegnato nel Luglio 2018, redatto da A4 Ingegneria;
- studio idrologico-idraulico di supporto al Nuovo Piano Strutturale e Piano Operativo del Comune di Campi Bisenzio consegnato nel Dicembre 2021, redatto da A4 Ingegneria;

Aggiornamento delle mappe di pericolosità da alluvione e rischio di alluvioni comprensive di battenti e velocità necessarie per l'applicazione della LR 41/2008 ai sensi dell'articolo 4 della legge regionale n. 73 del 27/12/2018 per i Comuni di Pistoia, Agliana, Quarrata, Montale e Serravalle Pistoiese

- studio idrologico-idraulico di supporto al Piano Strutturale del Comune di Serravalle P.se consegnato nel Settembre 2019, redatto da A4 Ingegneria;
- studio idrologico-idraulico di supporto al Piano Strutturale del Comune di Montale consegnato nel Settembre 2019, redatto da DREAM Italia;
- studio idrologico-idraulico di supporto al Piano Operativo del Comune di Quarrata consegnato nel Settembre 2020, redatto da DREAM Italia;
- studio idrologico-idraulico di supporto al Piano Operativo del Comune di Montemurlo consegnato nell'Ottobre 2018, redatto da West Systems.

Di seguito si riportano, per ogni corso d'acqua oggetto di studio, la fonte dei dati topografici utilizzati e, se disponibile, l'anno in cui sono stati raccolti i dati.

<i>CORSO D'ACQUA</i>	<i>DATI TOPOGRAFICI</i>
<i>Fosso Acqualunga</i>	<i>Progetto esecutivo A4 Ingegneria (Settembre 2019), Progetto esecutivo HS Ingegneria, rilievo di supporto ai progetti</i>
<i>Torrente Agna</i>	<i>Campagna topografica 2016 Durazzani Srl Territorio e Ambiente</i>
<i>Torrente Agna delle Conche</i>	<i>West Systems</i>
<i>Fosso della Badia</i>	<i>Campagna topografica 2017 Ing. Francesco Vezzosi, Progetto Esecutivo DREAM Italia</i>
<i>Torrente Bagnolo</i>	<i>Campagna topografica 2008 Geom. Alessio Mazzetti, Studio Hydea 1998</i>
<i>Fosso di Barberoni</i>	<i>Lidar modificato sulla base di rilievi speditivi</i>
<i>Torrente Brana</i>	<i>Campagna topografica 2021/2022 Ing. Francesco Vezzosi per ATI</i>
<i>Fosso Brusigliano</i>	<i>DREAM Italia</i>
<i>Torrente Bure di Santo Moro</i>	<i>Campagna topografica 2021/2022 Ing. Francesco Vezzosi per ATI</i>
<i>Torrente Bure di Baggio</i>	<i>Campagna topografica 2021/2022 Ing. Francesco Vezzosi per ATI</i>
<i>Torrente Bure</i>	<i>Campagne topografiche: 2022 Ing. Francesco Vezzosi per ATI, 2009 Idroprogetti, 2013 Geom. Lenzi</i>
<i>Torrente Calice</i>	<i>Campagna topografica 2016 Durazzani Srl Territorio e Ambiente</i>
<i>Fosso della Casaccia</i>	<i>Campagna topografica 2021/2022 Ing. Francesco Vezzosi per ATI</i>
<i>Fosso di Cassero Bianca</i>	<i>Campagna topografica 2018 A4 Ingegneria</i>
<i>Fosso del Castello Biagini</i>	<i>Campagna topografica 2018 A4 Ingegneria</i>
<i>Fosso di Castelnuovo</i>	<i>Campagna topografica 2018 A4 Ingegneria</i>
<i>Rio Sant'Alessio o Rio Diecine</i>	<i>Campagna topografica 2021/2022 Ing. Francesco Vezzosi per ATI</i>
<i>Fosso del Docciolino</i>	<i>Campagna topografica 2021/2022 Ing. Francesco Vezzosi per ATI</i>
<i>Fosso Farnio o di Falchereto</i>	<i>Modello idraulico a supporto del Nuovo Piano Operativo del Comune di Quarrata – DREAM Italia 2020</i>
<i>Fosso Tredici</i>	<i>Campagna topografica 2020 Geom. Alessio Mazzetti</i>
<i>Fosso Gagliano</i>	<i>Campagna topografica 2020 Geom. Alessio Mazzetti</i>
<i>Rio della Fallita</i>	<i>Campagna topografica 2020 Geom. Alessio Mazzetti</i>
<i>Fosso della Fermulla</i>	<i>Modello idraulico a supporto del Nuovo Piano Operativo del Comune di Quarrata – DREAM Italia 2020</i>

Aggiornamento delle mappe di pericolosità da alluvione e rischio di alluvioni comprensive di battenti e velocità necessarie per l'applicazione della LR 41/2008 ai sensi dell'articolo 4 della legge regionale n. 73 del 27/12/2018 per i Comuni di Pistoia, Agliana, Quarrata, Montale e Serravalle Pistoiese

<i>CORSO D'ACQUA</i>	<i>DATI TOPOGRAFICI</i>
<i>Fosso di Baco</i>	<i>Campagna topografica 2018 A4 Ingegneria</i>
<i>Fosso del Barbero</i>	<i>Campagna topografica 2021/2022 Ing. Francesco Vezzosi per ATI</i>
<i>Fosso di Bulicata</i>	<i>Campagna topografica 2021/2022 Ing. Francesco Vezzosi per ATI</i>
<i>Fosso delle Cavallacce</i>	<i>Campagna topografica 2018 A4 Ingegneria</i>
<i>Fosso dei Forti</i>	<i>Campagna topografica 2018 A4 Ingegneria</i>
<i>Fosso di Morione</i>	<i>Campagna topografica 2018 A4 Ingegneria</i>
<i>Fosso della Forretta</i>	<i>Campagna topografica 2018 A4 Ingegneria</i>
<i>Fosso di Vinacciano</i>	<i>Campagna topografica 2018 A4 Ingegneria</i>
<i>Fosso Impialla</i>	<i>Modello idraulico a supporto del Nuovo Piano Operativo del Comune di Quarrata – DREAM Italia 2020</i>
<i>Torrente Iolo</i>	<i>Studio Hydea 1998</i>
<i>Fosso Ponte alla Zoppa di Luciano</i>	<i>Campagna topografica 2023 A4 Ingegneria</i>
<i>Fosso delle Mulina</i>	<i>Campagna topografica 2023 A4 Ingegneria</i>
<i>Fosso del Mandrione</i>	<i>Progetto esecutivo, e successive varianti autorizzate dal Genio Civile Valdarno Centrale, del raddoppio della linea ferroviaria Pistoia – Lucca – Pisa S.R. nella tratta Pistoia – Montecatini Terme</i>
<i>MV27839</i>	<i>Campagna topografica 2018 A4 Ingegneria</i>
<i>Fosso Dogaia dei Quadrelli</i>	<i>Campagna topografica 2017 Geom. Alessio Mazzetti</i>
<i>Fosso del Casale</i>	<i>Campagna topografica 2018 A4 Ingegneria</i>
<i>Fosso di San Quirico</i>	<i>Campagna topografica 2021/2022 Ing. Francesco Vezzosi per ATI</i>
<i>Fosso di San Sebastiano</i>	<i>Campagna topografica 2021/2022 Ing. Francesco Vezzosi per ATI</i>
<i>Fosso del Santo</i>	<i>Campagna topografica 2022 Ing. Francesco Vezzosi per ATI, As Built Cassa di Pontassio</i>
<i>Torrente Settola</i>	<i>Campagna topografica 2021 Ing. Francesco Vezzosi per ATI, Progetto Esecutivo 2018 A4 Ingegneria e As Built lavori svolti nel 2022</i>
<i>Torrente Stella</i>	<i>Campagne topografiche: 2007 Ing. Renzo Bessi, 2010 e 2015 A4 Ingegneria, 2010 Ing. Lorenzo Feligioni, Progetto esecutivo, e successive varianti autorizzate dal Genio Civile Valdarno Centrale, del raddoppio della linea ferroviaria Pistoia – Lucca – Pisa S.R. nella tratta Pistoia – Montecatini Terme, 2008 Idroprogetti, 2017 Topografica srl o Geom. Giampiero Gori e Geom. Alberto Lucarelli, 2003 Genio Civile Valdarno Centrale, As Built Cassa di Pontassio, 2010 Geom. Stefano Loli, 2003 Geom.Brachi</i>
<i>Fosso Tazzera</i>	<i>DREAM Italia</i>
<i>Fosso del Tazzera di Torbecchia</i>	<i>Campagna topografica 2020 Geom. Alessio Mazzetti</i>
<i>Fosso Torbecchia</i>	<i>Campagna topografica 2020 Geom. Alessio Mazzetti</i>
<i>Fosso del Tazzerino (Lago Gabbiano)</i>	<i>DREAM Italia</i>
<i>Torrente Vincio di Brandeglio</i>	<i>Campagna topografica 2021/22 Ing. Francesco Vezzosi per ATI</i>
<i>Torrente Vincio di Montagnana</i>	<i>Campagne topografiche 2021/22 Ing. Francesco Vezzosi per ATI, 2010 Geom. Stefano Loli</i>
<i>Torrente Ombrone P.se</i>	<i>Campagne topografiche 2021/22 Ing. Francesco Vezzosi per ATI, 2007 Geom. Stefano Loli, 2004 Ing. Raffaello Bertocchini, 2009 Geom. Alessio Mazzetti, As Built</i>

CORSO D'ACQUA	DATI TOPOGRAFICI
	<i>lavori D.L. A4 Ingegneria, 2013 Geom. Stefano Loli, As Built lavori D.L. Ing. Daniele Baldi, 2015 Geom. Alessio Mazzetti, 2008 Geostaff Survey's System snc</i>

In fase di redazione del modello geometrico di calcolo, le quote altimetriche dei dati topografici dei suddetti studi/rilievi sono state confrontate con quelle riportate nei dati LIDAR in punti "fissi" come strade, ponti o sommità arginali non soggette a presenza di vegetazione infestante, la quale, nei confronti, potrebbe portare a errori di quota. Nei rilievi dove sono state riscontrate, in più punti "fissi", differenze di quota altimetrica superiore a 10 cm, tutte le sezioni sono state traslate rigidamente al fine di migliorare la sovrapposizione con i dati del DTM (Digital Terrain Model) LIDAR.

Nell'ambito della documentazione tecnica fornita è presente il file *tracce_sez.shp* dove è riportata per ogni sezione inserita nel modello la "fonte" del dato topografico e sono sinteticamente descritte le modifiche apportate a seguito degli approfondimenti appositamente eseguiti dagli scriventi sopra descritti.

4.2 RILIEVI TOPOGRAFICI DEI CORSI D'ACQUA INSERITI ALL'INTERNO DEL MODELLO DELLE "ACQUE BASSE"

I dati topografici utilizzati nella modellazione idraulica dei corsi d'acqua delle "acque basse" sono stati ottenuti a seguito di numerose campagne di rilievo eseguite a più riprese da Dream Italia, ad eccezione di alcuni tratti sotto riportati i cui dati sono stati ripresi dagli studi idraulici già eseguiti negli anni precedenti. Gli studi idraulici da cui sono stati ripresi i dati topografici sono di seguito elencati:

- Collecchio
- Ombroncello
- Quadrelli parte bassa

Di seguito si riportano, per ogni corso d'acqua oggetto di studio, la fonte dei dati topografici utilizzati e, il periodo in cui sono stati raccolti i dati.

CORSO D'ACQUA	DATI TOPOGRAFICI
<i>Fosso Acqualunga</i>	<i>Campagna topografica Dream Italia, agosto-settembre 2022</i>
<i>Fosso Della Badia</i>	<i>Progetto esecutivo Cassa Badia 2020</i>
<i>Fosso Brusigliano</i>	<i>Campagna topografica Dream Italia, maggio-giugno 2022</i>
<i>Fosso Dogaia Dei Quadrelli</i>	<i>Campagna topografica Dream Italia, giugno e settembre 2022</i>
<i>Fosso La Settola</i>	<i>Campagna topografica Dream Italia PS Montale 2019</i>
<i>Fosso Del Tazzerino (Lago Gabbiano)</i>	<i>Campagna topografica Dream Italia, settembre-ottobre 2023</i>
<i>Fosso Tazzerina</i>	<i>Campagna topografica Dream Italia, settembre-ottobre 2023</i>
<i>Fosso Il Gorello</i>	<i>Campagna topografica Dream Italia, maggio-giugno 2022</i>
<i>Fosso Tazzerino</i>	<i>Campagna topografica Dream Italia, settembre-ottobre 2023</i>

<i>CORSO D'ACQUA</i>	<i>DATI TOPOGRAFICI</i>
<i>Fosso Scolmatore Acqualunga</i>	<i>Campagna topografica Dream Italia, settembre-ottobre 2023</i>
<i>Fosso Del Pancone</i>	<i>Campagna topografica Dream Italia, giugno 2022</i>
<i>Fosso Ombroncello</i>	<i>Campagna topografica Dream Italia, luglio 2022</i>
<i>Fosso Farnio O Di Falchetto</i>	<i>Campagna topografica Dream Italia PO Quarrata 2020</i>
<i>Fosso Dogaia O Della Senice</i>	<i>Campagna topografica Dream Italia, giugno 2023</i>
<i>Fosso Del Bollacchione</i>	<i>Campagna topografica Dream Italia, giugno-luglio 2022</i>
<i>Fosso Della Buraccia</i>	<i>Campagna topografica Dream Italia, settembre 2022</i>
<i>Fosso Dei Pontacci</i>	<i>Campagna topografica Dream Italia, giugno 2022</i>

4.3 RICOSTRUZIONE DEL DTM (DIGITAL TERRAIN MODEL) DI BASE

Il DTM rappresentativo del territorio oggetto di studio e indagine è stato ricostruito sulla base dei dati provenienti dai voli LIDAR ad esclusione di due zone per cui i dati LIDAR non sono disponibili ovvero un'area nel Comune di Quarrata, che include il centro dell'abitato, l'altra nella zona di fondovalle lungo il Torrente Bure di Baggio fino alla confluenza con il Torrente Bure di Santo Moro.

Di seguito si riportano gli estratti da foto aerea di tali zone con sovrapposto in trasparenza il DTM LIDAR disponibile.

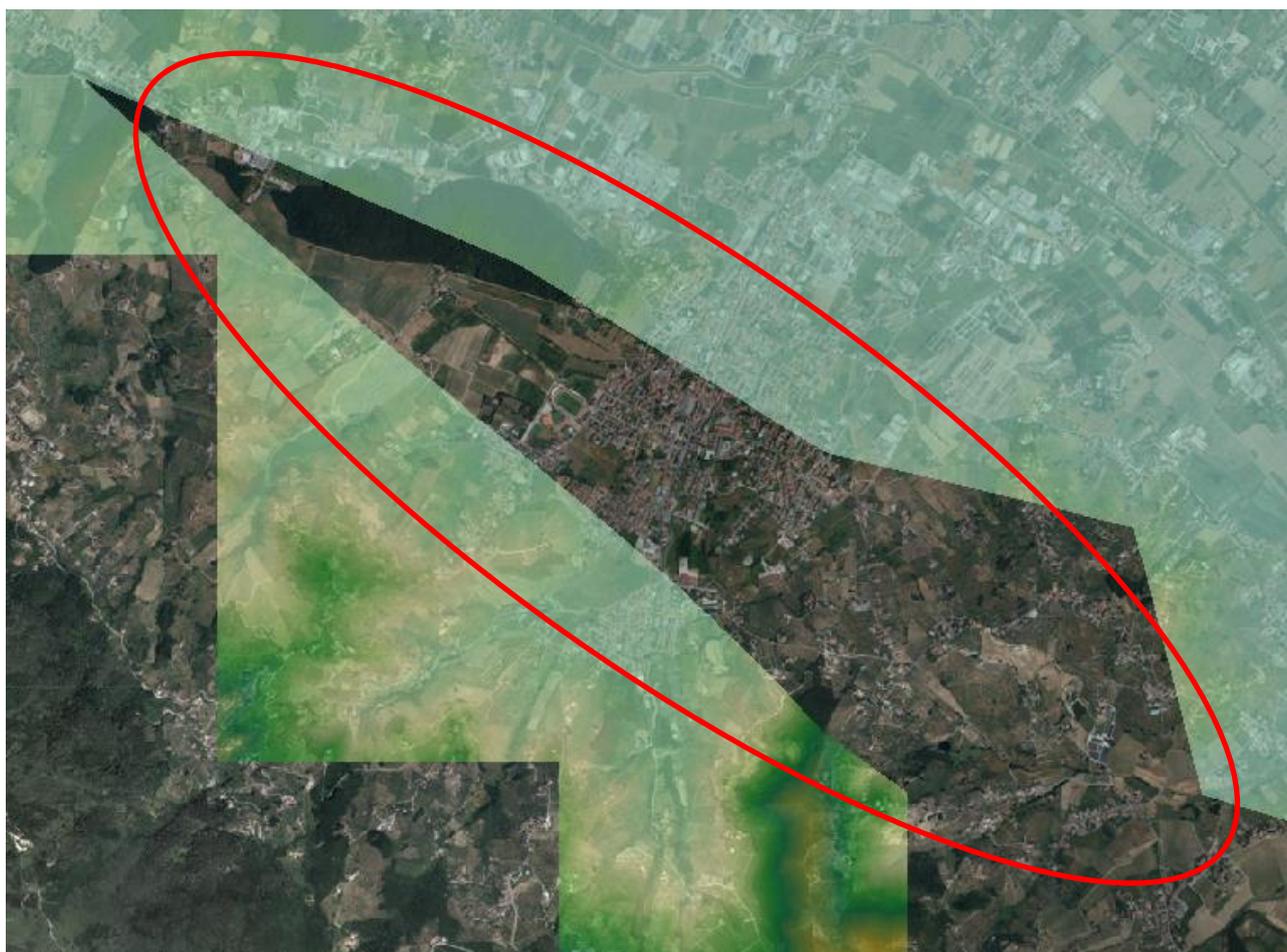


FIGURA 1. ESTRATTO DI FOTO AEREA DELLA ZONA CENTRALE DEL COMUNE DI QUARRATA NON COPERTA DA VOLI LIDAR

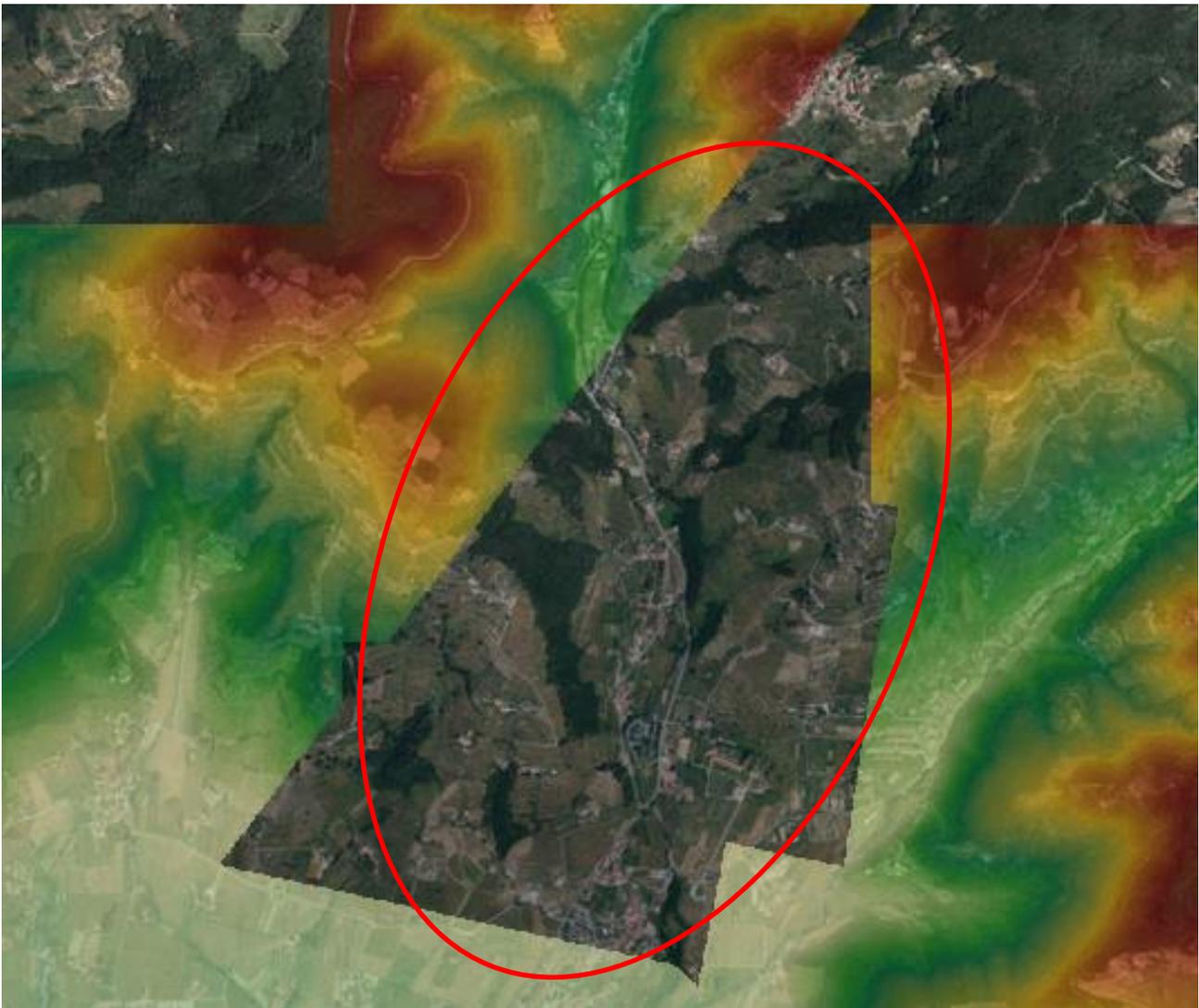


FIGURA 2. ESTRATTO DI FOTO AEREA DELLA ZONA ADIACENTE IL T. BURE DI BAGGIO IN COMUNE DI PISTOIA NON COPERTA DA VOLI LIDAR

Per le due aree di cui sopra sono state seguite le seguenti procedure per ricostruire il DTM da unire a quello realizzato con i dati LIDAR:

- per la zona del Comune di Quarrata è stato ripreso il DTM realizzato nell'ambito della redazione dello studio idrologico-idraulico a supporto del Piano Operativo Comunale;
- per la zona del Comune di Pistoia è stato ricostruito appositamente nell'ambito dello studio il DTM sulla base delle curve di livello della cartografia tecnica regionale disponibile, implementando i dati con gli elementi del Database Topografico Regionale; allo scopo di dettagliare la morfologia del Torrente Bure di Baggio è stato realizzato, con l'applicativo RAS MAPPER di HEC-RAS, il DTM dell'alveo sulla base delle sezioni topografiche disponibili.

Di seguito si riportano gli estratti dei DTM realizzati delle aree non coperte dai voli LIDAR.

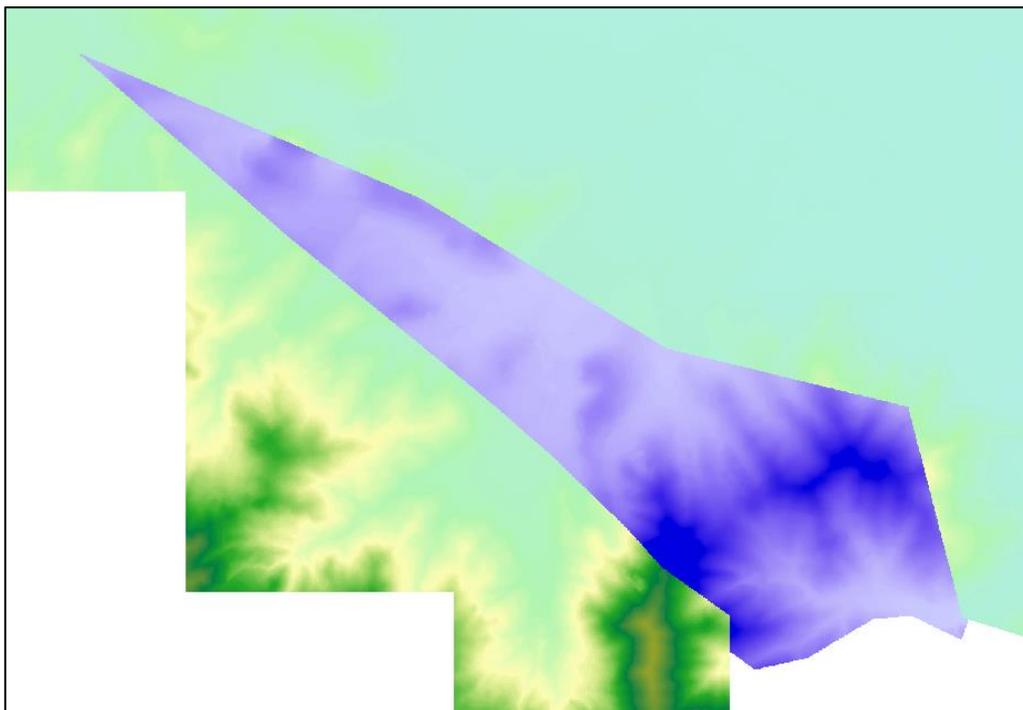


FIGURA 3. ESTRATTO DI DTM DELLA ZONA CENTRALE DEL COMUNE DI QUARRATA NON COPERTA DA VOLI LIDAR

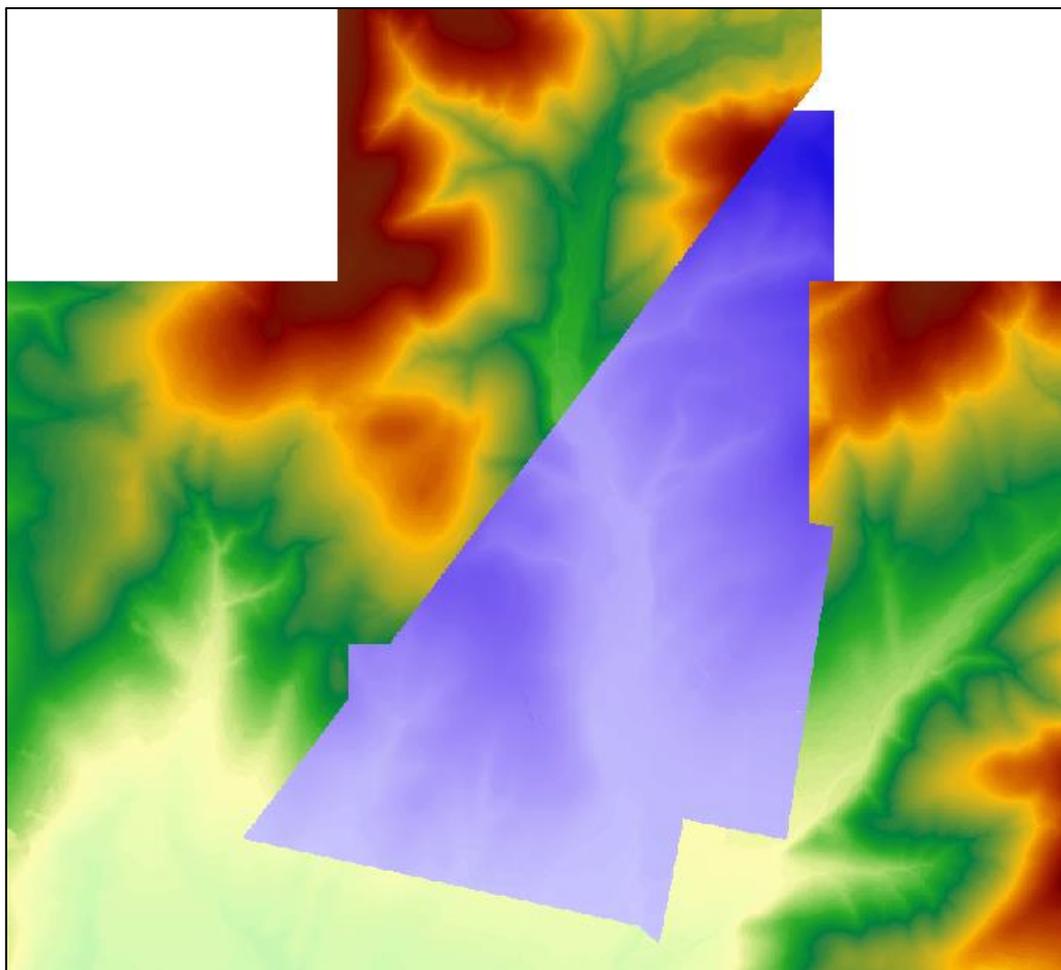


FIGURA 4. ESTRATTO DI DTM DELLA ZONA ADIACENTE IL T. BURE DI BAGGIO IN COMUNE DI PISTOIA NON COPERTA DA VOLI LIDAR

Nei paragrafi seguenti sono riportati una descrizione sintetica della tecnica di rilevamento LIDAR, le specifiche dei dati LIDAR disponibili per il territorio oggetto di studio, le descrizioni delle eventuali modifiche altimetriche eseguite e di quelle morfologiche più rilevanti per effetto delle opere realizzate successivamente ai voli.

4.3.1 Descrizione della tecnica di rilevamento LIDAR

Il LIDAR (Light Detection and Ranging) è una tecnica di telerilevamento "attivo" per l'esecuzione di rilievi topografici ad alta risoluzione. Si opera con un mezzo aereo, o elicottero, sul quale è posizionato il sistema laser a scansione che integra quattro unità principali: un laser scanner composto da un sensore laser che emette impulsi elettrici, un'unità di acquisizione, un apparato per il posizionamento satellitare (GPS) e un sistema inerziale di navigazione (INS), per determinare la posizione (x,y) e l'orientamento del mezzo aereo in ogni istante. A terra, viene installata una rete GPS per il posizionamento differenziale. La peculiarità del sistema LIDAR è l'altissima velocità di acquisizione dei dati abbinata ad una elevata risoluzione. La tecnologia è nata alla fine degli anni '70 negli Stati Uniti, e viene utilizzata diffusamente con impieghi molteplici quali ad esempio il monitoraggio costiero e l'analisi del rischio di ingressione marina, le valutazioni di rischio idraulico, le rilevazioni di tipo ambientale (es. ricerca di siti contaminati), la gestione delle foreste (per la misura di parametri critici quali densità, altezza dei fusti ecc.), il rilievo di infrastrutture lineari (elettrodotti; condotte), il monitoraggio delle attività estrattive.



FIGURA 5. CONFIGURAZIONE DEL SISTEMA LIDAR

Il LIDAR permette di determinare la distanza di un oggetto o di una superficie utilizzando un impulso laser. Come per il radar, che al posto della luce utilizza onde radio, la distanza dell'oggetto è determinata misurando il tempo trascorso tra l'emissione dell'impulso e la ricezione del segnale retro diffuso.

Il LIDAR è molto più utilizzato rispetto alla rilevazione radar poiché usa lunghezze d'onda (ultraviolette o infrarosse) che permettono di localizzare e ricavare immagini e informazioni su oggetti molto piccoli di dimensioni pari alla lunghezza d'onda usata.

Affinché un oggetto rifletta un'onda elettromagnetica, deve produrre una discontinuità dielettrica alle frequenze del radar (radio o microonde) pertanto un oggetto metallico produce un buon eco, mentre i "non metalli" come la pioggia, gli specchi d'acqua o le rocce producono riflessioni molto più deboli e in alcuni casi non ne producono affatto. Il laser fornisce una soluzione a tali problemi avendo una lunghezza d'onda molto più breve rispetto al sistema radio. Questo facilita la riflessione di oggetti molto piccoli e non percepibili mediante radar, ne consegue una maggiore accuratezza e dettaglio dei rilevamenti LIDAR e dei prodotti che da esso ne derivano come i DTM ad elevata risoluzione.

4.3.2 Dati LIDAR per il territorio oggetto di studio

Per la quasi totalità del territorio oggetto di studio, come accennato in precedenza, sono disponibili i DTM (Digital Terrain Model) ricostruiti in base ai rilievi LIDAR realizzati con le seguenti campagne:

- Rilievo: "Bacino dell'Arno" di proprietà della Regione Toscana realizzato con voli eseguiti nell'anno 2008;
- Rilievo: "Lunigiana, Provincia di Pistoia, Provincia di Lucca, Scarlino" di proprietà della Regione Toscana realizzato con voli eseguiti nell'anno 2010.

Negli studi idraulici, sopra citati, redatti a supporto degli strumenti urbanistici comunali, sono già stati ricostruiti DTM con l'utilizzo dei dati LIDAR, perciò nel presente lavoro il primo passo è stato confrontare tra loro i modelli di terreno disponibili. Di seguito si riportano gli studi da cui sono stati ripresi i DTM già realizzati, le campagne LIDAR e l'anno dei voli, le eventuali modifiche altimetriche e morfologiche effettuate.

- studio idrologico-idraulico di supporto al Nuovo Piano Strutturale e Piano Operativo del Comune di Campi Bisenzio:
 - Rilievo LIDAR "Bacino dell'Arno" di proprietà della Regione Toscana realizzato con voli eseguiti nell'anno 2008;
 - Modifica morfologica 1: inserimento nel DTM del sottopasso ferroviario di Via Vladimiro, nel Comune di Calenzano
 - Modifica morfologica 2: inserimento nel DTM dell'area dell'Interporto, nel Comune di Prato;
- studio idrologico-idraulico di supporto al Piano Strutturale del Comune di Serravalle P.se
 - Rilievo LIDAR "Bacino dell'Arno" di proprietà della Regione Toscana realizzato con voli eseguiti nell'anno 2008;
 - Rilievo LIDAR "Lunigiana, Provincia di Pistoia, Provincia di Lucca, Scarlino" di proprietà della Regione Toscana realizzato con voli eseguiti nell'anno 2010;
 - Modifica altimetrica: abbassamento di 14 cm eseguita sulle quote da LIDAR volo 2010

- Modifica morfologica 1: inserimento nel DTM della zona di Via San Giovanni Paolo II e rotatoria adiacente, loc. Cantagrillo nel Comune di Serravalle P.se;
- Modifica morfologica 2: inserimento nel DTM delle casse di espansione sul Fosso di Castelnuovo e delle porzioni dei corsi d'acqua adiacenti oggetto di modifiche in loc. Il Pratone in frazione di Casalguidi nel Comune di Serravalle P.se.

4.4 *GEOREFERENZIAZIONE ALTIMETRICA DEI VOLI LIDAR DISPONIBILI*

La procedura per georeferenziare, a livello altimetrico, i dati dei DTM LIDAR dei due voli disponibili e dei modelli di terreno già realizzati è stata così articolata:

1. il territorio oggetto di studio è coperto dai voli LIDAR del 2008 e del 2010;
2. è stato assunto il volo 2008, relativo al rilievo "Bacino dell'Arno", come riferimento in analogia a quanto fatto per lo "Studio idrologico-idraulico di supporto al Piano Strutturale del Comune di Serravalle P.se" e in quanto copre la maggioranza del territorio;
3. sono state traslate rigidamente di 14 cm verso il basso le quote del LIDAR 2010 relativo alle zone ovest del territorio oggetto di studio, in analogia a quanto fatto nello "Studio idrologico-idraulico di supporto al Piano Strutturale del Comune di Serravalle P.se";
4. i fogli LIDAR 2010, relativi alle aree poste a nord e a est del territorio oggetto di studio, non hanno subito variazioni altimetriche in quanto, nelle fasce di sovrapposizione con il LIDAR 2008, preso a riferimento, non sono state riscontrate differenze superiori a 5 cm nei punti "fissi", quali strade e piazzali.

Di seguito si riporta, su base ortofotografica, la rappresentazione dei DTM LIDAR 2010 in scale cromatiche blu e rossa, rispettivamente per i fogli oggetto di modifica altimetrica di abbassamento di quota di 14 cm e per quelli lasciati inalterati.

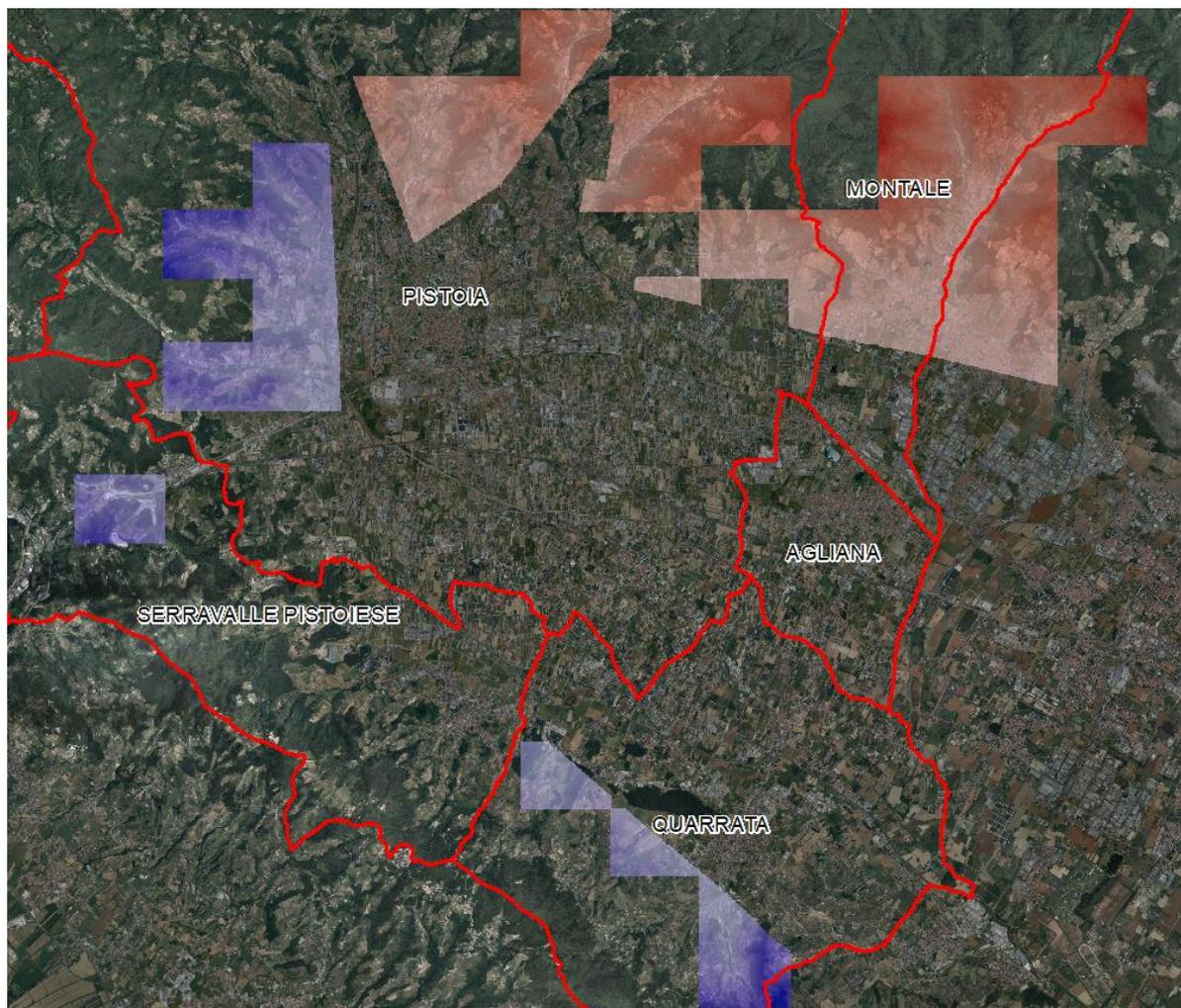


FIGURA 6. INQUADRAMENTO DTM LIDAR 2010 SU BASE ORTOFOTOGRAFICA

5. nell'unione dei DTM dei due voli è stato considerato il volo 2008, relativo al rilievo "Bacino dell'Arno", come quello di riferimento altimetrico assoluto e quindi posto sopra a quello del 2010 per le aree di sovrapposizione.

Il DTM ottenuto mediante la procedura sopra descritta è stato poi utilizzato quale base topografica di riferimento per tutte le successive elaborazioni.

4.5 APPROFONDIMENTI TOPOGRAFICI SPECIFICI PER AGGIORNARE/DETTAGLIARE IL DTM

Al fine di tener conto delle principali modifiche morfologiche del territorio oggetto di studio, derivanti da:

- opere idrauliche completate o in fase di esecuzione tra il 2008 e il 2023;
- infrastrutture viarie realizzate tra il 2008 e il 2022;
- lottizzazioni e/o interventi edilizi maggiormente significativi completati entro il 2022;

sono state apportate delle modifiche al DTM sulla base di:

- rilievi topografici strumentali appositamente eseguiti nell'ambito dello studio;
- progetti esecutivi delle opere idrauliche e infrastrutture viarie;

- rilievi topografici "as-built" delle opere idrauliche di recente realizzazione forniti dagli enti.

Nei seguenti paragrafi si riportano le descrizioni delle modifiche apportate al DTM e le fonti dei dati necessari, suddivise per opere idrauliche, viabilità e lottizzazioni.

4.5.1 Opere idrauliche

Le opere idrauliche, inserite come modifiche nel DTM, sono state distinte in opere già realizzate tra gli anni 2008 e 2022 e opere in corso di esecuzione. Di seguito si riportano le descrizioni delle modifiche apportate.

4.5.1.1 Opere idrauliche realizzate

Di seguito si riportano le descrizioni delle modifiche al DTM eseguite e le fonti dei dati di base:

- cassa d'espansione sul Fosso Dogaia dei Quadrelli in loc. La Querciola nel Comune di Quarrata: è stato fornito dai tecnici del Genio Civile del Valdarno Centrale il rilievo topografico realizzato dopo la conclusione dei lavori, sulla base del quale è stato ricostruito, in ambiente GIS, il DTM dell'opera. Di seguito si riportano il DTM rappresentato su base cartografica regionale e la foto aerea della zona.



FIGURA 7. DTM DELLA CASSA D'ESPANSIONE IN LOC. LA QUERCIOLA NEL COMUNE DI QUARRATA SU BASE CARTOGRAFICA REGIONALE



FIGURA 8. ESTRATTO DI FOTO AEREA DELLA CASSA D'ESPANSIONE IN LOC. LA QUERCIOLA NEL COMUNE DI QUARRATA

- cassa d'espansione sul Fosso della Senice in Comune di Quarrata: è stato realizzato un rilievo topografico strumentale ad hoc dagli scriventi nell'ambito del presente studio, allo scopo di ricostruire, in ambiente GIS, il DTM dell'opera. Di seguito si riportano il DTM rappresentato su base cartografica regionale e la foto aerea della zona.



FIGURA 9. DTM DELLA CASSA D'ESPANSIONE SUL FOSSO DELLA SENICE NEL COMUNE DI QUARRATA SU BASE CARTOGRAFICA REGIONALE



FIGURA 10. ESTRATTO DI FOTO AEREA DELLA CASSA D'ESPANSIONE SUL FOSSO DELLA SENICE NEL COMUNE DI QUARRATA

- cassa d'espansione a bocca tarata su Fosso della Badia in loc. Stazione nel Comune di Montale: è stato ricostruito il DTM dell'alveo del corso d'acqua e della cassa d'espansione con l'applicativo RAS MAPPER di HEC-RAS sulla base delle sezioni del modello idraulico

realizzato a supporto del progetto esecutivo dell'opera, redatto da DREAM Italia. Di seguito si riportano il DTM rappresentato su base cartografica regionale e la foto aerea della zona.



FIGURA 11. DTM DELLA CASSA D'ESPANSIONE IN LOC. STAZIONE IN COMUNE DI MONTALE SU BASE CARTOGRAFICA REGIONALE



FIGURA 12. ESTRATTO DI FOTO AEREA DELLA CASSA D'ESPANSIONE IN LOC. STAZIONE IN COMUNE DI MONTALE

- deviazione e tombamento del Fosso Farnio o di Falchereto nel Comune di Quarrata a seguito di realizzazione di parcheggio a servizio del supermercato COOP: è stato ricostruito il DTM dell'alveo nel tratto oggetto d'intervento con l'applicativo RAS MAPPER di HEC-RAS sulla base delle sezioni del modello idraulico redatto da DREAM Italia a supporto della stesura del Piano Operativo del Comune di Quarrata. Di seguito si riportano il DTM rappresentato su base cartografica regionale e la foto aerea della zona.



FIGURA 13. DTM DELL'ALVEO DEL FOSSO FARNIO O DI FALCHERETO IN COMUNE DI QUARRATA SU BASE CARTOGRAFICA REGIONALE



FIGURA 14. ESTRATTO DI FOTO AEREA DELL'ALVEO DEL FOSSO FARNIO O DI FALCHERETO IN COMUNE DI QUARRATA

4.5.2 Opere idrauliche in corso di realizzazione

Di seguito si riportano le descrizioni delle modifiche al DTM eseguite e le fonti dei dati di base:

- cassa d'espansione sul Torrente Stella in loc. Pontassio: sono stati forniti dai tecnici del Genio Civile del Valdarno Centrale i dati necessari alla costruzione in ambiente GIS del DTM della cassa d'espansione e del tratto di Torrente Stella adiacente oggetto di intervento; nel

dettaglio il DTM è stato ricostruito sulla base dei dati del progetto esecutivo sia per le opere già realizzate (primo e secondo lotto) che per quelle in corso di esecuzione (terzo lotto) e dei dati LIDAR laddove le aree non sono state oggetto di modifica. Di seguito si riportano il DTM rappresentato su base cartografica regionale e la foto aerea della zona, dove è riportato solo il primo lotto.

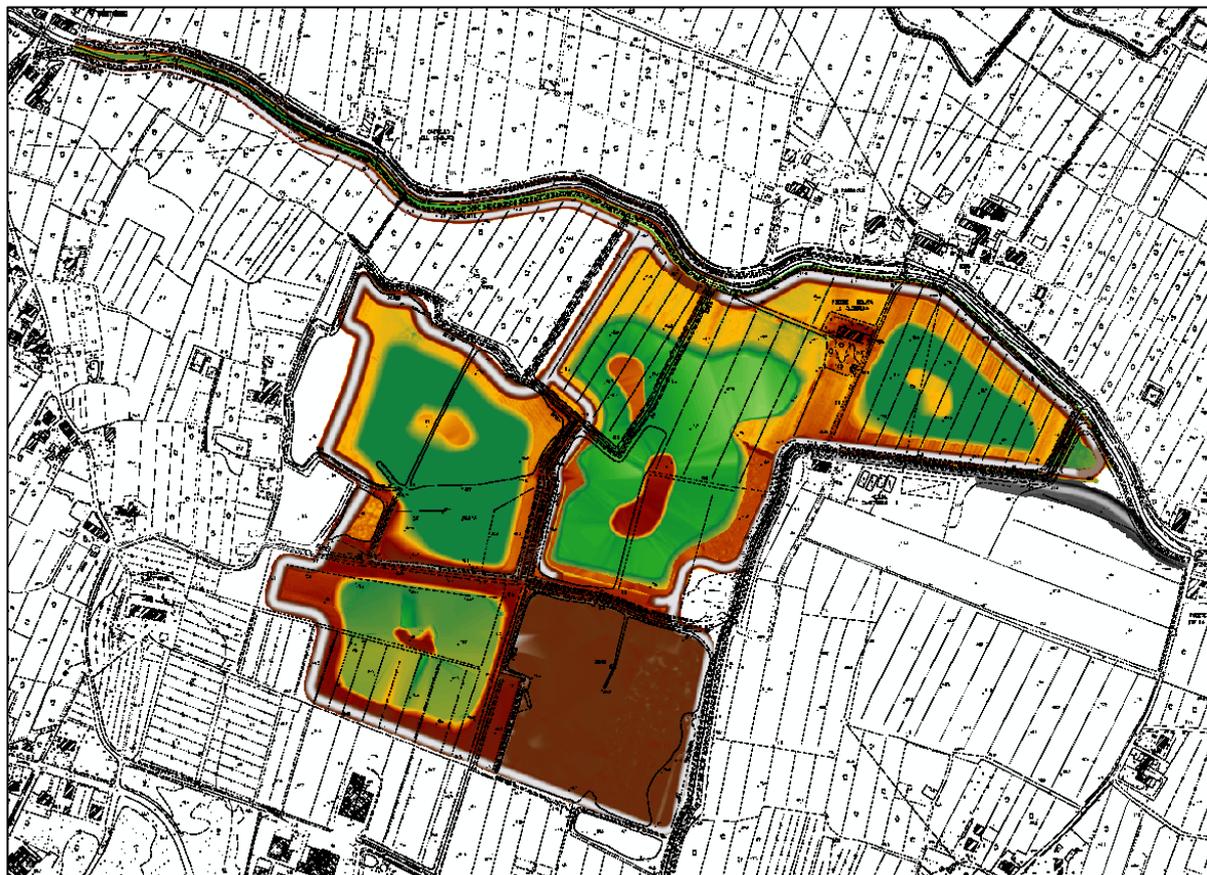


FIGURA 15. DTM DELLA CASSA D'ESPANSIONE IN LOC. PONTASSIO IN COMUNE DI QUARRATA E DEL TORRENTE STELLA SU BASE CARTOGRAFICA REGIONALE



FIGURA 16. ESTRATTO DI FOTO AEREA DELLA CASSA D'ESPANSIONE IN LOC. PONTASSIO IN COMUNE DI QUARRATA E DEL TORRENTE STELLA

- cassa d'espansione sul Torrente Stella in loc. Spazzavento nel Comune di Pistoia: sono stati forniti dai tecnici dell'Ufficio del Genio Civile del Valdarno Centrale i dati necessari alla costruzione del DTM della cassa d'espansione; nel dettaglio il DTM è stato ricostruito sulla base dei dati del progetto esecutivo del raddoppio della linea ferroviaria Pistoia – Lucca – Pisa S.R. nella tratta Pistoia – Montecatini Terme, sia per le opere già realizzate che per quelle in corso di esecuzione e dei dati LIDAR laddove le aree non sono state oggetto di modifica. Il DTM è stato ricostruito in parte in ambiente GIS e in parte con l'applicativo RAS MAPPER di HEC-RAS. Di seguito si riportano il DTM rappresentato in RAS MAPPER e la foto aerea della zona.

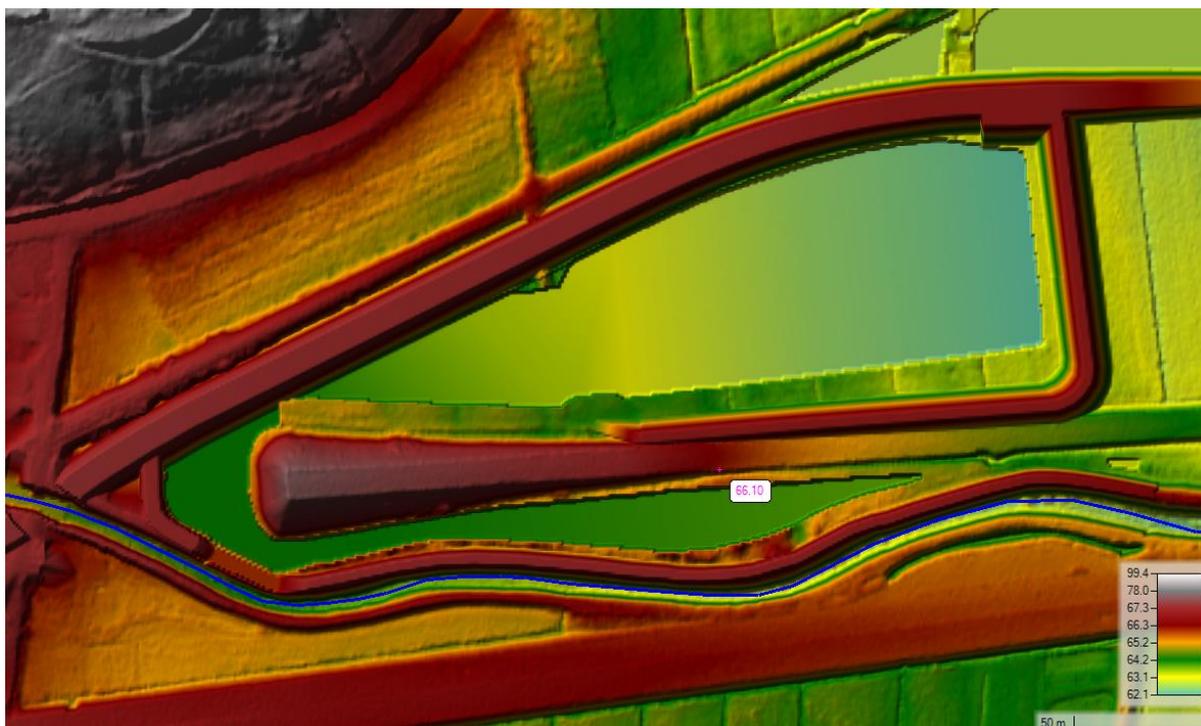


FIGURA 17. DTM DELLA CASSA D'ESPANSIONE SUL T. STELLA IN LOC. SPAZZAVENTO NEL COMUNE DI PISTOIA



FIGURA 18. ESTRATTO DI FOTO AEREA DELLA CASSA D'ESPANSIONE SUL T. STELLA IN LOC. SPAZZAVENTO NEL COMUNE DI PISTOIA

- cassa d'espansione sul Fosso Tazzera in loc. Spazzavento nel Comune di Pistoia: sono stati forniti dai tecnici dell'Ufficio del Genio Civile del Valdarno Centrale i dati necessari alla costruzione del DTM della cassa d'espansione; nel dettaglio il DTM è stato ricostruito sulla base dei dati del progetto esecutivo del raddoppio della linea ferroviaria Pistoia – Lucca – Pisa S.R. nella tratta Pistoia – Montecatini Terme, sia per le opere già realizzate che per

quelle in corso di esecuzione e dei dati LIDAR laddove le aree non sono state oggetto di modifica. Il DTM è stato ricostruito in parte in ambiente GIS e in parte con l'applicativo RAS MAPPER di HEC-RAS. Di seguito si riportano il DTM rappresentato in RAS MAPPER e la foto aerea della zona.

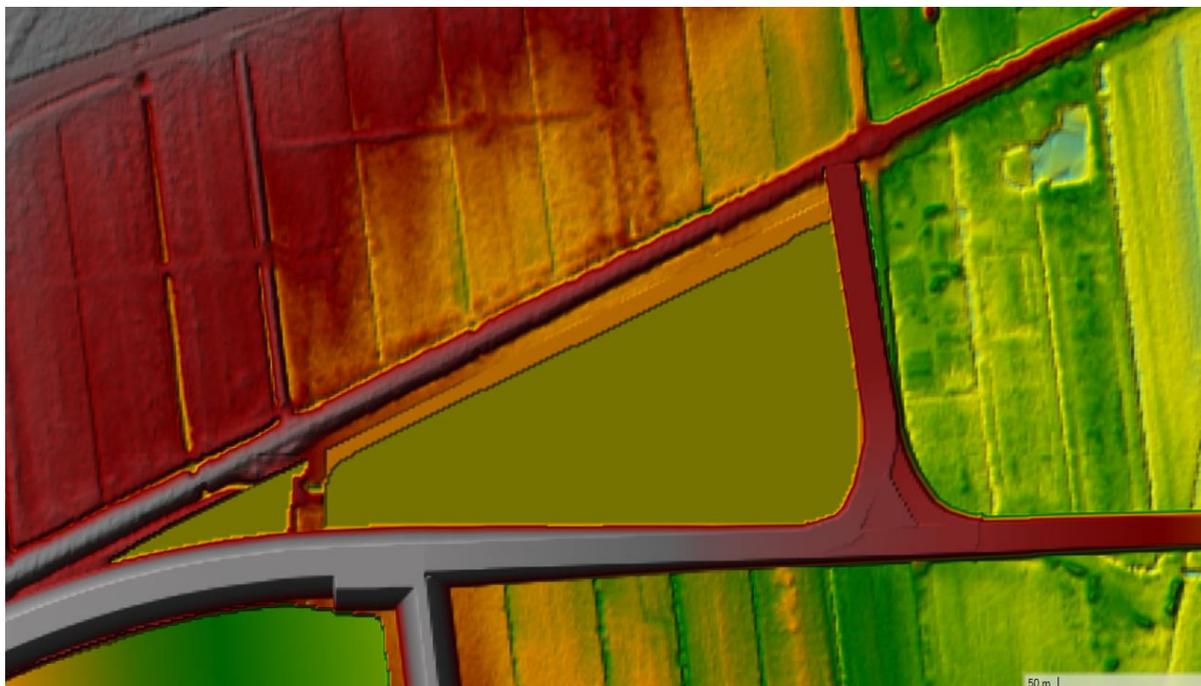


FIGURA 19. DTM DELLA CASSA D'ESPANSIONE SUL F. TAZZERA IN LOC. MASOTTI NEL COMUNE DI SERRAVALLE P.SE

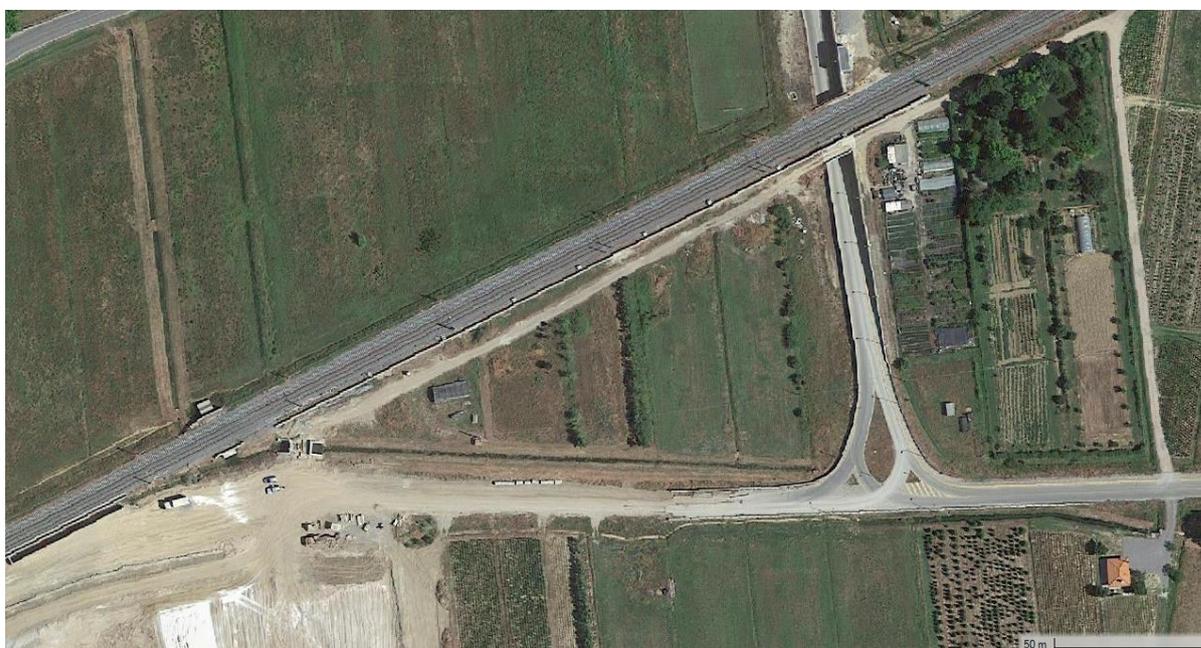


FIGURA 20. ESTRATTO DI FOTO AEREA DELLA CASSA D'ESPANSIONE SUL F. TAZZERA IN LOC. MASOTTI NEL COMUNE DI SERRAVALLE P.SE

4.5.3 Infrastrutture viarie realizzate

Di seguito si riportano le descrizioni delle modifiche al DTM eseguite e le fonti dei dati di base:

- Via Giovanni Falcone e Paolo Borsellino: è stato realizzato un apposito rilievo topografico strumentale dall'Ing. Francesco Vezzosi per conto dell'ATI nell'ambito del presente studio, allo scopo di ricostruire il DTM del rilevato della viabilità posta nei comuni di Quarrata e Prato. Nel dettaglio il rilevato, non presente nel DTM LIDAR, va da Via del Mulino del Cecchi, nei pressi della cassa d'espansione sul Torrente Ombrone P.se di Ponte alle Vanne, fino alla Strada Regionale 66 Pistoiese. Di seguito si riportano il DTM rappresentato su base cartografica regionale e la foto aerea della zona.

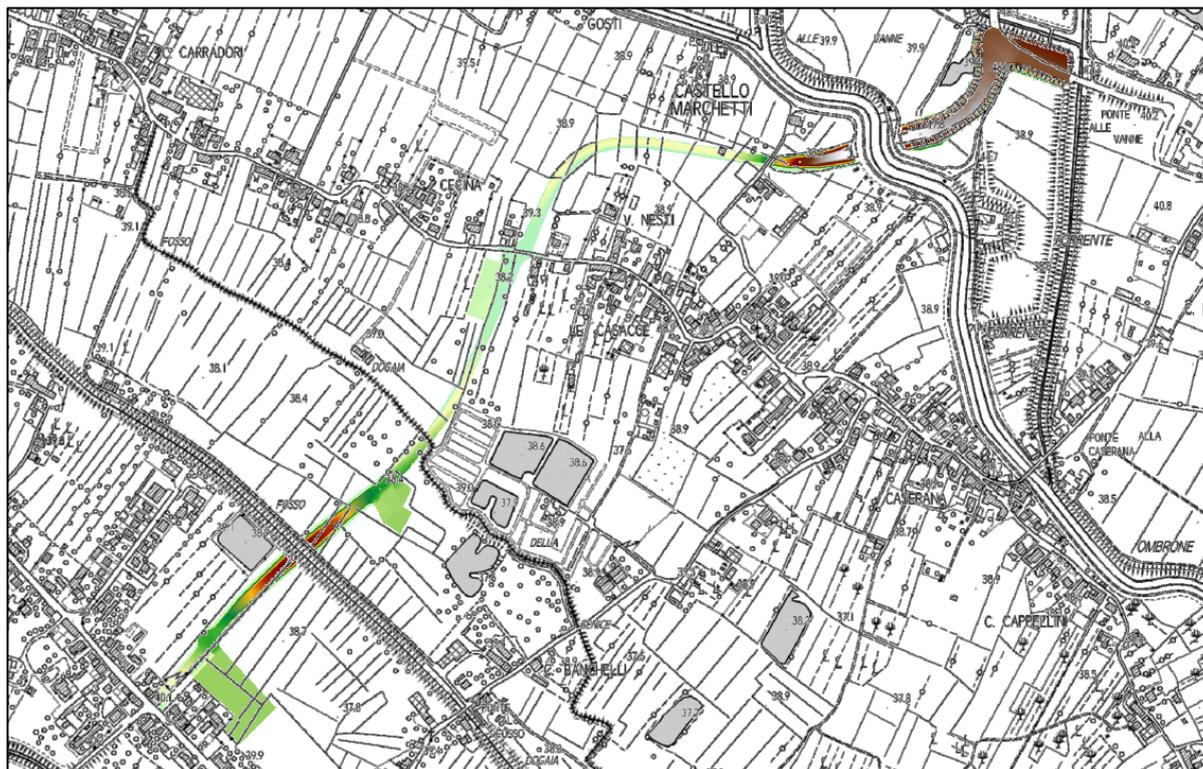


FIGURA 21. DTM DEL RILEVATO STRADALE DI VIA GIOVANNI FALCONE E PAOLO BORSELLINO NEI COMUNI DI QUARRATA E PRATO



FIGURA 22. ESTRATTO DI FOTO AEREA DEL RILEVATO STRADALE DI VIA GIOVANNI FALCONE E PAOLO BORSELLINO NEI COMUNI DI QUARRATA E PRATO

- Via della Costituzione: il DTM del rilevato della viabilità posta nel Comune di Montale è stato ricostruito sulla base delle quote LIDAR e con il supporto di alcune quote riprese dal rilievo topografico del Torrente Agna realizzato nel 2016 da Durazzani Srl Territorio e Ambiente. Nel dettaglio il rilevato stradale, non presente nel DTM LIDAR, va dal Torrente Agna alla rotonda della Via Provinciale; il DTM del rilevato stradale è stato ricostruito, sulla base planimetrica della foto aerea aggiornata, con una livelletta costante che va dalla quota dell'estradosso del ponte sul Torrente Agna rilevata strumentalmente, a quelle delle viabilità esistenti, già presenti nei rilievi LIDAR, dove si raccorda la suddetta nuova viabilità. Di seguito si riportano il DTM rappresentato su base cartografica regionale e la foto aerea della zona.

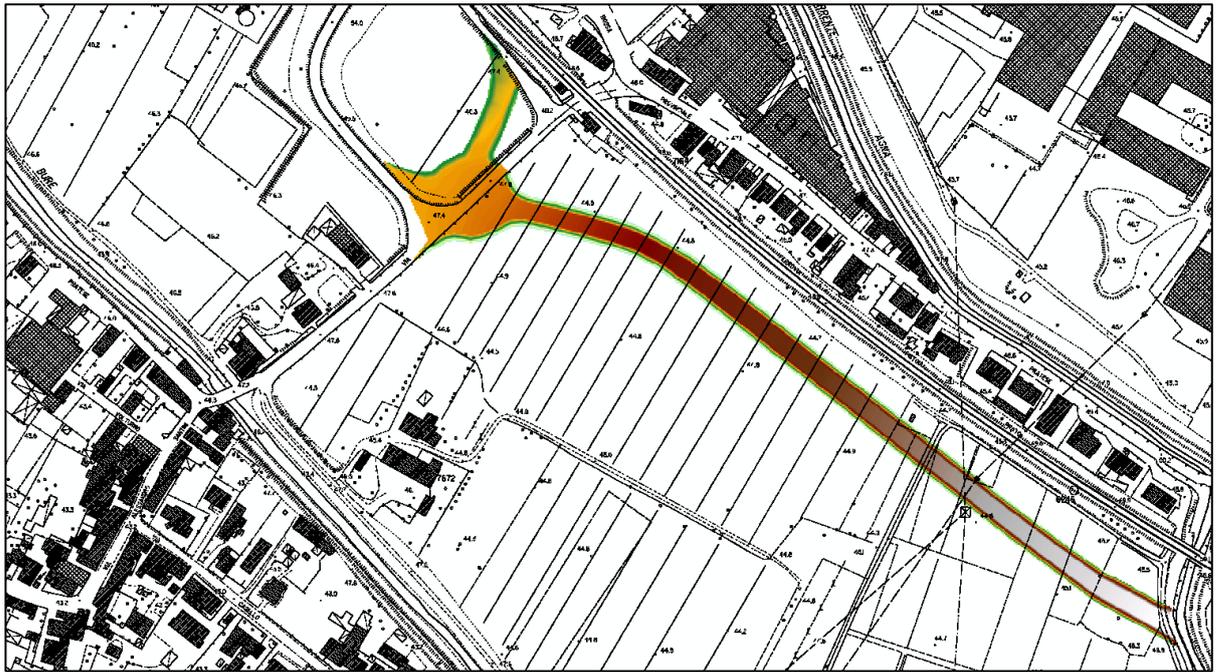


FIGURA 23. DTM DEL RILEVATO STRADALE VIA DELLA COSTITUZIONE IN COMUNE DI MONTALE



FIGURA 24. ESTRATTO DI FOTO AEREA DEL RILEVATO STRADALE VIA DELLA COSTITUZIONE IN COMUNE DI MONTALE

- Variante di Canapale: è stato realizzato un apposito rilievo topografico strumentale dall'Ing. Francesco Vezzosi nell'ambito del presente studio per conto dell'ATI, allo scopo di ricostruire il DTM del rilevato della viabilità posta nel Comune di Pistoia. Nel dettaglio il rilevato, non presente nel DTM LIDAR, va dalla rotonda della SS 719 fino alla Strada Statale Fiorentina. Di seguito si riportano il DTM rappresentato su base cartografica regionale e la foto aerea della zona.

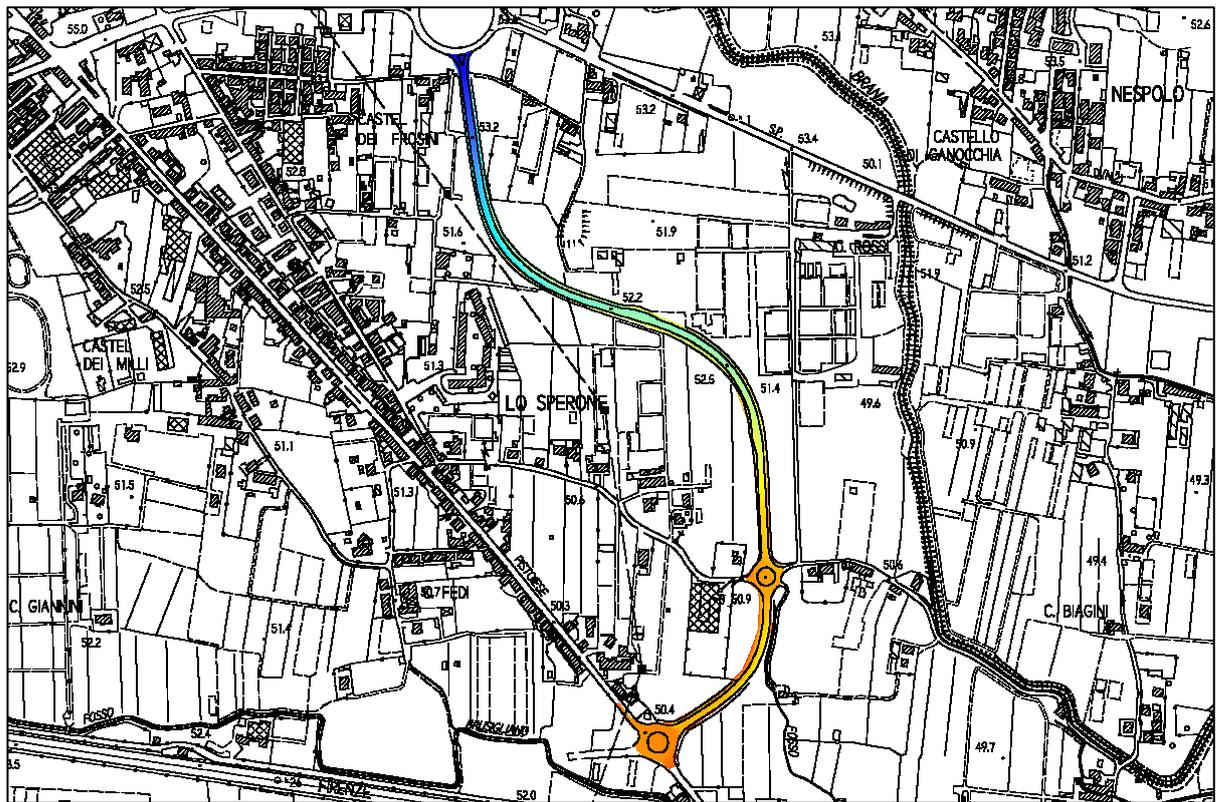


FIGURA 25. DTM DEL RILEVATO STRADALE DELLA VARIANTE DI CANAPALE IN COMUNE DI PISTOIA



FIGURA 26. ESTRATTO DI FOTO AEREA DEL RILEVATO STRADALE DELLA VARIANTE DI CANAPALE IN COMUNE DI PISTOIA

- Viabilità legate al raddoppio della linea Pistoia – Montecatini Terme: sono stati forniti dai tecnici dell'Ufficio del Genio Civile del Valdarno Centrale i dati necessari alla costruzione del

DTM dei rilevati stradali; nel dettaglio il DTM è stato ricostruito sulla base dei dati del progetto esecutivo del raddoppio della linea ferroviaria Pistoia – Lucca – Pisa S.R. nella tratta Pistoia – Montecatini Terme e dei dati LIDAR per i raccordi con le strade esistenti non oggetto di modifica. Il DTM è stato ricostruito con l'applicativo RAS MAPPER di HEC-RAS. Le viabilità, di recente realizzazione, sono poste nei comuni di Serravalle P.se e Pistoia, in adiacenza alle opere idrauliche, descritte in precedenza, connesse ai torrenti Stella e Tazzera. Di seguito si riportano degli estratti del DTM rappresentato in RAS MAPPER e le foto aeree della zona.

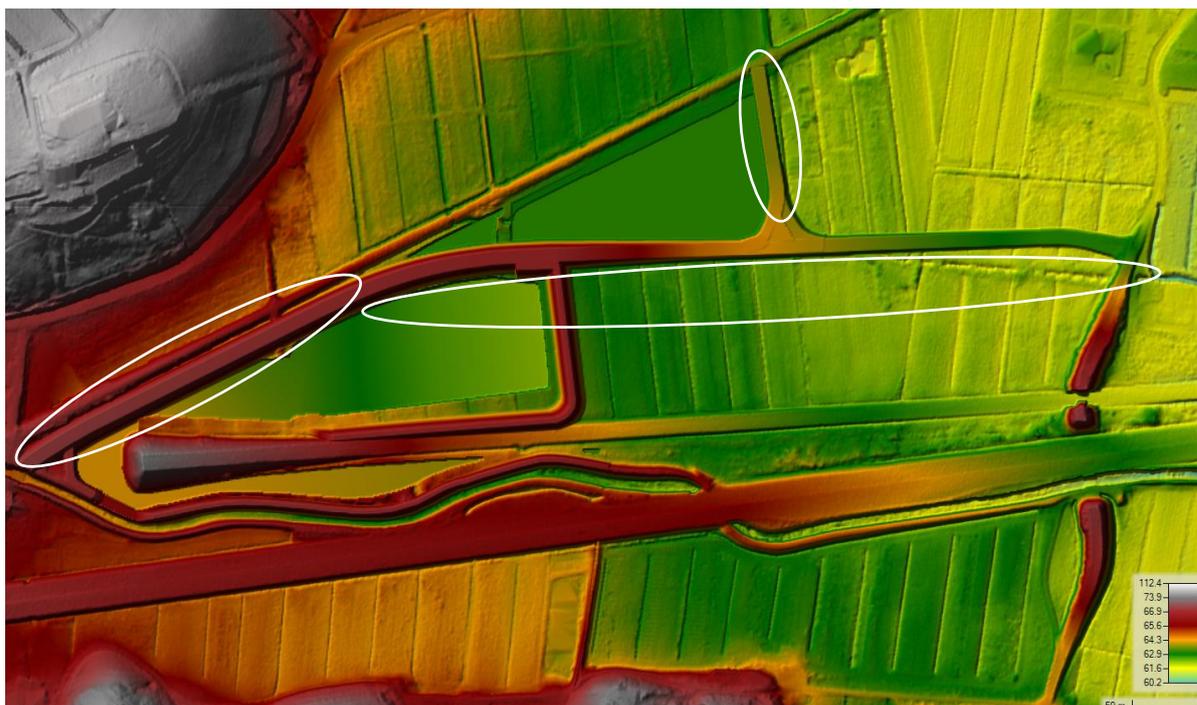


FIGURA 27. DTM DEI RILEVATI STRADALI LEGATI AL RADDOPPIO DELLA LINEA FERROVIARIA PISTOIA – MONTECATINI TERME NEI COMUNI DI PISTOIA E SERRAVALLE P.SE



FIGURA 28. ESTRATTO DI FOTO AEREA DEI RILEVATI STRADALI LEGATI AL RADDOPPIO DELLA LINEA FERROVIARIA PISTOIA – MONTECATINI TERME NEI COMUNI DI PISTOIA E SERRAVALLE P.SE

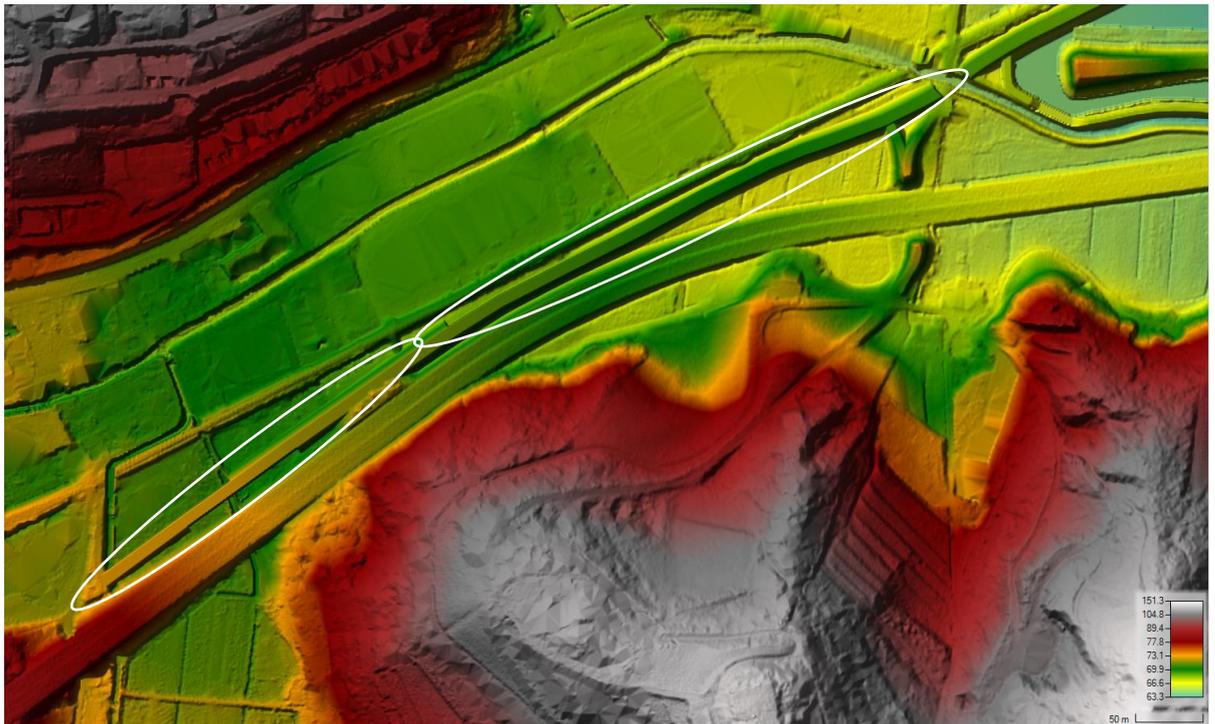


FIGURA 29. DTM DEI RILEVATI STRADALI LEGATI AL RADDOPPIO DELLA LINEA FERROVIARIA PISTOIA – MONTECATINI TERME NEI COMUNI DI PISTOIA E SERRAVALLE P.SE



FIGURA 30. ESTRATTO DI FOTO AEREA DEI RILEVATI STRADALI LEGATI AL RADDOPPIO DELLA LINEA FERROVIARIA PISTOIA – MONTECATINI TERME NEI COMUNI DI PISTOIA E SERRAVALLE P.SE

- Rotonda all'incrocio tra Via Larga e Via Firenze: è stato realizzato un apposito rilievo topografico strumentale nell'ambito del presente studio, allo scopo di ricostruire il DTM del rilevato della viabilità posta in Comune di Quarrata. Nel dettaglio la rotonda, non presente nel DTM LIDAR, è stata realizzata all'incrocio tra Via Larga e Via Firenze. Di seguito si riportano il DTM rappresentato su base cartografica regionale e la foto aerea della zona.



FIGURA 31. DTM DELLA ROTONDA TRA VIA LARGA E VIA FIRENZE IN COMUNE DI QUARRATA



FIGURA 32. ESTRATTO DI FOTO AEREA DELLA ROTONDA TRA VIA LARGA E VIA FIRENZE IN COMUNE DI QUARRATA

- Via Romano Chiti: è stato realizzato un apposito rilievo topografico strumentale nell'ambito del presente studio, allo scopo di ricostruire il DTM del rilevato della viabilità posta in Comune di Quarrata. Nel dettaglio la viabilità, non presente nel DTM LIDAR, è stata realizzata per

unire Via Bocca di Gora e Tinaia e Via Firenze. Di seguito si riportano il DTM rappresentato su base cartografica regionale e la foto aerea della zona.

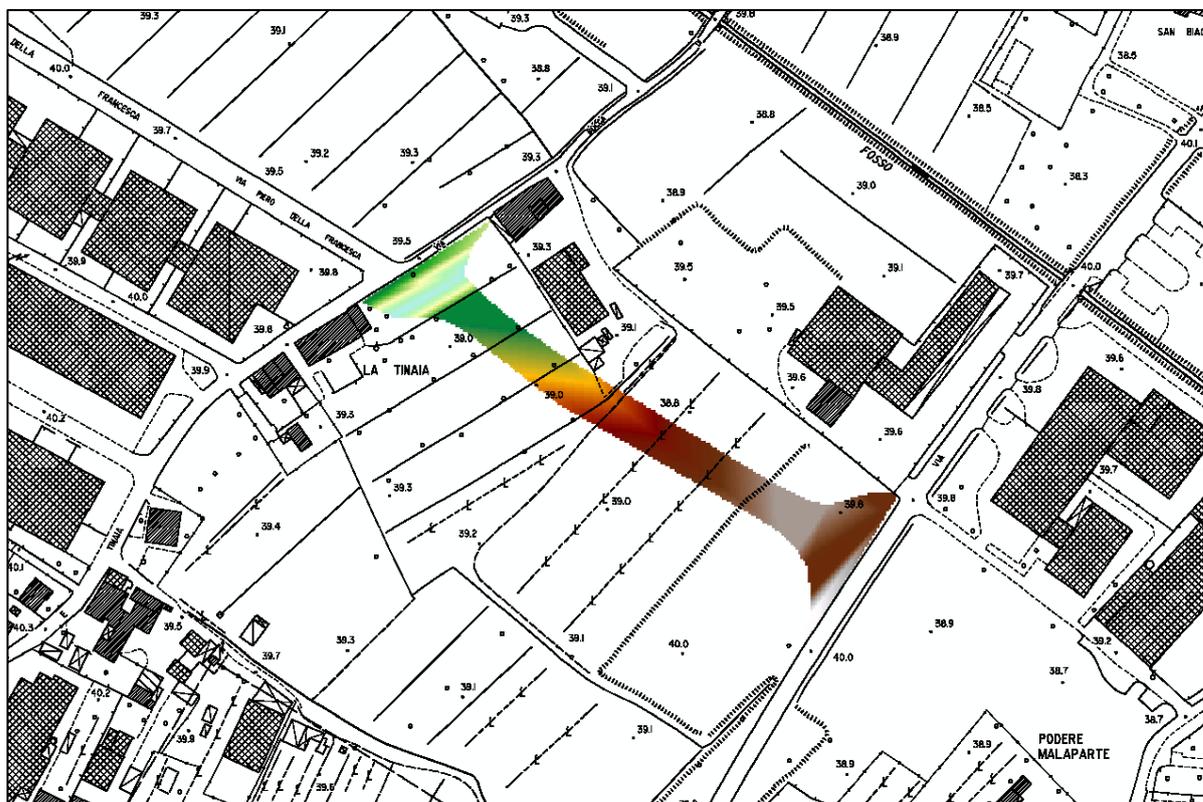


FIGURA 33. DTM DI VIA ROMANO CHITI IN COMUNE DI QUARRATA

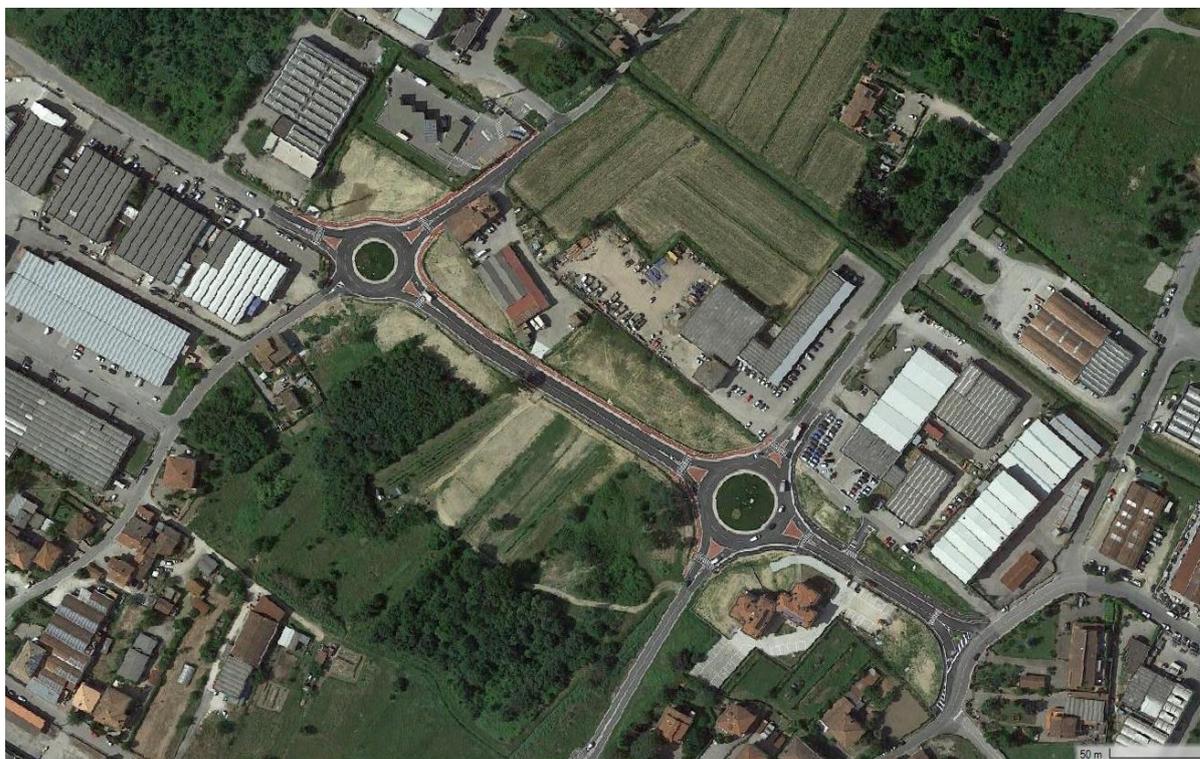


FIGURA 34. ESTRATTO DI FOTO AEREA DI VIA ROMANO CHITI IN COMUNE DI QUARRATA

4.5.4 Nuove principali lottizzazioni e/o interventi edilizi

Di seguito si riportano le descrizioni delle modifiche al DTM eseguite e le fonti dei dati di base:

- Via Alberto Manzi: è stato realizzato un apposito rilievo topografico strumentale nell'ambito del presente studio, allo scopo di ricostruire il DTM della lottizzazione, di recente costruzione, situata nel Comune di Quarrata e composta da piazzali, edifici, una viabilità centrale e una vasca di laminazione. Nel dettaglio la lottizzazione, non presente nel DTM LIDAR, è posta lungo Via Alberto Manzi, viabilità costruita nell'ambito della lottizzazione, confina a nord con Via di Mezzo e a sud con l'argine sinistro del Fosso Dogaia dei Quadrelli. Di seguito si riportano il DTM rappresentato su base cartografica regionale e la foto aerea della zona.

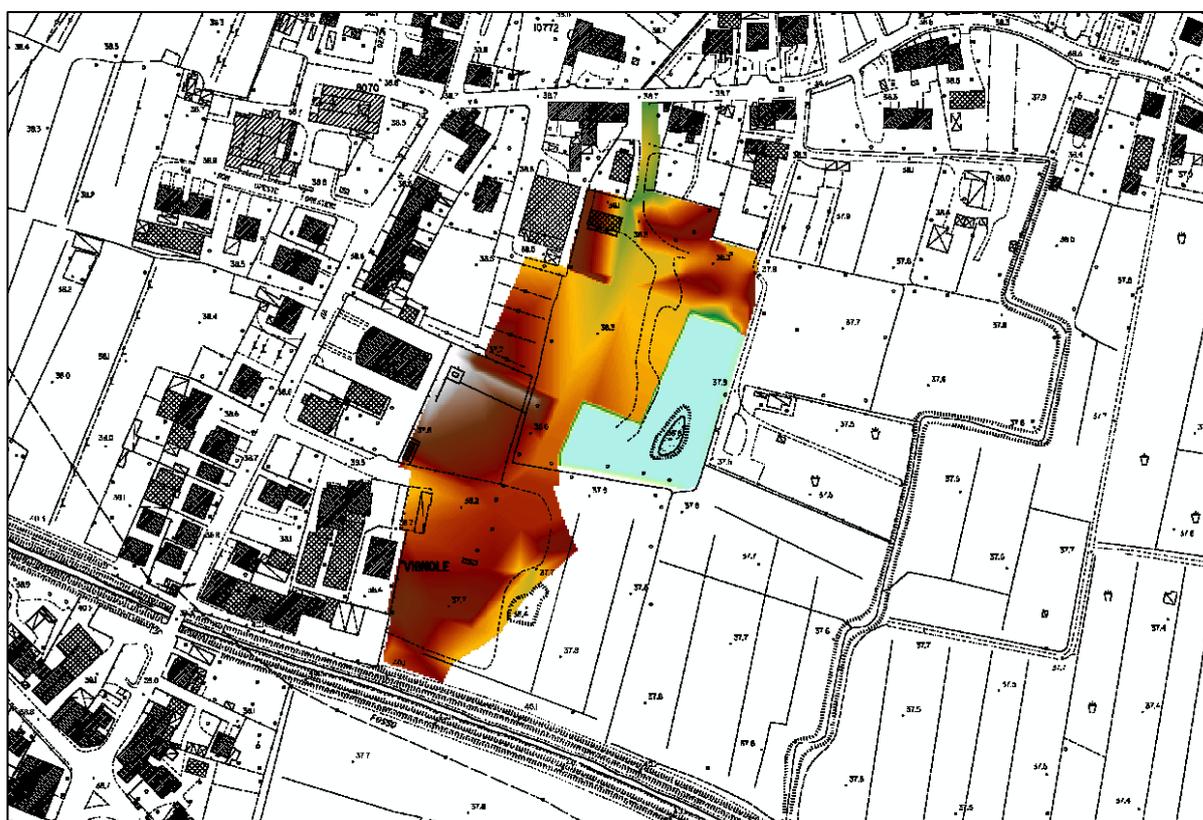


FIGURA 35. DTM DELLA LOTTIZZAZIONE LUNGO VIA ALBERTO MANZI NEL COMUNE DI QUARRATA



FIGURA 36. ESTRATTO DI FOTO AEREA DELLA LOTTIZZAZIONE LUNGO VIA ALBERTO MANZI NEL COMUNE DI QUARRATA

- Via Domenico Ginanni e Via Benito Gradi: è stato realizzato un apposito rilievo topografico strumentale nell'ambito del presente studio, allo scopo di ricostruire il DTM della lottizzazione, di recente costruzione, situata nel Comune di Quarrata e composta da piazzali, edifici e viabilità. Nel dettaglio la lottizzazione, non presente nel DTM LIDAR, è posta lungo Via Domenico Ginanni e Via Benito Gradi, viabilità realizzate nell'ambito della lottizzazione, che si raccordano a Via Larga. Di seguito si riportano il DTM rappresentato su base cartografica regionale e la foto aerea della zona.

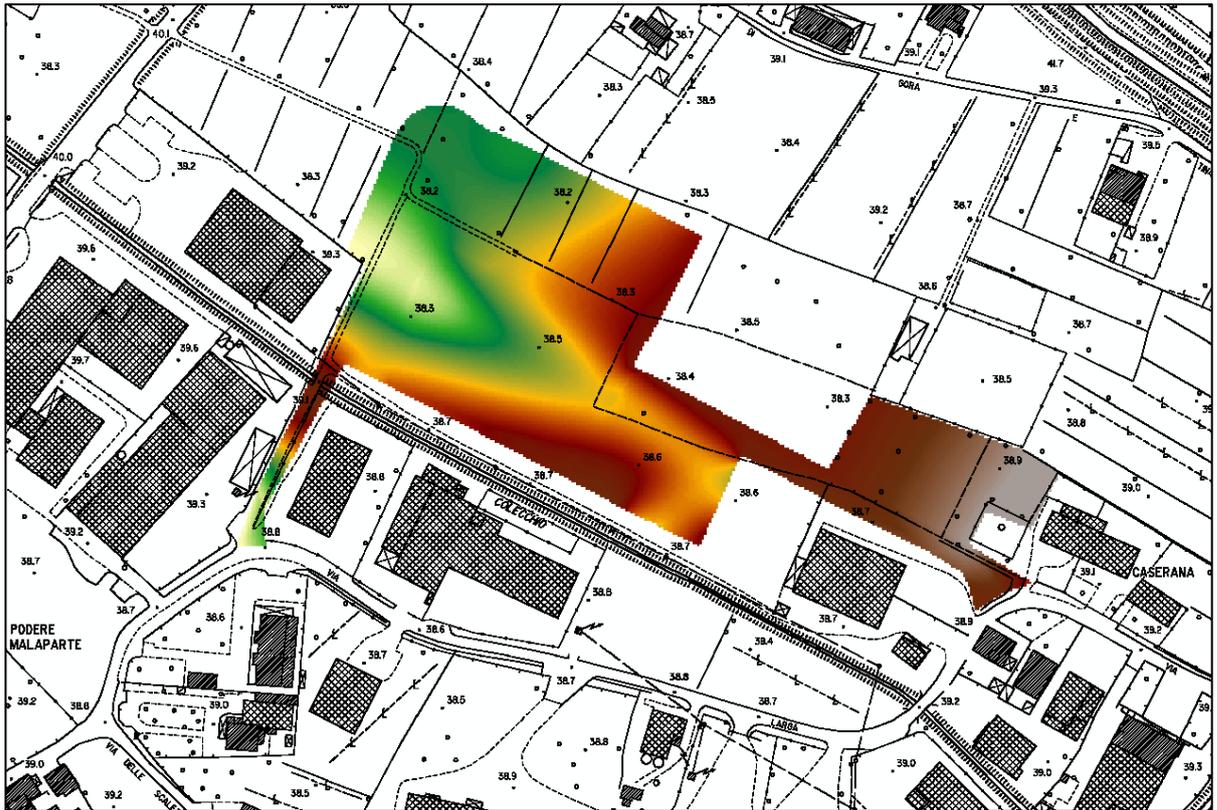


FIGURA 37. DTM DELLA LOTTIZZAZIONE LUNGO VIA DOMENICO GINANNI E VIA BENITO GRADI NEL COMUNE DI QUARRATA



FIGURA 38. ESTRATTO DI FOTO AEREA DELLA LOTTIZZAZIONE LUNGO VIA DOMENICO GINANNI NEL COMUNE DI QUARRATA

- Via Arzelio Belli: è stato realizzato un apposito rilievo topografico strumentale nell'ambito del presente studio, allo scopo di ricostruire il DTM della lottizzazione, di recente costruzione, situata nel Comune di Quarrata e composta da piazzali, edifici e viabilità. Nel dettaglio la lottizzazione, non presente nel DTM LIDAR, è posta lungo Via Arzelio Belli, viabilità realizzata nell'ambito della lottizzazione, che si raccorda a Via Larga e Via Firenze. Di seguito si riportano il DTM rappresentato su base cartografica regionale e la foto aerea della zona.

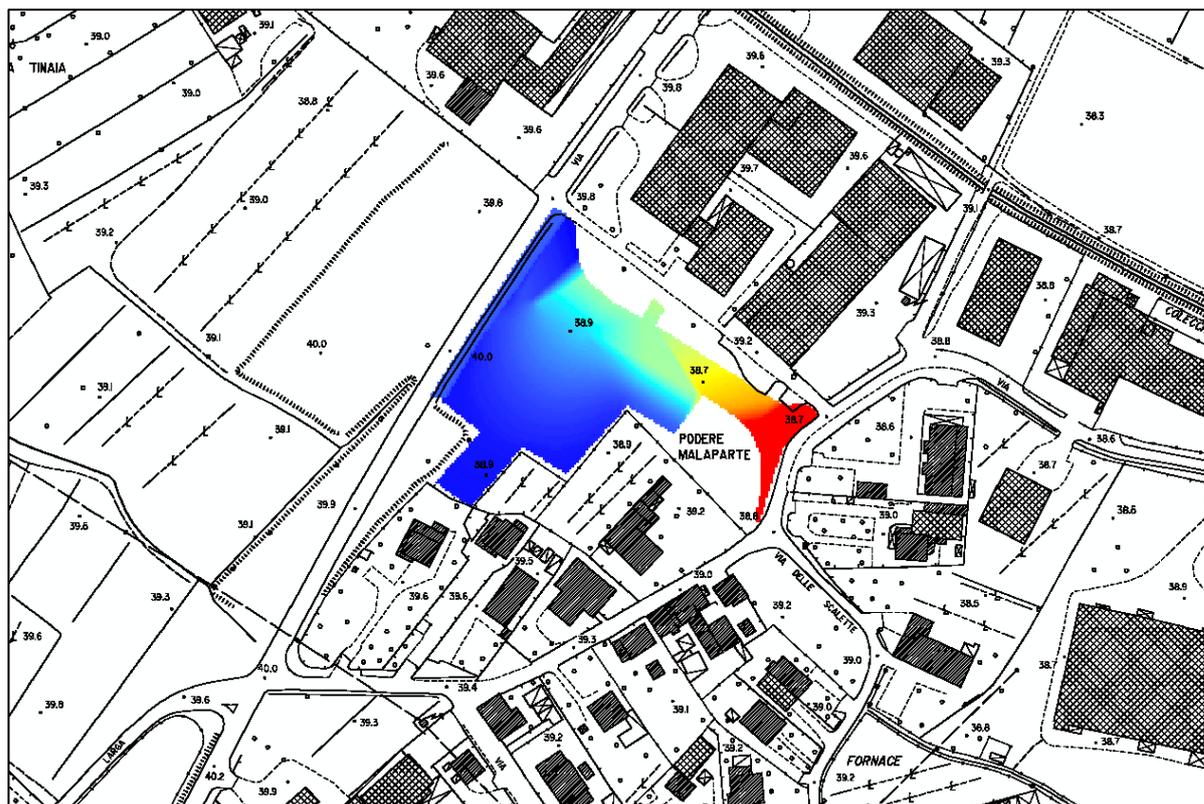


FIGURA 39. DTM DELLA LOTTIZZAZIONE LUNGO VIA ARZELIO BELLI NEL COMUNE DI QUARRATA



FIGURA 40. ESTRATTO DI FOTO AEREA DELLA LOTTIZZAZIONE LUNGO VIA ARZELIO BELLI NEL COMUNE DI QUARRATA

- Centro di Raccolta Rifiuti: è stato realizzato un apposito rilievo topografico strumentale (limitatamente a quanto è stato possibile rilevare in quanto non è stato possibile entrare all'interno dell'impianto) nell'ambito del presente studio, allo scopo di ricostruire il DTM del rilevato del Centro di Raccolta di Quarrata, di recente costruzione, situato nel Comune di Quarrata. Nel dettaglio il rilevato, non presente nel DTM LIDAR, è posto lungo Via Bocca di Gora e Tinaia, è stata ricostruita, inoltre, anche l'area adiacente che affaccia sulla rotonda con Via Piero della Francesca. Di seguito si riportano il DTM rappresentato su base cartografica regionale e la foto aerea della zona.

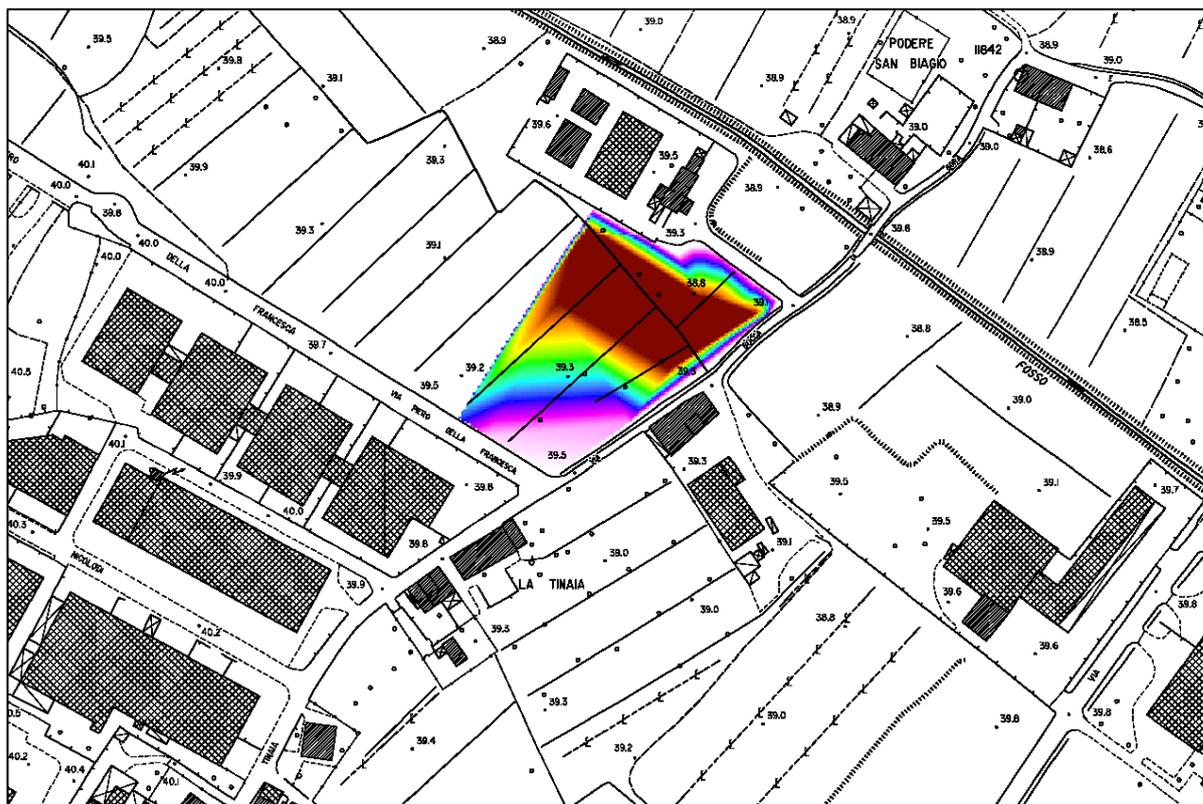


FIGURA 41. DTM DEL CENTRO DI RACCOLTA DI QUARRATA NEL COMUNE DI QUARRATA



FIGURA 42. ESTRATTO DI FOTO AEREA DEL CENTRO DI RACCOLTA DI QUARRATA NEL COMUNE DI QUARRATA

- Ex Podere San Biagio: è stato realizzato un apposito rilievo topografico strumentale nell'ambito del presente studio, allo scopo di ricostruire il DTM del lotto dell'ex Podere San Biagio, oggetto di ristrutturazione, situato nel Comune di Quarrata. Nel dettaglio il lotto, presente in modo difforme nel LIDAR, è posto lungo Via Bocca di Gora e Tinaia. Essendo una proprietà privata non accessibile è stato ricostruito il DTM sulla base di un solo punto rilevato portando tutto il perimetro del lotto, visibile da foto aerea, a tale quota rilevata. Di seguito si riportano il DTM rappresentato su base cartografica regionale e la foto aerea della zona.

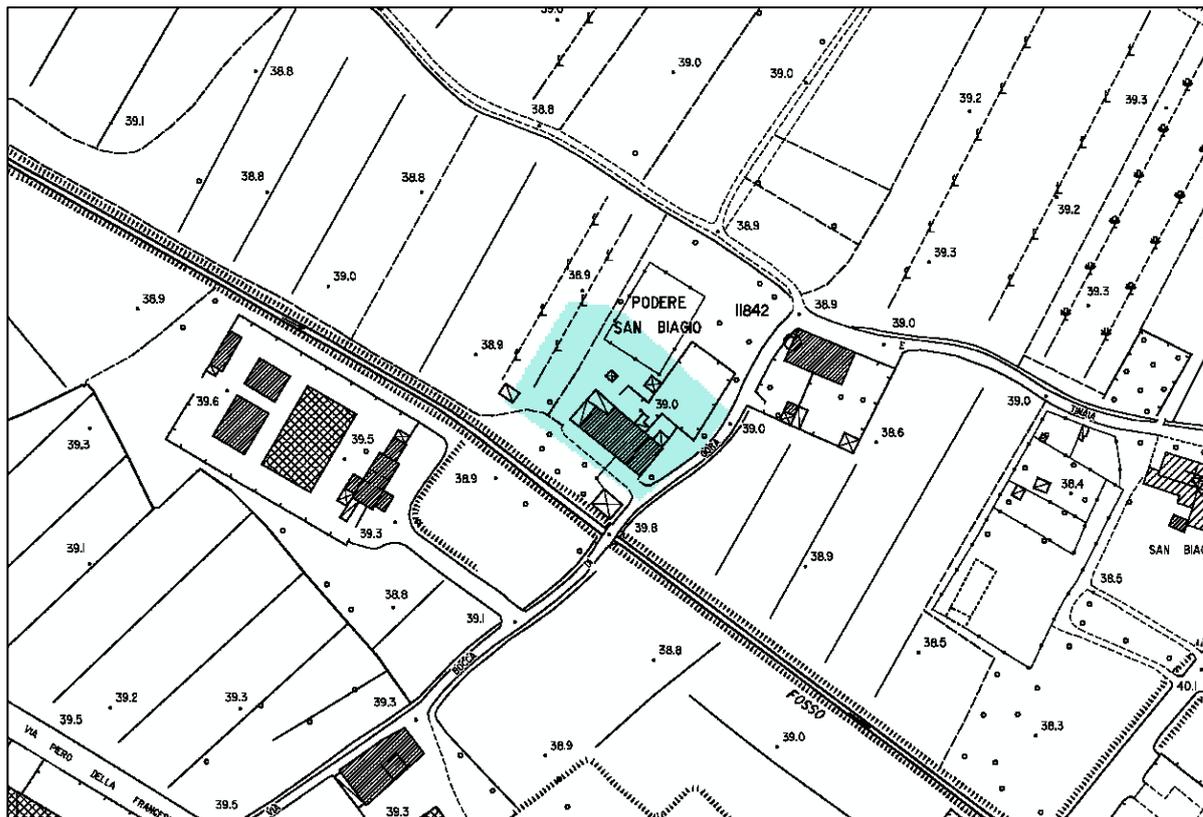


FIGURA 43. DTM DELL'EX PODERE SAN BIAGIO NEL COMUNE DI QUARRATA



FIGURA 44. ESTRATTO DI FOTO AEREA DELL'EX PODERE SAN BIAGIO NEL COMUNE DI QUARRATA

- Zona industriale Via V. Amadori, Via Modena e Via G. Palatucci: è stato realizzato un apposito rilievo topografico strumentale nell'ambito del presente studio, allo scopo di ricostruire il DTM delle lottizzazioni, di recente costruzione, situate nel Comune di Quarrata e composte da piazzali e edifici. Nel dettaglio le lottizzazioni della zona industriale, non presenti nel DTM LIDAR, sono poste lungo Via Giovanni Palatucci, Via Modena e Via Vittorio Amadori. Di seguito si riportano il DTM dei lotti rappresentato su base cartografica regionale e la foto aerea della zona.



FIGURA 45. DTM DELLE LOTTIZZAZIONI DELLA ZONA INDUSTRIALE NEL COMUNE DI QUARRATA



FIGURA 46. ESTRATTO DI FOTO AEREA DELLE LOTTIZZAZIONI DELLA ZONA INDUSTRIALE NEL COMUNE DI QUARRATA

- Lottizzazione punto vendita UNICOOP FIRENZE: è stato realizzato un apposito rilievo topografico strumentale nell'ambito del presente studio, allo scopo di ricostruire il DTM della lottizzazione, di recente costruzione, situata nel Comune di Quarrata e composta da piazzali, edifici sia residenziali che commerciali e viabilità. Nel dettaglio la lottizzazione, non presente

nel DTM LIDAR, è posta lungo Via Gen. Carlo Alberto dalla Chiesa, viabilità realizzata nell'ambito della lottizzazione, che si raccorda a Via Giovanni Amendola e Via Montalbano. All'interno della lottizzazione è presente il punto vendita UNICOOP FIRENZE. Di seguito si riportano il DTM rappresentato su base cartografica regionale e la foto aerea della zona.

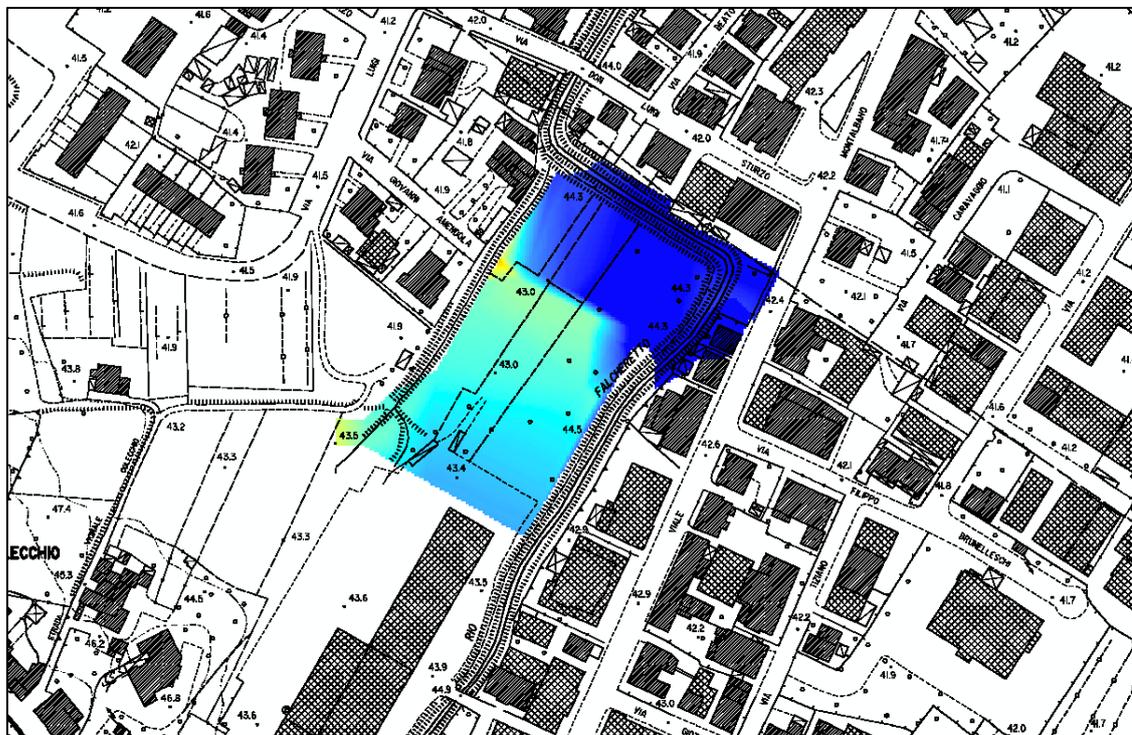


FIGURA 47. DTM DELLA LOTTIZZAZIONE UNICOOP FI LUNGO VIA GEN CARLO ALBERTO DALLA CHIESA NEL COMUNE DI QUARRATA



FIGURA 48. ESTRATTO DI FOTO AEREA DELLA LOTTIZZAZIONE UNICOOP FI LUNGO VIA GEN CARLO ALBERTO DALLA CHIESA NEL COMUNE DI QUARRATA

5 INTERAZIONE TRA I MODELLI DI CALCOLO DEI SISTEMI DELLE “ACQUE ALTE” E DELLE “ACQUE BASSE”

Al fine far interagire correttamente a livello di modellazione idraulica i due sistemi (“acque alte” e “acque basse” così come definite al capitolo 2), all'interno del modello di calcolo delle “acque alte” sono stati inseriti anche i tratti terminali dei seguenti corsi d'acqua del reticolo delle acque basse:

- Fosso Acqualunga;
- Fosso Brusigliano;
- Fosso Dogaia dei Quadrelli;
- Fosso Tazzera;
- Fosso del Tazzero (Lago Gabbiano).

L'inserimento di detti tratti è stato finalizzato a simulare il comportamento del tratto di rigurgito dei corsi d'acqua di acque basse, e conseguentemente eseguire una corretta stima delle esondazioni lungo detti tratti per effetto dell'interazione tra il sistema delle “acque alte” e quello delle “acque basse”, in quanto sono state inserite nel modello delle “acque alte” le portate idrauliche in arrivo dalle “acque basse” e nel sistema delle “acque basse” i livelli idrometrici alla sezione di chiusura del modello di calcolo, posta in corrispondenza della confluenza con il recettore di acque alte.

Per effettuare detta operazione è stata adottata la procedura di seguito descritta:

- esecuzione di simulazioni sull'intero aste delle acque basse con condizione al contorno di valle mediante “*normal depth*”, ossia non considerando l'effetto dei livelli del corso d'acqua principale di acque alte sul reticolo di acque basse;
- estrazione, per ogni scenario di calcolo, degli idrogrammi “idraulici” in corrispondenza delle sezioni di monte dei tratti terminali di acque basse che sono stati inseriti anche all'interno del modello delle acque alte;
- esecuzione di simulazioni “finali” del modello con il sistema delle “acque alte” avendo assegnato, come condizione al contorno di monte, gli input degli idrogrammi idraulici definiti al passo precedente;
- estrazione, per ogni scenario di calcolo, dei livelli idrometrici in corrispondenza delle sezioni alla confluenza tra il corso d'acqua di “acque basse” e quello di “acque alte”;
- esecuzione di simulazioni “finali” del modello con il sistema delle “acque basse” avendo assegnato, come condizione al contorno di valle di ogni asta di acque basse, i livelli idrometrici definiti al passo precedente.

6 ANALISI IDRAULICA DEL SISTEMA DELLE “ACQUE ALTE”

L'analisi idraulica del sistema delle “acque alte” è stata eseguita realizzando una modellazione idraulica del reticolo e delle aree a campagna mediante il software HEC-RAS 6.3.1. Nei paragrafi seguenti si riportano la descrizione della ricostruzione della geometria del modello, la descrizione delle modifiche geometriche relative a interventi di manutenzione straordinaria la cui esecuzione è

stata programmata nel 2024, la definizione dei parametri del modello idraulico, l'assegnazione delle condizioni al contorno di monte e di valle.

6.1 *RICOSTRUZIONE DELLA GEOMETRIA DEL MODELLO*

Il modello idraulico è stato ricostruito con schema monodimensionale (1D) per l'alveo e bidimensionale (2D) per le aree a campagna potenzialmente interessate dalle esondazioni. Alcune aree a campagna, come a esempio casse d'espansione e aree esterne al limite dell'area di studio (nonché ai confini amministrativi dei comuni di Pistoia, Quarrata, Agliana, Montale e Serravalle P.se), poste al di là di arginature, che delimitano idraulicamente queste aree, sono state schematizzate mediante "storage area". Per alcuni tratti delle aste modellate, dove le condizioni morfologiche delle aree adiacenti all'alveo lo consentivano, invece di utilizzare la modellazione 2D, sono state estese le sezioni rilevate dell'alveo sulla base del DTM di base.

Di seguito si riporta la schematizzazione del reticolo oggetto di studio e delle aree di potenziale esondazione restituita sulla base del DTM.

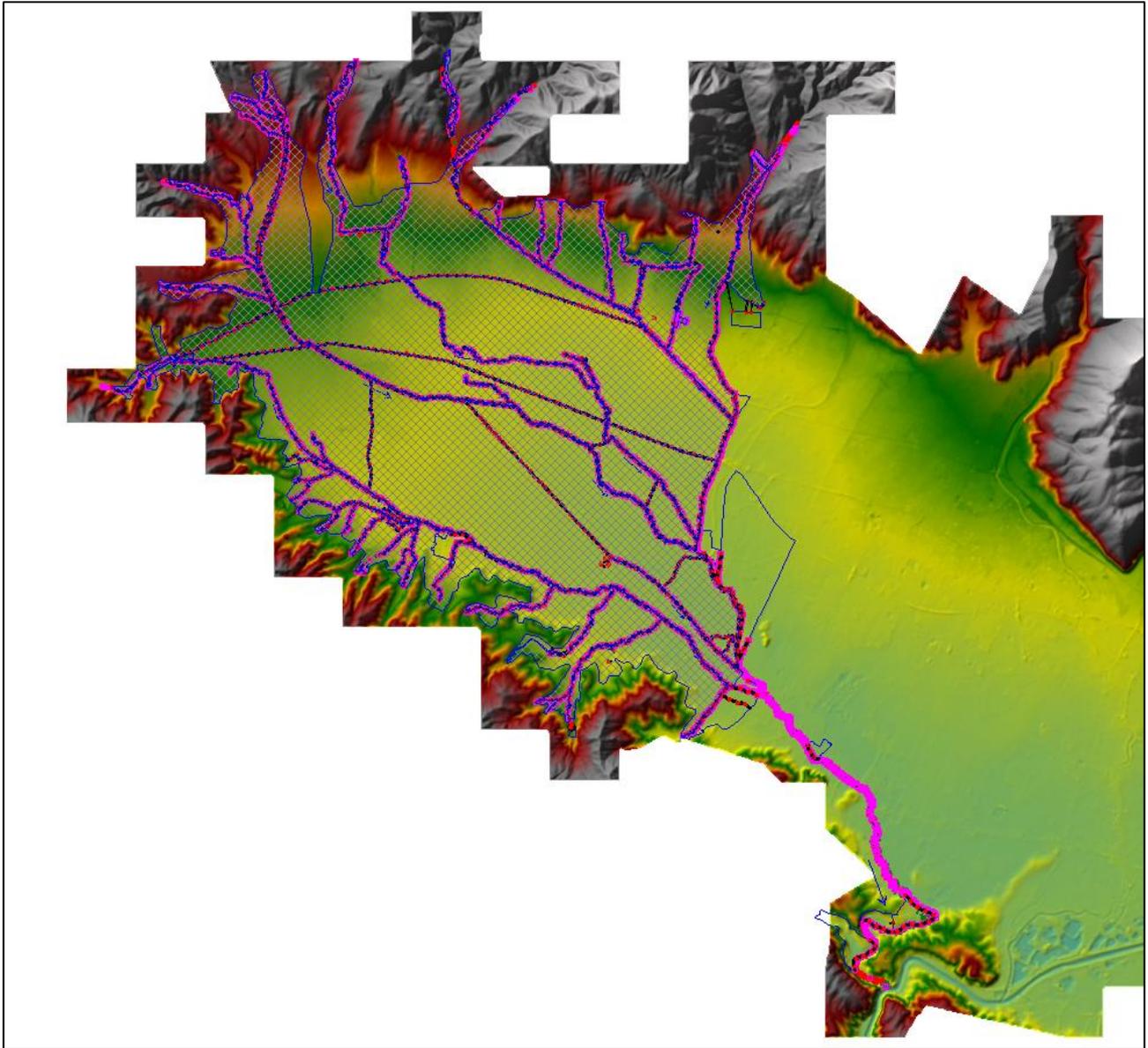


FIGURA 49. SCHEMATIZZAZIONE DELL'INTERO MODELLO IDRAULICO DI CALCOLO

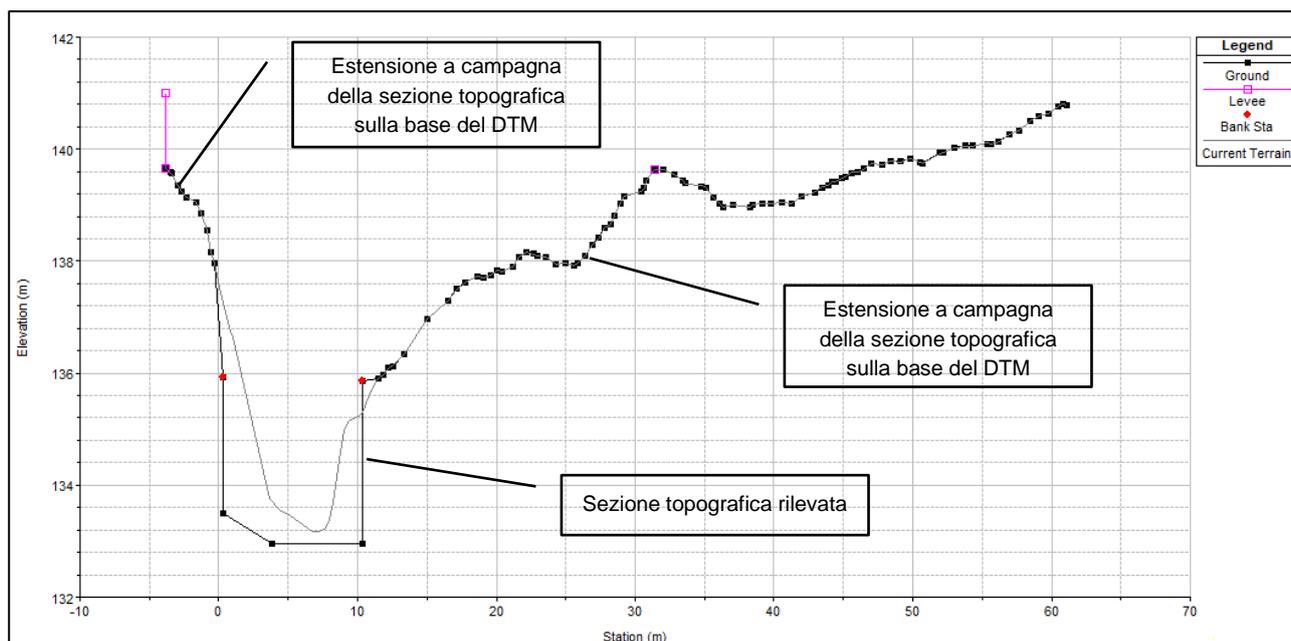


FIGURA 51. SEZIONE IDRAULICA OGGETTO DI ESTENSIONE A CAMPAGNA SULLA BASE DEL DTM

Alcune aree a campagna, esterne ai territori dei comuni oggetto del presente studio idrologico e idraulico, sono state modellate mediante "storage area". Tale semplificazione è stata possibile in quanto i confini amministrativi di tali aree coincidono con rilevati arginali dei corsi d'acqua che costituiscono quindi un elemento di separazione idraulica tra le aree interne (bidimensionali) e quelle esterne (storage area).

Di seguito si riporta, in forma tabellare, la descrizione delle "storage area", schematizzanti aree di potenziale esondazione a campagna, inserite nel modello idraulico.

STORAGE AREA	DESCRIZIONE
A.P.E.09	Area nel Comune di Montemurlo delimitata da Via Pistoiese, argine sinistro del Torrente Agna e argine destro del Fosso di Medancione
A.P.E.79	Area nel Comune di Prato delimitata da A.P.E.80 ,con "connection APE80-79", argine sinistro del Torrente Ombrone P.se e argine destro del Torrente Iolo
A.P.E.80	Area nel Comune di Prato delimitata da Autostrada A11, argine sinistro del Torrente Bagnolo, argine destro del Torrente Iolo e A.P.E.79 con "connection APE80-79"
A.P.E.82	Area nel Comune di Carmignano delimitata da argine destro del Fosso di Barberoni, A.P.E.81 con "connection APE81-82", argini del Fosso di Colecchio e Via Carlo Levi
A.P.E.83	Area nel Comune di Carmignano delimitata da argine destro del Fosso di Barberoni, argini del Fosso di Colecchio e Via Bocca di Stella
A.P.E. OUT	Storage area "fittizia" creata per ricevere le acque di transito del Torrente Agna provenienti dall'A.P.E.07, posta nel Comune di Montemurlo, mediante le connection che schematizzano gli attraversamenti del rilevato stradale di Via Enrico Berlinguer
OMBRONE-BAGNOLO	Area nel Comune di Prato delimitata da argine sinistro del Torrente Ombrone P.se, argine destro del Torrente Bagnolo e argine della cassa d'espansione di Ponte alle Vanne
S.A.025	Area golenale del Torrente Ombrone P.se nel Comune di Carmignano ripresa dal modello idraulico redatto a supporto della stesura del P.A.I. – P.G.R.A.
S.A.026	Area golenale del Torrente Ombrone P.se nel Comune di Carmignano ripresa dal modello idraulico redatto a supporto della stesura del P.A.I. – P.G.R.A.
S.A.027	Area golenale del Torrente Ombrone P.se nel Comune di Carmignano ripresa dal modello idraulico redatto a supporto della stesura del P.A.I. – P.G.R.A.

TABELLA 3. "STORAGE AREA" DELLE AREE A CAMPAGNA OGGETTO DI MODELLAZIONE

6.1.2 Modalità di ricostruzione delle opere di laminazione esistenti e/o in corso di esecuzione

Le opere di laminazione esistenti e/o in corso di esecuzione, ad esclusione di n.2 casi (vedi tabella sottostante), sono state schematizzate nel modello idraulico prevalentemente mediante l'inserimento di "storage area" a cui sono state assegnate le curve d'invaso definite sulla base del DTM. Di seguito si riporta, in forma tabellare, la denominazione, l'ubicazione e il metodo di schematizzazione di ogni opera.

OPERA DI LAMINAZIONE	DENOMINAZIONE	UBICAZIONE	METODO DI SCHEMATIZZAZIONE
<i>Cassa d'espansione di Case Carlesi su T. Ombrone P.se</i>	<i>CASE CARLESI</i>	<i>Comune di Quarrata</i>	<i>Storage Area</i>
<i>Briglia a bocca tarata su F. della Fermulla</i>	<i>CASSA_FERMULLA</i>	<i>Comune di Quarrata</i>	<i>Storage Area</i>
<i>Cassa d'espansione di Pontassio su T. Stella</i>	<i>CASSA_PONTASSIO</i>	<i>Comune di Quarrata</i>	<i>Storage Area</i>
<i>Cassa d'espansione a Spazzavento su T. Stella</i>	<i>CASSA_STELLA</i>	<i>Comune di Pistoia</i>	<i>Storage Area</i>
<i>Cassa d'espansione di Ponte a Tigliano su T. Ombrone P.se</i>	<i>CASSA_TIGLIANO</i>	<i>Comune di Prato</i>	<i>Storage Area</i>
<i>Cassa d'espansione di Ponte alle Vanne su T. Ombrone P.se</i>	<i>PONTE ALLE VANNE</i>	<i>Comune di Prato</i>	<i>Storage Area</i>
<i>Cassa d'espansione della Querciola su F. Dogaia dei Quadrelli</i>	<i>QUERCIOLA</i>	<i>Comune di Quarrata</i>	<i>Storage Area</i>
<i>Cassa d'espansione del Pratone su F. di Castelnuovo</i>	<i>CASSA_DX e CASSA_SX</i>	<i>Comune di Serravalle P.se</i>	<i>2D Flow Area</i>
<i>Briglia a bocca tarata su F. della Badia</i>	<i>Badia</i>	<i>Comune di Montale</i>	<i>Sezioni estese</i>

TABELLA 4. OPERE DI LAMINAZIONE OGGETTO DI MODELLAZIONE

6.1.3 Modalità di ricostruzione dei corsi d'acqua minori inseriti come Boundary Condition Lines

Dall'analisi dei risultati dello studio idrologico si evince che numerosi bacini idrografici di corsi d'acqua minori non sono compresi nell'elenco delle aste oggetto di schematizzazione idraulica mediante modello idraulico monodimensionale; allo scopo di evitare di non considerare nello studio i contributi idrologici maggiormente significativi derivanti dai corsi d'acqua non inseriti nel modello idraulico, si è deciso di procedere come di seguito descritto:

- sono stati trascurati i bacini idrografici con portate idrologiche di picco per tempo di ritorno di 200 anni inferiori a 1 mc/s;
- per i bacini idrografici con portate idrologiche di picco, per tempo di ritorno di 200 anni, superiori a 1 mc/s, sono state definite delle *Boundary Condition Lines (BC Lines)*, ovvero sono state disegnate delle linee all'interno delle celle delle aree bidimensionali in corrispondenza dei punti più depressi del bacino a cui sono stati assegnati gli idrogrammi di piena risultanti

dall'analisi idrologica. I bacini schematizzati con questo metodo sono tutti affluenti del Torrente Stella e del Torrente Bure nei tratti arginati, a esclusione del fosso denominato MV30992 nel Reticolo Idrografico Regionale ai sensi della L.R. 79/2012 (conosciuto come fosso Gigarello) che confluisce nel Fosso di Fermulla. Le *BC Lines* sono state definite ai piedi degli argini di Stella e Bure in corrispondenza dei fossi minori che si tombano nei tratti finali per confluire poi nel corso d'acqua principale. Di seguito si riporta un estratto del modello idraulico in corrispondenza di una *BC Line* definita a campagna in corrispondenza dello scarico di un fosso nel corso d'acqua arginato.

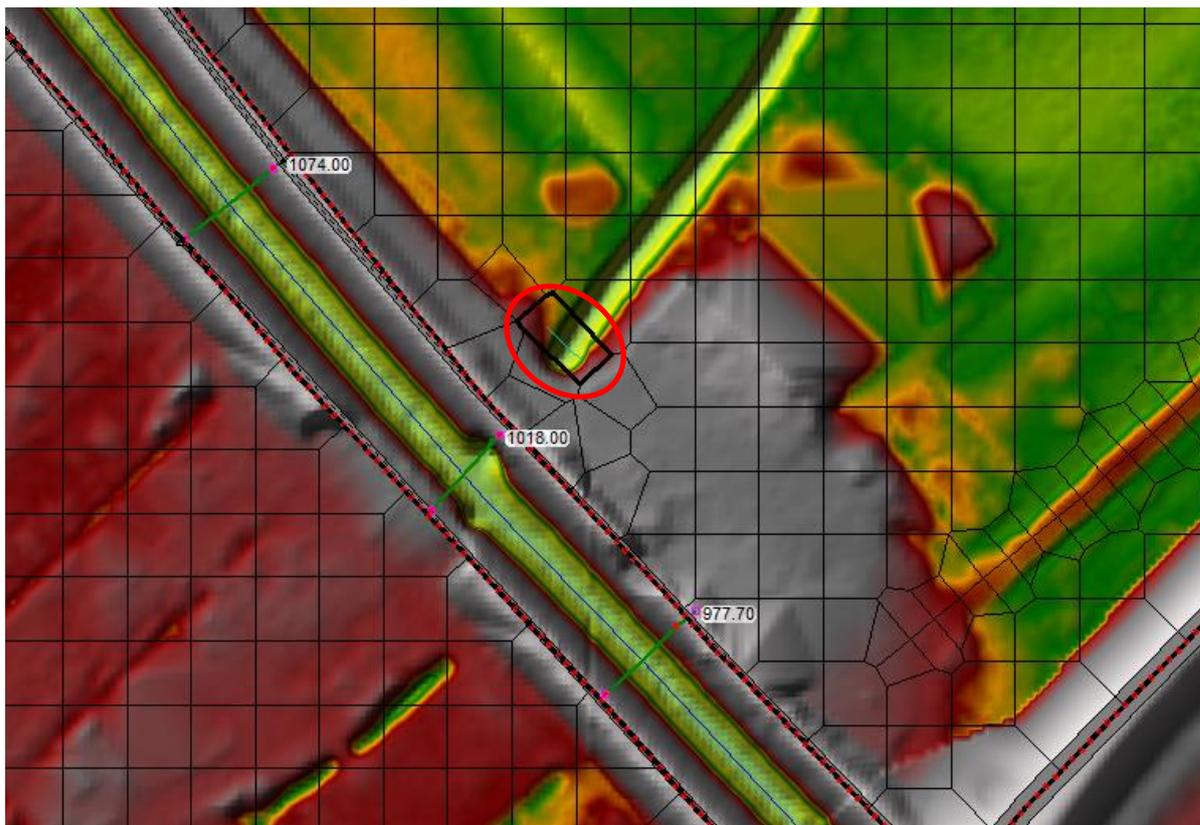


FIGURA 52. ESTRATTO DEL MODELLO IDRAULICO IN CORRISPONDENZA DI UNA BC LINE A CAMPAGNA

- Per quanto riguarda il corso d'acqua affluente del Fosso di Fermulla nel Comune di Quarrata, denominato MV30992 nel Reticolo Idrografico Regionale ai sensi della L.R. 79/2012 (conosciuto come Fosso Gigarello), è stata schematizzata una *BC Line* a campagna in corrispondenza dell'inizio del tratto di fosso visibile sul DTM, in quanto una parte del territorio non è coperta dal LIDAR. Di seguito si riportano due estratti del modello idraulico relativi al fosso MV30992, il primo da cui evince tutto il tratto fino alla confluenza, il secondo in corrispondenza della *BC Line*, da cui si nota il differente livello di definizione del DTM.

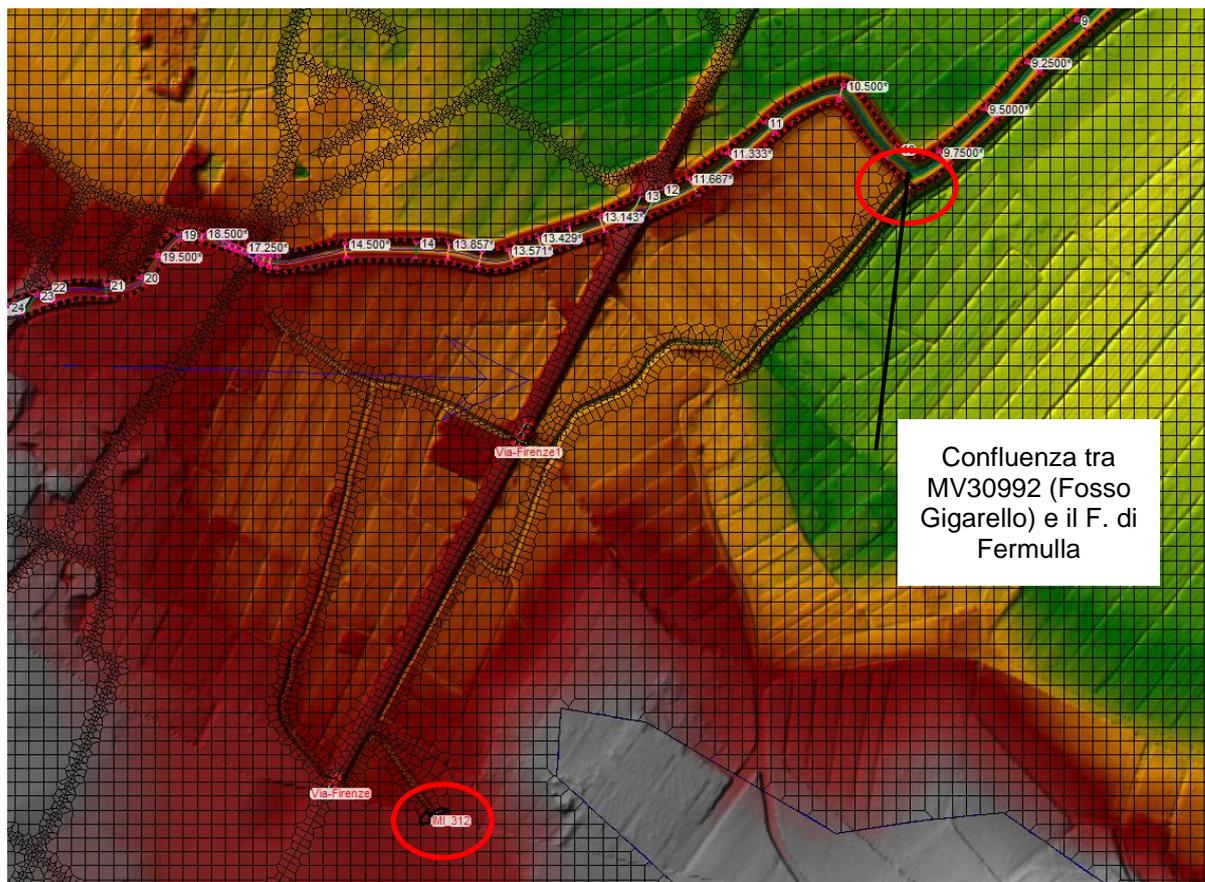


FIGURA 53. ESTRATTO DEL MODELLO IDRAULICO DEL FOSSO MV30992

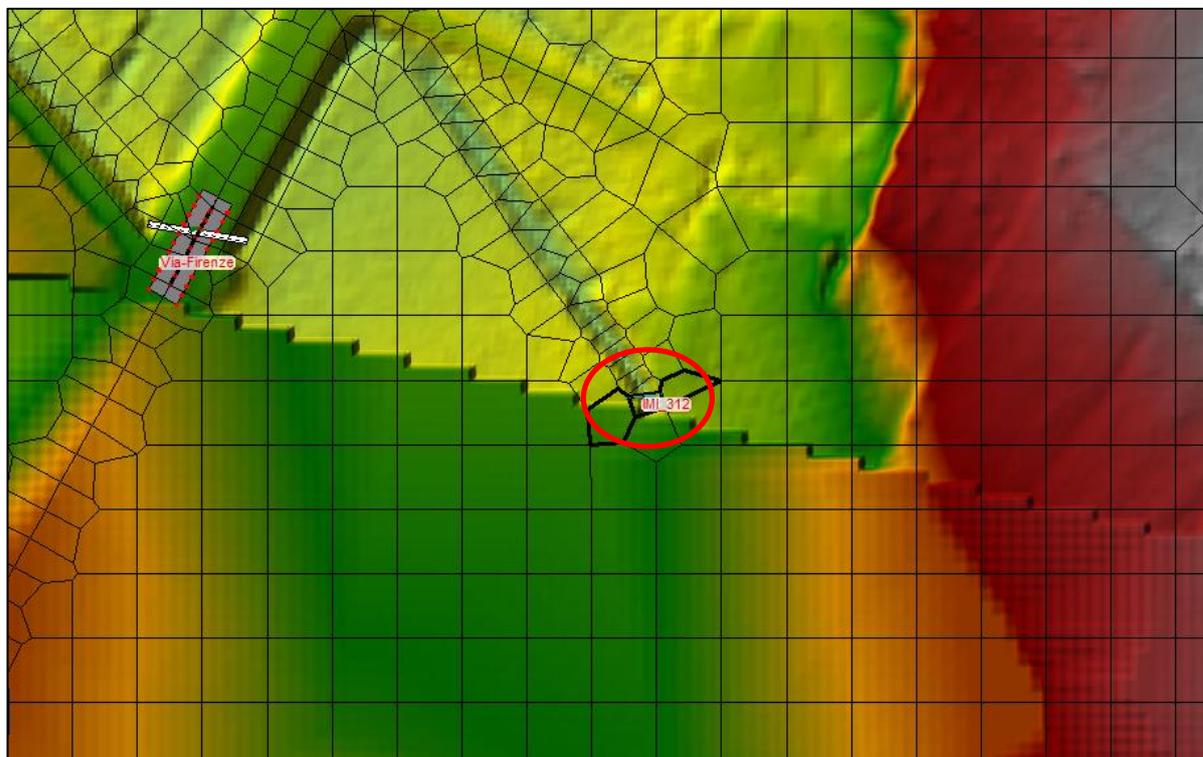


FIGURA 54. ESTRATTO DEL MODELLO IDRAULICO IN CORRISPONDENZA DELLA BC LINE A CAMPAGNA DEL FOSSO MV30992

Una considerazione a parte deve essere fatta per il Fosso della Badia in quanto per il tratto in gran parte tombato che attraversa l'abitato di Montale, posto a monte dell'attraversamento sotto il rilevato stradale di via Berlinguer è stata eseguita, in analogia a quanto effettuato nell'ambito dello studio a supporto del Piano Strutturale del Comune di Montale, una modellazione specifica con il software Epa Swmm. Detto software consente di schematizzare il comportamento idraulico di un rete fognaria, quale è di fatto il tratto urbano di Fosso della Badia, e di calcolare gli idrogrammi delle acque fuoriuscite dai brevi tratti a cielo aperto presenti lungo la "condotta fognaria". In corrispondenza di suddetti tratti a cielo aperto, sono state definite nel modello delle *BC Lines*, alle quali, per ogni scenario idrologico analizzato nel presente studio, sono stati assegnati gli idrogrammi delle eventuali acque esondate (vedi figura seguente).

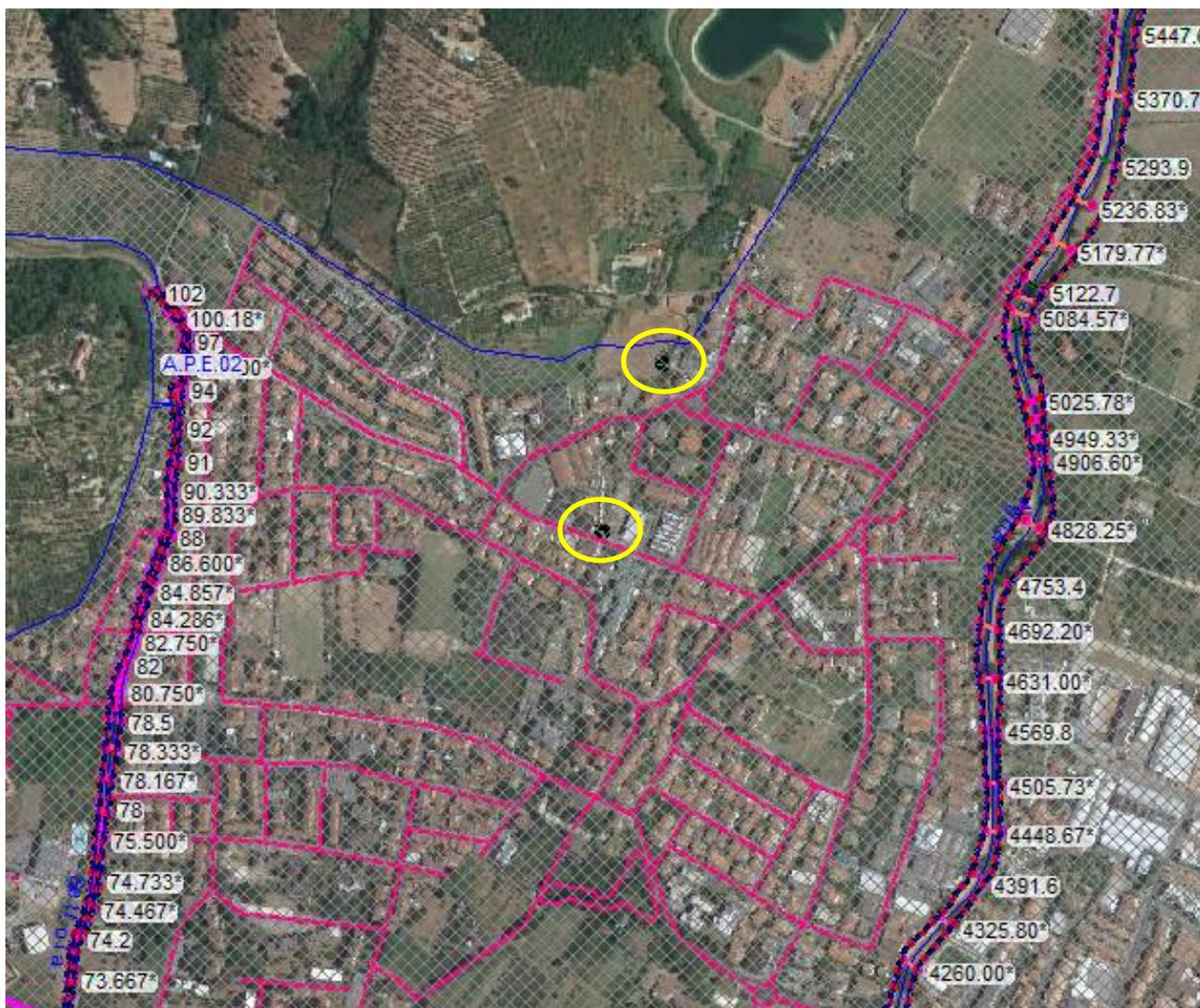


FIGURA 55. ESTRATTO DEL MODELLO IDRAULICO CON INDICAZIONE DELLE BC LINE INSERITE SUL FOSSO DELLA BADIA

6.1.4 Modalità di ricostruzione delle connessioni delle aree bidimensionali

Le connessioni tra le aree bidimensionali, prevalentemente poste su rilevati o in corrispondenza di viabilità, sono state schematizzate mediante elementi "connection" a cui sono stati assegnati gli andamenti morfologici del DTM, a esclusione delle porzioni dove nel DTM LIDAR sono presenti errori o "buchi" causati dalla rimozione dell'impalcato del rilevato. in corrispondenza ad esempio dei

passaggi di viabilità; in tali casi sono state inserite quote corrette interpolando con quelle prive di errore.

All'interno delle "connection", schematizzanti i rilevati stradali e ferroviari, sono stati inseriti solo i principali passaggi relativi alle viabilità o ai passaggi pedonali. Nei casi in cui le acque di transito per allagamenti a campagna venivano causate anche dagli idrogrammi assegnati alle "BC Lines", descritte al paragrafo precedente, sono stati inseriti anche gli attraversamenti relativi a tratti tombati di fossi allo scopo di non bloccare il passaggio d'acqua tra celle. Per quanto concerne quindi i rilevati ferroviari, stradali e autostradali non sono stati considerati i passaggi relativi a tubazioni di fossi minori i contributi dei quali, durante eventi eccezionali come quelli oggetto di simulazione, possono essere trascurabili sia per le dimensioni ridotte sia per lo stato di manutenzione in cui spesso vertono.

I passaggi all'interno delle "connection" sono stati schematizzati mediante "culvert" a cui sono stati assegnati quote di scorrimento riprese dal DTM e forma geometrica ricavata da sopralluoghi speditivi o da *Google Street View*.

6.2 INTERVENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA SU CORSI D'ACQUA

In accordo con il Consorzio di Bonifica 3 Medio Valdarno e l'Ufficio Tecnico del Genio Civile del Valdarno Centrale sono state inserite nel modello idraulico le modifiche relative a interventi di manutenzione straordinaria sul Torrente Bure la cui esecuzione è stata programmata nel 2024. Nel dettaglio si tratta di interventi localizzati di chiusura di varchi sulle sponde arginali e di fossi affluenti nel Torrente Bure mediante tubazioni sprovviste di clapet, che potrebbero innescare fenomeni di tracimazione. Di seguito si riportano le descrizioni di tali interventi.

- immediatamente a monte del ponte di Chiesina Montalese, in sinistra idraulica, a causa della presenza di una rampa di accesso all'alveo del Torrente Bure direttamente dalla viabilità pubblica e dell'immissione di un fosso affluente protetto con un parapetto con ringhiera, è presente un varco di una decina di metri con quote più basse di circa 50 cm rispetto a quelle dell'arginello presente a monte. Di seguito si riportano l'inquadramento su foto aerea e lo scatto della sponda allo stato attuale che sarà oggetto d'intervento.



FIGURA 56. ESTRATTO DI FOTO AEREA CON INDICAZIONE DELL'AREA OGGETTO DI FUTURO INTERVENTO



FIGURA 57. TRATTO DI SPONDA SINISTRA DEL T. BURE OGGETTO DI FUTURO INTERVENTO

Nel dettaglio l'intervento prevede la chiusura del varco e eventualmente l'installazione di portella a clapet sul fosso affluente nel Torrente Bure. Nel modello idraulico sono state alzate le quote della "lateral structure" e non è stata considerata la presenza del fosso affluente.

- a valle della confluenza con il Fosso di San Sebastiano, in destra idraulica, a causa della presenza di una rampa di accesso all'argine e all'alveo del Torrente Bure, è presente un varco di una decina di metri con quote più basse di circa 1 m rispetto a quelle della sommità. Di seguito si riportano l'inquadramento su foto aerea e la rappresentazione da Google Maps 3D della sponda allo stato attuale che sarà oggetto d'intervento.



FIGURA 58. ESTRATTO DI FOTO AEREA CON INDICAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO



FIGURA 59. TRATTO DI SPONDA DESTRA DEL T. BURE OGGETTO DI FUTURO INTERVENTO

Nel dettaglio l'intervento prevede la chiusura del varco, ne consegue che, nel modello idraulico, sono state alzate le quote della "lateral structure" ricostruendo una livelletta costante della sommità arginale.

- nel tratto di Torrente Bure posto a metà tra le confluenze con il Fosso di Barbero e il Fosso di Bulicata, è presente, nell'argine sinistro, lo scarico mediante tubazione del corso d'acqua denominato MV23933 nel Reticolo Idrografico Regionale ai sensi della L.R. 79/2012. Tale scarico non risulta protetto da portella a clapet che ne impedisca i fenomeni di rigurgito all'interno del fosso provocando eventuali esondazioni a campagna. Di seguito si riportano l'inquadramento su foto aerea e lo scatto della sponda allo stato attuale che sarà oggetto d'intervento.



FIGURA 60. ESTRATTO DI FOTO AEREA CON INDICAZIONE DELL'AREA OGGETTO DI FUTURO INTERVENTO



FIGURA 61. TRATTO DI SPONDA SINISTRA DEL T. BURE OGGETTO DI FUTURO INTERVENTO

Nel dettaglio l'intervento prevede l'installazione di portella a clapet sullo scarico del fosso affluente nel Torrente Bure. Nel modello idraulico non è stata considerata la presenza dello scarico con tubazione all'interno dell'argine.

- nel tratto di Torrente Bure posto a valle dell'attraversamento ferroviario, è presente, nell'argine sinistro, lo scarico mediante tubazione del Fosso del Lischeto. Tale scarico non risulta protetto da portella a clapet che ne impedisca i fenomeni di rigurgito all'interno del fosso provocando eventuali esondazioni a campagna. Di seguito si riportano l'inquadratura su foto aerea e lo scatto della sponda allo stato attuale che sarà oggetto d'intervento.

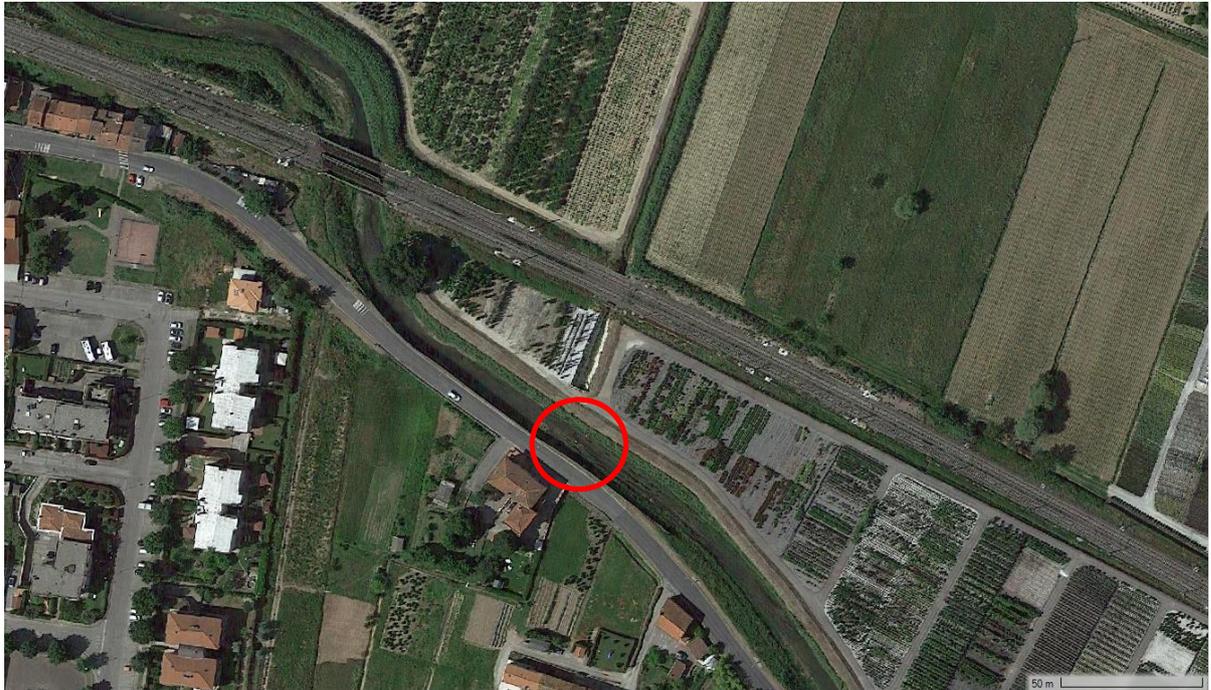


FIGURA 62. ESTRATTO DI FOTO AEREA CON INDICAZIONE DELL'AREA OGGETTO DI FUTURO INTERVENTO

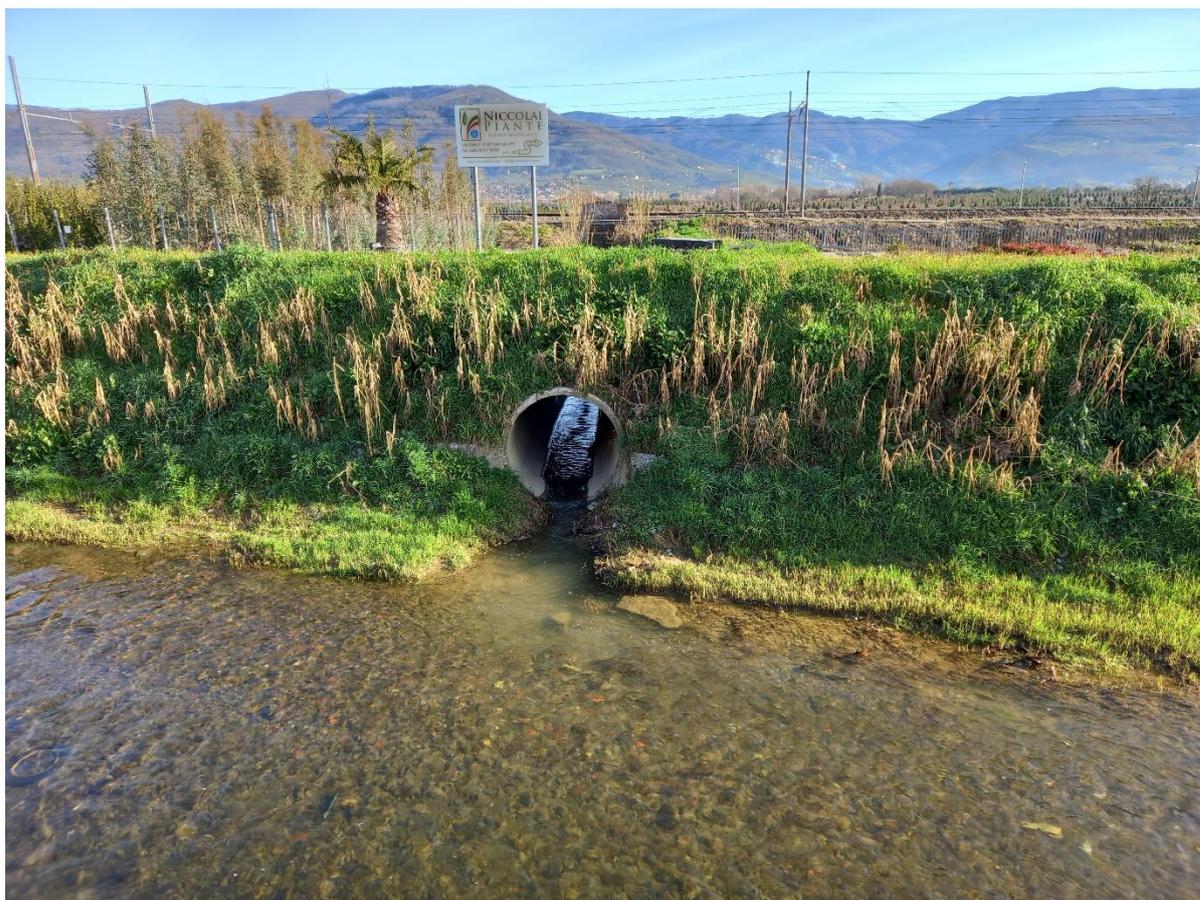


FIGURA 63. TRATTO DI SPONDA SINISTRA DEL T. BURE OGGETTO DI FUTURO INTERVENTO

Nel dettaglio l'intervento prevede l'installazione di portella a clapet sullo scarico del fosso affluente nel Torrente Bure. Nel modello idraulico è stato modellato lo scarico mediante un elemento "culvert", inserito nella "lateral structure", a cui è stata assegnata l'opzione per evitare il flusso positivo, ovvero quello dal corso d'acqua verso la campagna.

6.3 *DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DEL MODELLO IDRAULICO*

Nell'ambito della costruzione del modello di calcolo sono stati poi definiti i parametri idraulici relativi agli elementi che costituiscono il modello. Di seguito si riportano i valori dei principali parametri che sono stati utilizzati quali: coefficienti di scabrezza per l'alveo, coefficienti di scabrezza per le aree a campagna, coefficienti di stramazzo per gli sfioratori laterali e metodi di deflusso per i ponti. I valori dei coefficienti di scabrezza sono stati definiti sulla base dello stato dei luoghi. I restanti parametri sono stati assunti in base alle scelte e soluzioni modellistiche adottate.

Coefficienti di scabrezza in alveo

I valori dei coefficienti di scabrezza (n di Manning) dell'alveo dei corsi d'acqua analizzati sono stati assegnati in modo uniforme su tutte le aste oggetto di studio a eccezione di:

- Torrente Vincio di Montagnana;
- tratti di fondovalle di:
 - Torrente Ombrone P.se;

- Torrente Stella;
- Torrente Calice;
- Torrente Brana.

Per suddetti corsi d'acqua sono stati assunti dei valori di scabrezza diversi rispetto a tutte le altre aste fluviali oggetto di analisi in quanto:

- lungo per il Torrente Vincio di Montagnana sono presenti diffuse ed estese banche laterali di fianco all'alveo inciso caratterizzate dalla presenza di fitta vegetazione ripariale arborea-arbustiva per le quali è stato previsto di assegnare un valore di scabrezza più elevato rispetto agli altri corsi d'acqua;
- per i tratti di fondovalle dei torrenti Ombrone P.se, Stella, Calice e Brana sono disponibili delle misure di livelli idrometrici registrati a seguito dell'evento di piena del 21/12/2021 forniti dal Genio Civile Valdarno Centrale in base ai quali è stata effettuata una "taratura/calibratura" utilizzando il modello idrologico-idraulico con riferimento all'evento suddetto.

Nel dettaglio i valori assegnati alle sezioni idrauliche dei corsi d'acqua studiati, a eccezione di quelli sopra elencati, sono di seguito riportati:

- $0.035 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ per l'alveo principale comprese le sponde inerbite;
- $0.045 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ per le fasce esterne all'alveo principale con presenza erba e vegetazione ripariale;

Si precisa che l'alveo principale, nella maggioranza delle sezioni idrauliche oggetto di modellazione, corrisponde alla totalità della porzione utilizzata nel calcolo monodimensionale, in quanto le fasce laterali poste oltre sono calcolate con schema bidimensionale con i coefficienti di scabrezza propri delle celle. Di seguito si riporta una sezione idraulica da cui si evince la suddivisione dei valori di scabrezza.

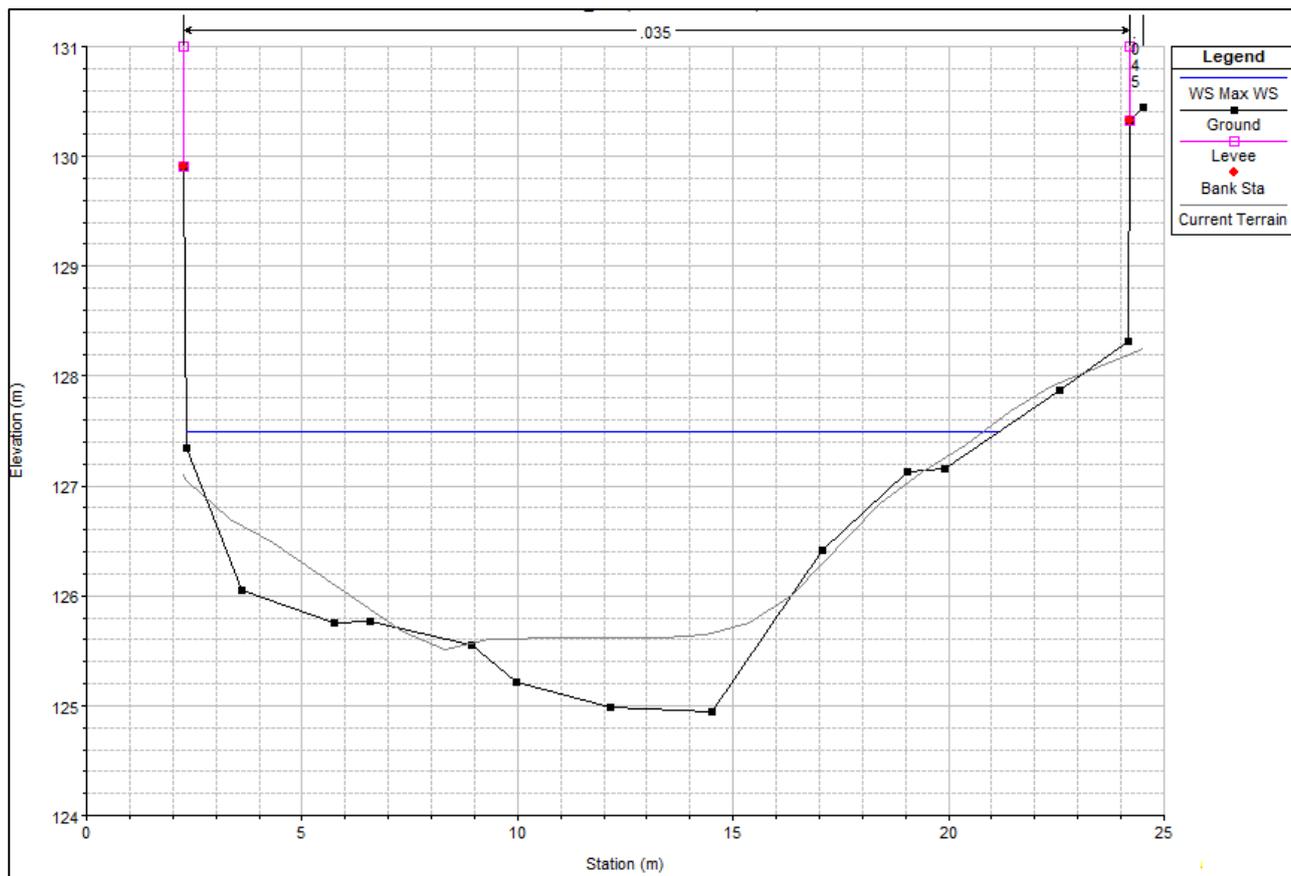


FIGURA 64. SEZIONE IDRAULICA

Per quanto riguarda invece i torrenti Vincio di Montagnana, Ombrone P.se, Stella, Calice sono stati assegnati i valori del coefficiente di scabrezza (n di Manning) dell'alveo di seguito indicati.

Torrente Vincio di Montagnana

- $0.035 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ per l'alveo principale;
- $0.060 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ per le sponde e banche laterali caratterizzate da presenza di fitta vegetazione ripariale arborea-arbustiva.

Di seguito si riporta una sezione idraulica rappresentativa del Torrente Vincio di Montagnana da cui si evince la suddivisione dei valori di scabrezza.

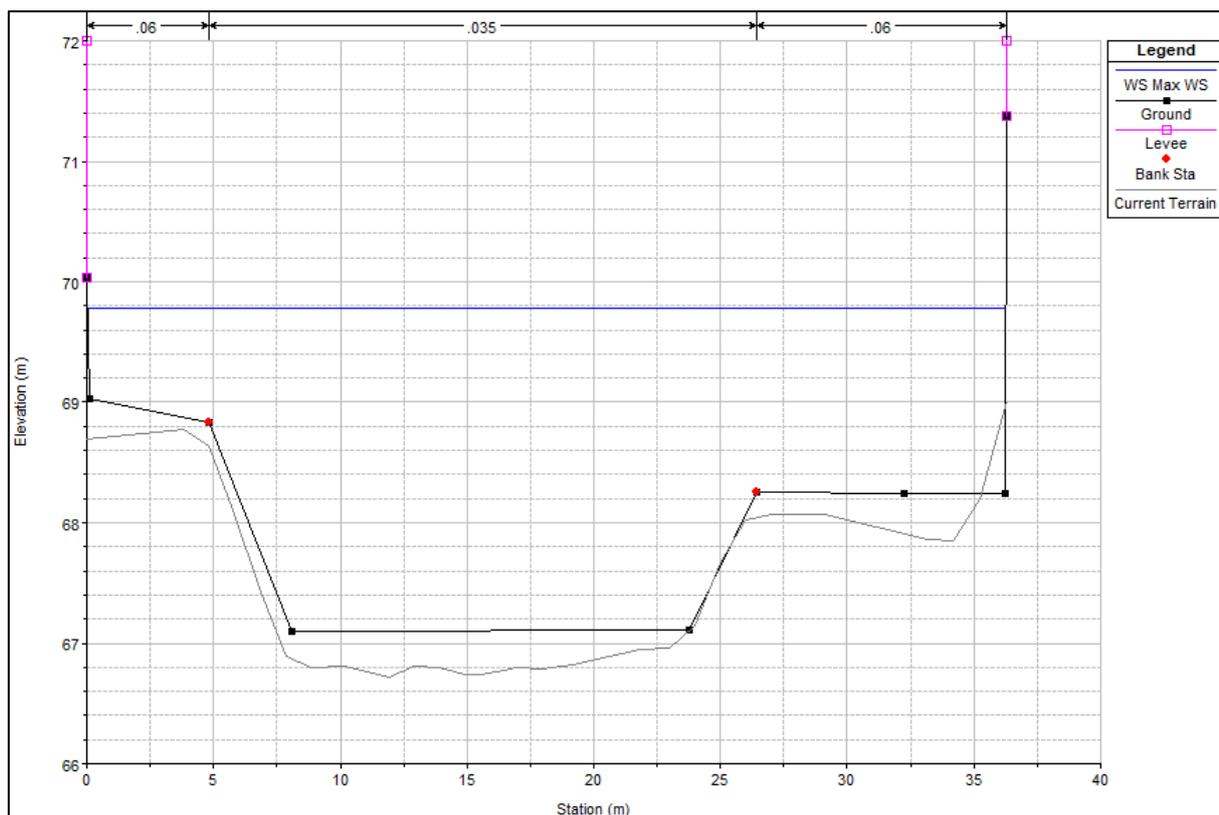


FIGURA 65. SEZIONE IDRAULICA DEL TORRENTE VINCIO DI MONTAGNANA

Torrente Ombrone P.se nel tratto dalla confluenza con il Torrente Vincio di Montagnana alla confluenza con Fiume Arno, Torrente Brana nel tratto da valle della confluenza con il Rio Sant'Alessio o Rio Diecine e la confluenza con il Torrente Calice, Torrente Calice, Torrente Stella nel tratto da valle dell'attraversamento dell'A11 e la confluenza con il Torrente Ombrone P.se

- $0.040 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ per l'alveo principale;
- $0.045 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ per le sponde e/o sommità arginali caratterizzate da presenza di vegetazione ripariale.

Come accennato in precedenza, per l'assegnazione del coefficiente di scabrezza dell'alveo principale è stato eseguito un riscontro tra i livelli idrometrici registrati a seguito dell'evento di piena del 21/12/2021 e quelli calcolati, con riferimento agli idrogrammi idrologici ricostruiti per detto evento, con le simulazioni idrauliche di suddetto tratto. Nello specifico, in base alle valutazioni effettuate, è emerso che il valore di scabrezza che consente di approssimare meglio i livelli misurati lungo questi tratti è pari a $0.04 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$.

Si segnala che per effetto dell'assegnazione dei "levees" a quote superiori al livello calcolato in corrispondenza del ciglio interno del coronamento arginale, al fine di delimitare la fascia fluviale oggetto di modello di calcolo monodimensionale dalle aree "a campagna" su cui viene eseguita la modellazione bi-dimensionale, il coefficiente di scabrezza per le aree esterne all'alveo principali non ha effetti sul calcolo. In queste aree infatti il parametro di riferimento utilizzato per il calcolo bidimensionale è quello assegnato all'area a campagna (vedi sotto). Detta osservazione, nel caso del Torrente Ombrone, vale solo per il tratto a valle del ponte sull'Autostrada A11 presso il casello di Pistoia.

Di seguito si riportano le sezioni idrauliche rappresentative dei suddetti n. 4 tratti di corsi d'acqua da cui si evince la suddivisione dei valori di scabrezza e che il calcolo monodimensionale è svolto prevalentemente con il valore dell'alveo principale.

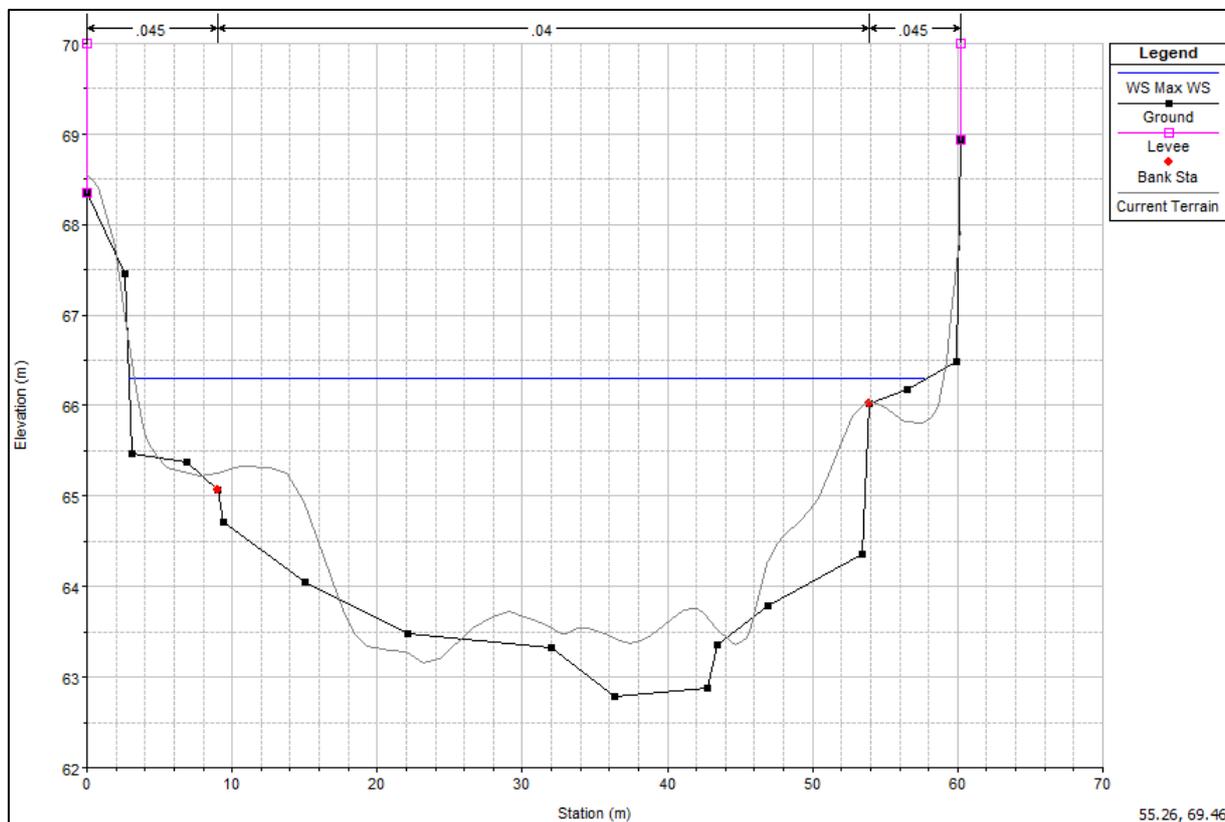


FIGURA 66. SEZIONE IDRAULICA DEL TORRENTE OMBRONE P.SE

Aggiornamento delle mappe di pericolosità da alluvione e rischio di alluvioni comprensive di battenti e velocità necessarie per l'applicazione della LR 41/2008 ai sensi dell'articolo 4 della legge regionale n. 73 del 27/12/2018 per i Comuni di Pistoia, Agliana, Quarrata, Montale e Serravalle Pistoiese

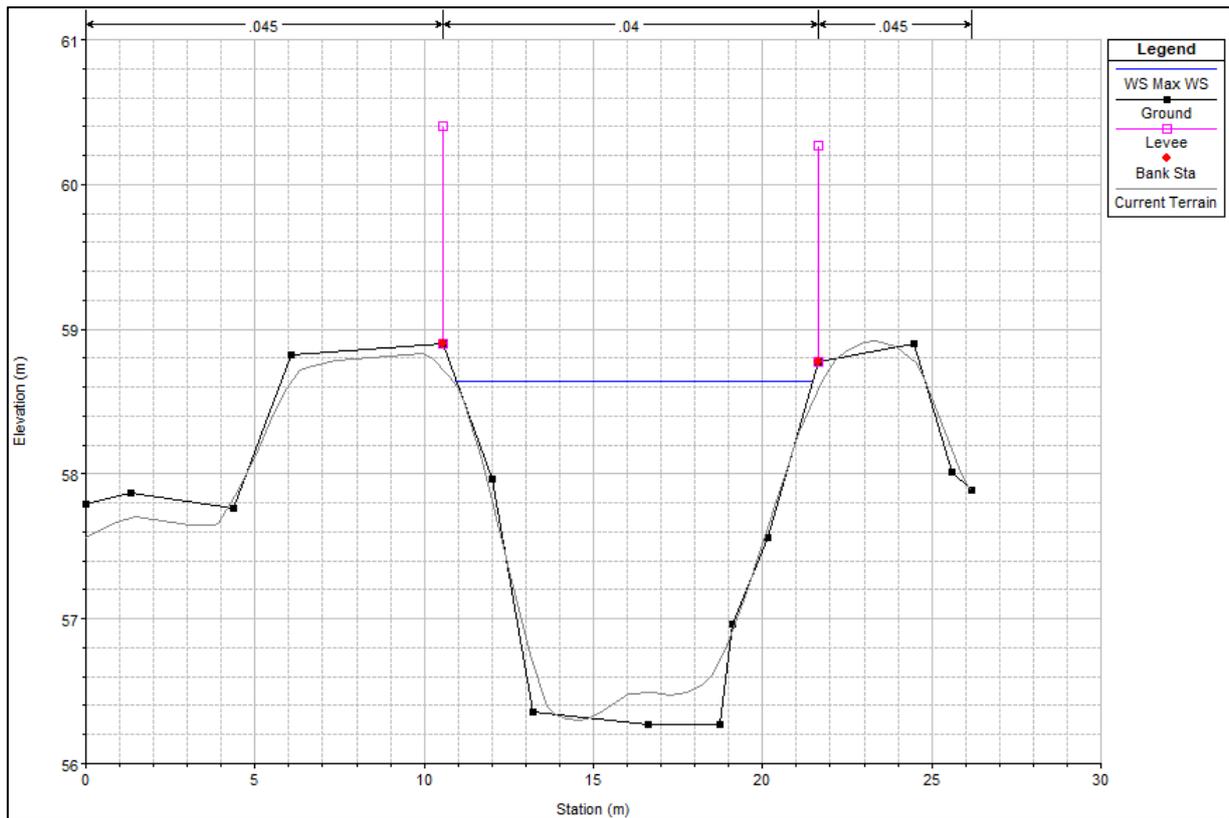


FIGURA 67. SEZIONE IDRAULICA DEL TORRENTE STELLA

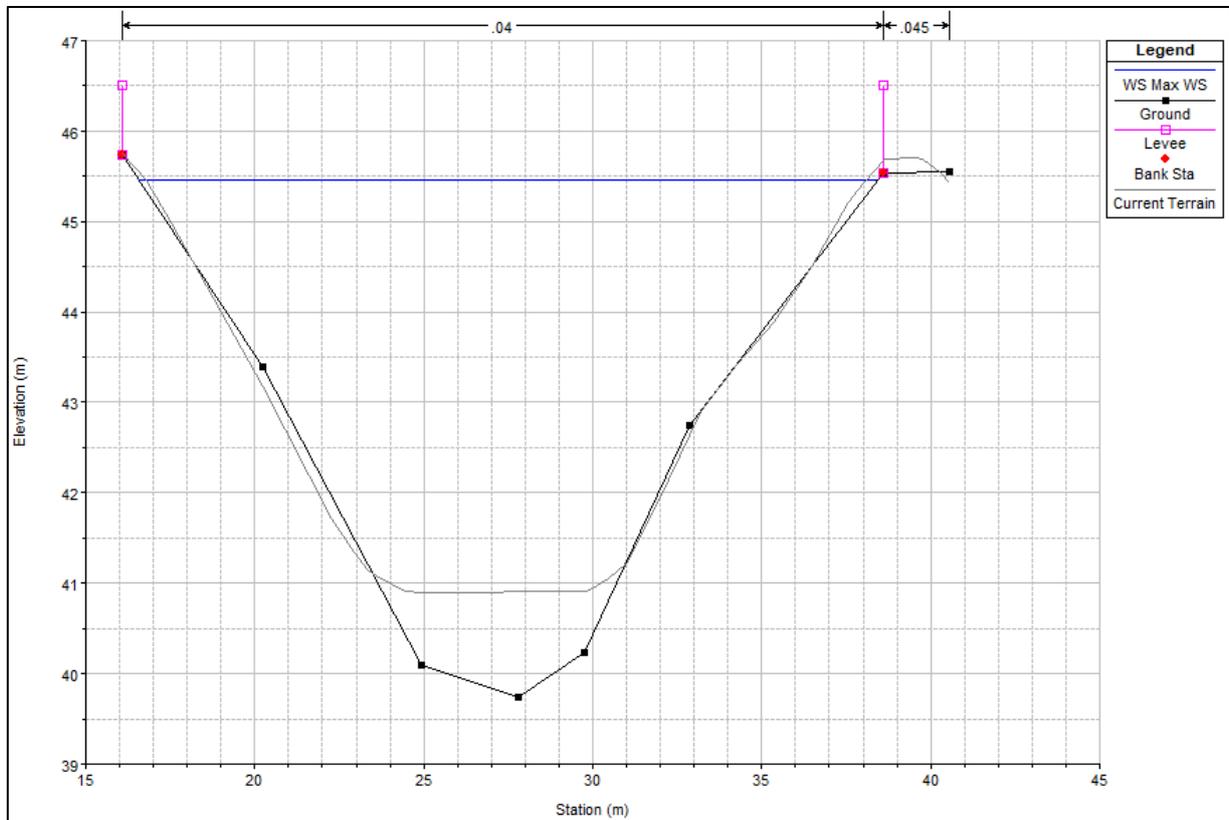


FIGURA 68. SEZIONE IDRAULICA DEL TORRENTE CALICE

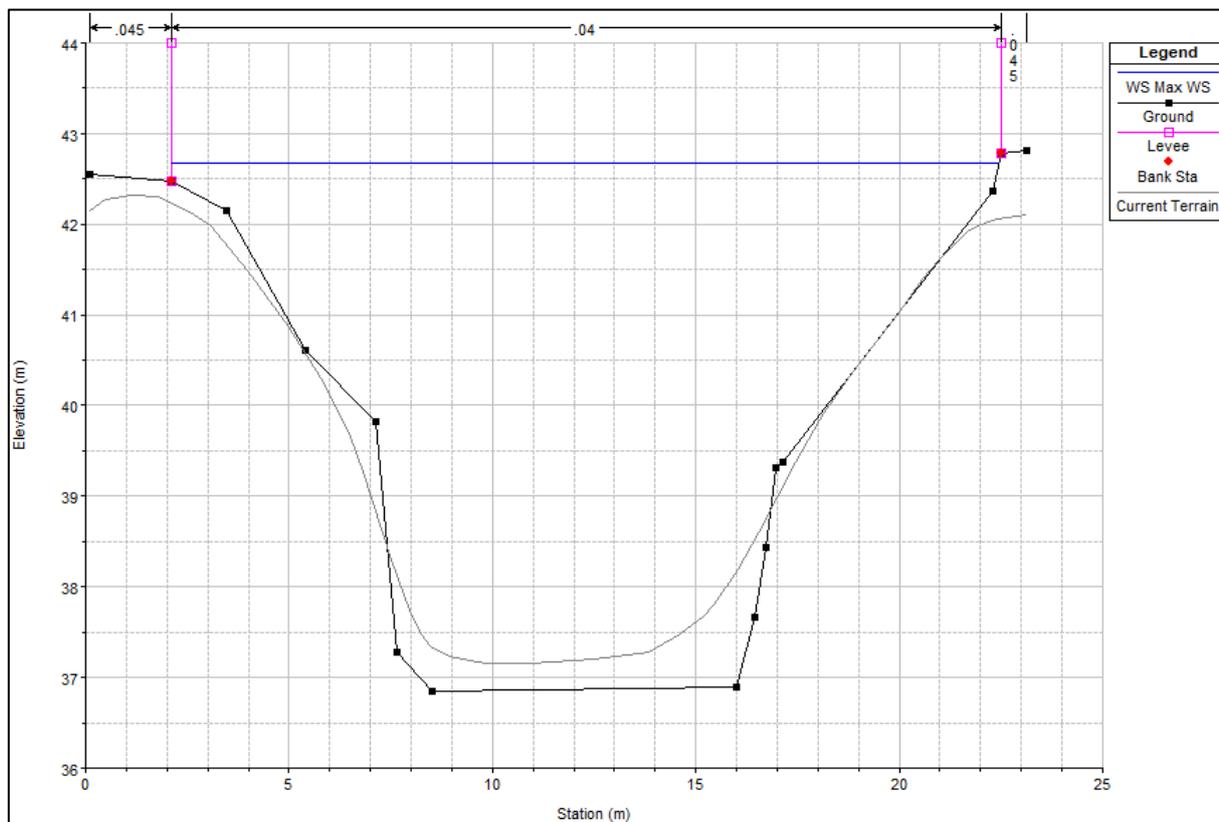


FIGURA 69. SEZIONE IDRAULICA DEL TORRENTE BRANA

Coefficienti di scabrezza per le aree a campagna

Per quanto riguarda i coefficienti di scabrezza (n di Manning) relativi alle aree a campagna schematizzate con celle bi-dimensionali, è stato realizzato un file *.shp* formato dai poligoni presenti nel Database Topografico Regionale che rappresentano le strade, i resedi e i fabbricati di tutto il territorio coperto dalla modellazione. Sulla base di tale file è stato realizzato il "RAS Classification Layer" assegnando i seguenti valori di scabrezza:

- territorio destinato ad uso agricolo: $0.080 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$;
- strade: $0.025 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$;
- resedi: $0.040 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$;
- fabbricati: $10 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$.

L'effetto che si va a creare con l'utilizzo di tale metodologia per la caratterizzazione del coefficiente di scabrezza delle aree bi-dimensionali, è quello di aumentare la velocità di transito delle acque sulle strade e di creare un'ostruzione laddove sono presenti i fabbricati, così come viene effettivamente a verificarsi durante gli eventi alluvionali.

Coefficienti di stramazzo per gli sfioratori laterali

I valori dei "Weir Coefficient" relativi agli stramazzi delle "Lateral Structure" sono stati scelti sulla base dell'effettiva conformazione del territorio e/o delle strutture modellate seguendo la tabella del manuale del software HEC-RAS 6.3.1 riportata di seguito.

What is being modeled with the Lateral Structure	Description	Range of Weir Coefficients
Levee/Roadway – 3ft or higher above natural ground	Broad crested weir shape, flow over levee/road acts like weir flow	1.5 to 2.6 (2.0 default) SI Units: 0.83 to 1.43
Levee/Roadway – 1 to 3 ft elevated above ground	Broad crested weir shape, flow over levee/road acts like weir flow, but becomes submerged easily.	1.0 to 2.0 SI Units: 0.55 to 1.1
Natural high ground barrier – 1 to 3 ft high	Does not really act like a weir, but water must flow over high ground to get into 2D flow area.	0.5 to 1.0 SI Units: 0.28 to 0.55
Non elevated overbank terrain. Lat Structure not elevated above ground	Overland flow escaping the main river.	0.2 to 0.5 SI Units: 0.11 to 0.28

TABELLA 5. RIEPILOGO DEI VALORI DEI WEIR COEFFICIENT

Nel dettaglio sono stati assunti i valori compresi tra un minimo di 0.15 (in S.I. units), laddove il corso d'acqua si presenta completamente incassato con i cigli di sponda pressappoco alla quota del piano campagna adiacente ed un massimo di 1.1 (in S.I. units), laddove il corso d'acqua presenta delle arginature di altezza superiore a 1 m che potrebbero creare due livelli differenti tra quello in alveo e quello a campagna.

Metodi di deflusso per i ponti

La schematizzazione del comportamento idraulico dei ponti è stata così effettuata come di seguito indicato.

Condizioni di "low flow": per ponti senza pile in alveo è stata utilizzata l'equazione dell'energia mentre per i ponti con pile in alveo è stata utilizzata l'equazione del momento assegnando in base alle forme delle pile il relativo coefficiente di drag secondo la tabella riportata nel manuale di Hec-ras.

Condizioni di "high flow": sono stati utilizzati sia il metodo dell'energia che quello della pressione a seconda dell'effettivo funzionamento, selezionando il primo nei casi di viadotti con quote dell'impalcato estremamente superiori ai livelli in alveo.

Per i ponti sono stati inoltre utilizzati i coefficienti di contrazione/espansione suggeriti dal manuale di HEC-RAS, pari a rispettivamente a 0.3 e 0.5 ad esclusione dei ponti dove non ci sono restringimenti per i quali sono stati i mantenuti i valori di riferimento per le sezioni fluviali pari a 0.1 e 0.3.

Alcuni ponti sono stati modellati mediante assegnazione di un "Lid" alle sezioni di monte e di valle del manufatto. Tale schematizzazione è stata utilizzata per ponti con quote dell'impalcato estremamente superiori ai livelli in alveo o in condizioni geometriche del corso d'acqua estremamente complicate che comportavano instabilità di calcolo.

6.4 CONDIZIONI AL CONTORNO DI MONTE

Le condizioni al contorno di monte assegnate ai corsi d'acqua oggetto di modellazione idraulica sono costituite dagli idrogrammi idrologici ricavati dall'analisi effettuata nell'ambito del presente studio ad eccezione dei corsi d'acqua, sotto elencati, per i quali sono state fatte considerazioni/valutazioni diverse descritte di seguito.

- Fosso Acqualunga;
- Fosso Brusigliano;
- Fosso Dogaia dei Quadrelli;
- Fosso Tazzera;
- Fosso del Tazzero (Lago Gabbiano);
- Torrente Bagnolo;
- Torrente Iolo;
- Fosso di Medancione;
- Torrente Furba;
- Fosso della Badia.

Per quanto riguarda:

- Fosso Acqualunga;
- Fosso Brusigliano;
- Fosso Dogaia dei Quadrelli;
- Fosso Tazzera;
- Fosso del Tazzero (Lago Gabbiano);

sono stati assegnati gli idrogrammi idraulici ricavati dai risultati delle modellazioni idrauliche condotte seguendo la procedura descritta al precedente capitolo 6.

Per il Fosso della Badia sono stati assegnati alla sezione di monte del tratto inserito all'interno del sistema delle "acque alte" gli idrogrammi idraulici ricavati dai risultati delle modellazioni idrauliche condotte nell'ambito del presente studio con l'ausilio del software Epa Swmm, in analogia a quanto effettuato nell'ambito dello studio a supporto del Piano Strutturale del Comune di Montale. Il modello di calcolo ricostruito con il software Epa Swmm riguarda il tratto in gran parte tombato che attraversa l'abitato di Montale, posto a monte dell'attraversamento sotto il rilevato stradale di via Berlinguer. Come accennato in precedenza, è stato utilizzato questo software di calcolo in quanto detto tratto di Fosso della Badia è assimilabile più ad una condotta fognaria che ad un corso d'acqua naturale. Le portate in ingresso al modello delle "acque alte" sono state pertanto ricavate dal modello sopra

indicato e rappresentano quindi delle portate idrauliche, ossia laminate per effetto delle esondazioni che si verificano nel tratto di monte.

Per i torrenti Bagnolo e Iolo, modellati nei tratti terminali di rigurgito, sono stati assegnati gli idrogrammi idrologici, risultanti dall'analisi effettuata nell'ambito del presente studio, "tarati" alla portata massima transitabile in alveo ricavata dallo studio idraulico redatto a supporto della stesura della Variante al Piano Strutturale del Comune di Prato. L'operazione effettuata è stata assumere tale valore come portata massima dell'idrogramma trascurando la parte in eccedenza.

Il Fosso di Medancione e il Torrente Furba sono stati considerati nel presente studio solo come input idraulici all'interno rispettivamente di Torrente Calice e Torrente Ombrone P.se senza modellarne le aste. Anche per questi corsi d'acqua è stata eseguita l'operazione sopra descritta trascurando la parte di idrogramma di piena eccedente la portata massima transitabile all'interno dell'alveo ricavata dallo studio idraulico redatto a supporto della stesura della Variante al Piano Strutturale del Comune di Prato.

In entrambi suddetta operazione di "taratura" dell'idrogramma idrologica è stata eseguita per ciascun scenario di calcolo.

6.5 CONDIZIONI AL CONTORNO DI VALLE

L'unica condizione al contorno di valle assegnata nel modello idraulico è quella relativa alla confluenza del Torrente Ombrone P.se nel Fiume Arno, in quanto tutte le aste schematizzate confluiscono in un corso d'acqua modellato e quindi la condizione di valle di ognuno è rappresentata dalla confluenza stessa.

La condizione al contorno di valle assegnata alla sezione di chiusura dell'asta del Torrente Ombrone P.se è data dall'andamento dei livelli idrometrici, per i vari scenari analizzati, ricavati dal modello redatto dall'Ex Autorità di Bacino del Fiume Arno a supporto della stesura del P.A.I. e P.G.R.A..

Si fa presente che la condizione al contorno di valle è assegnata a circa 11.5 km di distanza dal confine dei comuni oggetto del presente studio, ne consegue che non c'è correlazione con i risultati ottenuti nelle aree allagabili perimetrate.

7 SISTEMA DELLE "ACQUE BASSE"

L'analisi idraulica del sistema delle "acque basse" è stata eseguita suddividendo i corsi d'acqua oggetto di studio in 7 sottosistemi, realizzando per ciascuno di essi una modellazione idraulica del reticolo e delle aree a campagna mediante il software HEC-RAS 6.4.1. Di seguito viene riportata una vista d'insieme dei modelli elaborati, costituiti come segue:

1. Sistema dei fossi Tazzera e Tazerino
2. Sistema dei fossi Pancone-Pontacci- Quadrelli- Ombroncello
3. Fosso del Collecchio
4. Sistema dei fossi Brusigliano e Gorello
5. Sistema dei fossi Acqualunga-Bollacchione-Buraccia
6. Fosso della Settola (Agliana)

7. Fosso della Senice di Agliana

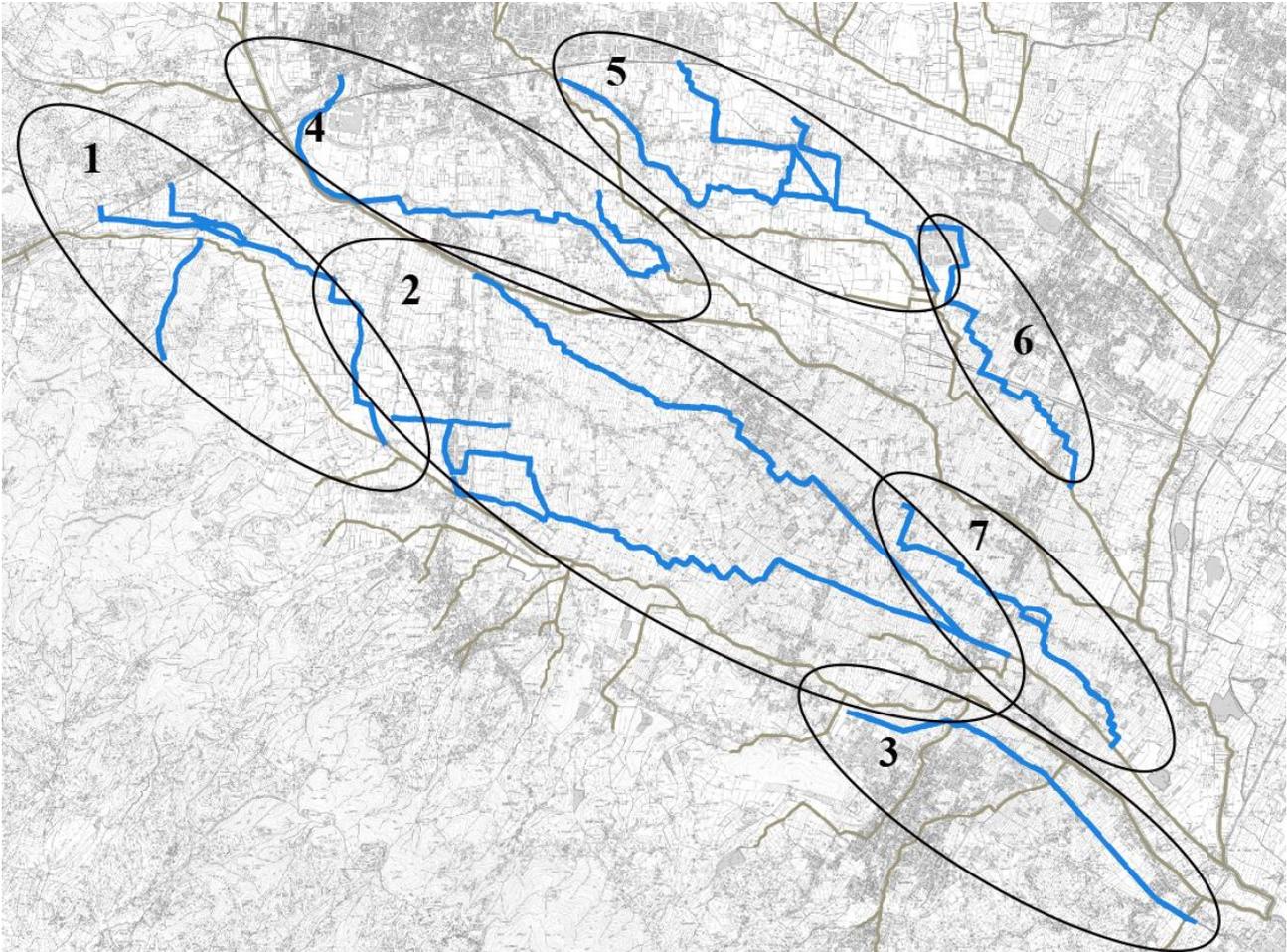


FIGURA 70 – VISTA D'INSIEME DEI MODELLI ELABORATI

7.1 RICOSTRUZIONE DELLA GEOMETRIA DEI MODELLI

Il modello idraulico è stato ricostruito con schema monodimensionale (1D) per l'alveo e bidimensionale (2D) per le aree a campagna potenzialmente interessate dalle esondazioni. Le opere idrauliche quali le casse di espansione sono state modellate come *2D flow area* del caso dell'opera in destra al Fosso della senice e come *Storage area* nel caso delle casse in destra del Fosso dell'Acqualunga in località Chiodo e della cassa in destra alla Dogaia dei Quadrelli in località Olmi.



FIGURA 71 - CASSA DI ESPANSIONE IN SPONDA DESTRA DEL FOSSO DELLA SENICE MODELLATA COME 2D FLOW AREA

7.2 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DEL MODELLO IDRAULICO

Nell'ambito della costruzione del modello di calcolo sono stati poi definiti i parametri idraulici relativi agli elementi che costituiscono il modello. Di seguito si riportano i valori dei principali parametri che sono stati utilizzati quali: coefficienti di scabrezza per l'alveo, coefficienti di scabrezza per le aree a campagna, coefficienti di stramazzo per gli sfioratori laterali e metodi di deflusso per i ponti. I valori dei coefficienti di scabrezza sono stati definiti sulla base dello stato dei luoghi. I restanti parametri sono stati assunti in base alle scelte e soluzioni modellistiche adottate.

Coefficienti di scabrezza in alveo

I valori dei coefficienti di scabrezza (n di Manning) dell'alveo dei corsi d'acqua analizzati sono stati assegnati in modo uniforme su tutte le aste oggetto di studio a eccezione di:

Nel dettaglio i valori assegnati alle sezioni idrauliche dei corsi d'acqua studiati, a eccezione di quelli sopra elencati, sono di seguito riportati:

- $0.030 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ per l'alveo principale;
- $0.035 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ per le sponde;
- $0.025 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ per i manufatti in cls.

Coefficienti di scabrezza per le aree a campagna

La definizione dei coefficienti di scabrezza della pianura alluvionale è stata effettuata in prima istanza utilizzando i valori riportati nella pubblicazione "Calibration of 2D hydraulic inundation models in the floodplain region of the lower Tagus River (Pestana et al.). In caso di assenza dei valori di scabrezza di alcuni codici, non contemplati nel citato studio, si è utilizzato i valori riportati nella pubblicazione

“A segmentation and classification approach of IKONOS-2 imagery for land cover mapping to assist flood risk and flood damage assessment” (C.J. Van Der Sande, S.M. De Jong, A.P.J. De Roo - International Journal of applied earth observation and geoinformation, 2003).

Eventuali ulteriori lacune di scabrezze riferite ai codici Corinne mancanti sono state colmate tramite l'utilizzo dei dati riportati nella pubblicazione “Flooding assessment under sea level rise scenarios: Ria de Aveiro case” (Lopez, Azevedo, Dias - Journal of coastal research, 2013).

USO DEL SUOLO	Codice CORINE	Manning n
Tessuto Urbano continuo	111	0.230
Tessuto Urbano discontinuo	112	0.12
Aree industriali o commerciali	121	0.23
Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori	122	0.038
Aeroporti	124	0.230
Discariche	132	0.115
Cantieri	133	0.115
Aree ricreative e sportive	142	0.023
Seminativi in aree non irrigue	211	0.043
Seminativi in aree irrigue	212	0.043
Risaie	213	0.023
Vigneti	221	0.043
Frutteti e coltivazioni di piccoli frutti	222	0.043
Oliveti	223	0.043
Prati Stabili	231	0.298
Colture temporanee associate a colture permanenti	241	0.043
Sistemi colturali e particellari complessi	242	0.023
Aree con colture agrarie e spazi naturali importanti	243	0.058
Aree agro-forestali	244	0.058
Boschi di latifoglie	311	0.230
Boschi di conifere	312	0.127
Boschi misti	313	0.230
Aree a pascolo naturale e praterie	321	0.039
Brughiere e cespuglieti	322	0.058
Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione	324	0.058
Spiagge, dune e sabbie	331	0.138
Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti	332	0.104
Aree scarsamente vegetate	333	0.104
Aree percorse da incendi	334	0.104
Paludi interne	411	0.045
Corsi d'acqua, canali e idrovie	511	0.035
Bacini d'acqua	521	0.035

TABELLA 6 - COEFFICIENTI DI SCABREZZA PER LA PROPAGAZIONE DEI VOLUMI ESONDATI SUL PIANO CAMPAGNA (DA CALIBRATION OF 2D HYDRAULIC INUNDATION MODELS IN THE FLOODPLAIN REGION OF THE LOWER TAGUS RIVER , PESTANA ET AL.)

Coefficienti di scabrezza per la propagazione dei volumi esondati sul piano campagna (da Calibration of 2D hydraulic inundation models in the floodplain region of the lower Tagus River , Pestana et al.)

USO DEL SUOLO	Codice CORINE	Manning n
Strade e viabilità	141	0.013

TABELLA 7- COEFFICIENTI DI SCABREZZA PER LA PROPAGAZIONE DEI VOLUMI ESONDATI SUL PIANO CAMPAGNA (DA A SEGMENTATION AND CLASSIFICATION APPROACH OF IKONOS-2 IMAGERY FOR LAND COVER MAPPING TO ASSIST FLOOD RISK AND FLOOD DAMAGE ASSESSMENT)

USO DEL SUOLO	Codice CORINE	Manning n
Saline	422	0.035
Aree portuali	123	0.085

TABELLA 8- COEFFICIENTI DI SCABREZZA PER LA PROPAGAZIONE DEI VOLUMI ESONDATI SUL PIANO CAMPAGNA (DA CALIBRATION OF 2D HYDRAULIC INUNDATION MODELS IN THE FLOODPLAIN REGION OF THE LOWER TAGUS RIVER)

L'attribuzione dei coefficienti di scabrezza è stata fatta mediante la procedura di Hec Ras "Land Cover to Manning's n" con cui associare a ciascuna cella 2D il corrispettivo codice Corine, e da questo il relativo valore di scabrezza secondo Manning, in modo da descrivere fedelmente le effettive condizioni di deflusso della pianura.

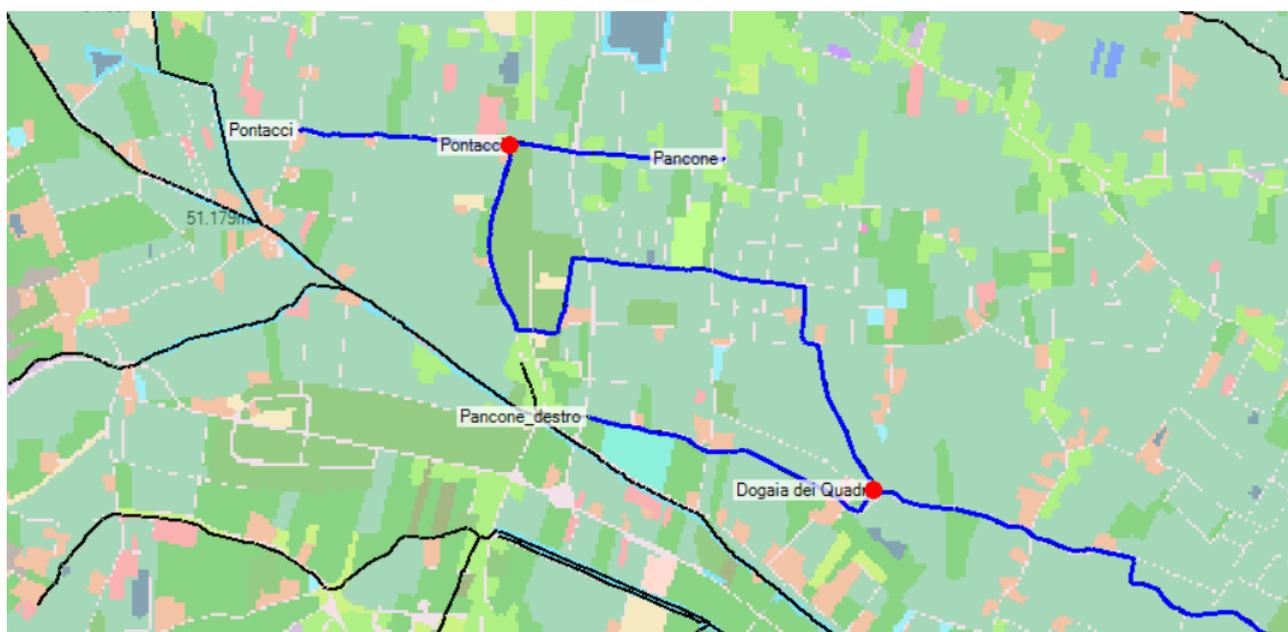


FIGURA 72 - ESEMPIO DI ASSOCIAZIONE DEI VALORI DI SCABREZZA SECONDO MANNING DELLA PIANURA TRAMITE IL RELATIVO CODICE CORINE EFFETTUATO TRAMITE HEC RAS

Coefficienti di stramazzo per gli sfioratori laterali

I valori dei "Weir Coefficient" relativi agli stramazzi delle "Lateral Structure" sono stati scelti sulla base dell'effettiva conformazione del territorio e/o delle strutture modellate seguendo la tabella del manuale del software HEC-RAS 6.4.1 riportata di seguito.

What is being modeled with the Lateral Structure	Description	Range of Weir Coefficients
Levee/Roadway – 3ft or higher above natural ground	Broad crested weir shape, flow over levee/road acts like weir flow	1.5 to 2.6 (2.0 default) SI Units: 0.83 to 1.43
Levee/Roadway – 1 to 3 ft elevated above ground	Broad crested weir shape, flow over levee/road acts like weir flow, but becomes submerged easily.	1.0 to 2.0 SI Units: 0.55 to 1.1
Natural high ground barrier – 1 to 3 ft high	Does not really act like a weir, but water must flow over high ground to get into 2D flow area.	0.5 to 1.0 SI Units: 0.28 to 0.55
Non elevated overbank terrain. Lat Structure not elevated above ground	Overland flow escaping the main river.	0.2 to 0.5 SI Units: 0.11 to 0.28

TABELLA 9. RIEPILOGO DEI VALORI DEI WEIR COEFFICIENT

Nel dettaglio sono stati assunti i valori compresi tra un minimo di 0.2 (in S.I. units), laddove il corso d'acqua si presenta completamente incassato con i cigli di sponda pressappoco alla quota del piano campagna adiacente ed un massimo di 1.1 (in S.I. units), laddove il corso d'acqua presenta delle arginature di altezza superiore a 1 m che potrebbero creare due livelli differenti tra quello in alveo e quello a campagna.

Metodi di deflusso per i ponti

Per la schematizzazione del comportamento idraulico dei ponti sono stati utilizzati sia il metodo dell'energia che quello della pressione a seconda dell'effettivo funzionamento, selezionando il primo nei casi di viadotti con quote dell'impalcato estremamente superiori ai livelli in alveo.

Per i ponti sono stati inoltre utilizzati i coefficienti di contrazione/espansione suggeriti dal manuale di HEC-RAS, pari a rispettivamente a 0.3 e 0.5 ad esclusione dei ponti dove non ci sono restringimenti per i quali sono stati mantenuti i valori di riferimento per le sezioni fluviali pari a 0.1 e 0.3.

Alcuni ponti sono stati modellati mediante assegnazione di un "Lid" alle sezioni di monte e di valle del manufatto. Tale schematizzazione è stata utilizzata per ponti con quote dell'impalcato estremamente superiori ai livelli in alveo o in condizioni geometriche del corso d'acqua estremamente complicate che comportavano instabilità di calcolo.

7.3 CONDIZIONI AL CONTORNO DI VALLE

Come già descritto al paragrafo 5, per le condizioni al contorno di valle delle "acque basse" nella prima fase si è adottato *Normal Depth* per tutti i 7 sottosistemi, mentre, dopo aver ottenuto i valori di portata dalle simulazioni delle "acque alte" nella seconda fase state adottate le condizioni di "Stage Hydrograph" laddove vi è interazione diretta tra le "acque alte" e le "acque basse".

8 PERIMETRAZIONE AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA E MAGNITUDO IDRAULICA

Sulla base della carta delle aree allagabili con indicazione dei battenti e delle velocità, redatte come precedentemente indicato, è stata elaborata la carta della pericolosità idraulica ai sensi della classificazione del PGRA e della L.R. 41/18, ossia individuando le aree a pericolosità idraulica P3 (corrispondente a scenari per alluvioni frequenti definiti con riferimento al tempo di ritorno non inferiore a 30 anni, vedi definizioni art.2 comma 1 lett. a della L.R. 41/18), P2 (corrispondente a scenari per alluvioni poco frequenti definiti con riferimento al tempo di ritorno non inferiore a 200 anni, vedi definizioni art.2 comma 1 lett. b della L.R. 41/18) e P1 (pericolosità da alluvione bassa, corrispondente ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale, vedi art.6 comma 1 della Disciplina di Piano del PGRA).

Per come è costruito, il modello idraulico, che è basato su LIDAR con maglia 1 x 1 m, restituisce nelle zone di frangia delle aree allagabili una sorta di "sfrangiatura di pixel" con valori di battente molto bassi, dovuto alla tolleranza di calcolo del modello. Per completezza nelle carte dei battenti sono riportati integralmente i risultati dell'output idraulico sotto forma di grid, compresa questa sfrangiatura. Nel passaggio da battenti a pericolosità è stato effettuato un processo di "smoothing" del dato, in modo da eliminare pixel distaccati dal corpo delle esondazioni o pixel isolati. Allo stesso modo si è cercato di eliminare "l'effetto isola" all'interno delle aree inondate, salvo veri alti morfologici, al fine di dare un continuum alla forma dell'esondazione, attribuendo pertanto a queste aree la classe di pericolosità dell'area limitrofa. Pertanto la carta della pericolosità idraulica è stata ricostruita, come detto, partendo dalla carta delle aree allagabili per eventi con Tr 30 e 200 anni, applicando i seguenti criteri operativi:

- Inserimento all'interno delle aree a pericolosità idraulica anche delle aree che, in base al modello di calcolo non risultano allagate, ma che presentano estensione "limitata", si trovano in condizioni morfologiche simili alle aree limitrofe, sono posizionate in prossimità di tracimazione spondale/arginale ed inoltre, in caso di evento alluvionale, sono difficilmente accessibili o in certi casi inaccessibili e pertanto soggette, anche se indirettamente, ad una condizione di pericolo per aspetti idraulici. E' stato deciso di operare cautelativamente con questa modalità anche per tener conto dei limiti ed incertezze delle modellazione quali ad esempio le imprecisioni insite nel DTM di riferimento.
- "Sfrangiature" e "regolarizzazioni" lungo le situazioni di bordo che risultano sui limiti esterni delle aree allagabili in particolare nelle zone dove sono presenti bassi battenti, fosse/fossetti e/o in caso di situazioni topografiche particolari.
- Esclusione delle aree che risultano inserite tra quelle allagate con battenti dell'ordine di pochi cm solo in corrispondenza delle fosse campestri esistenti.

In riferimento a quelle aree che non risultano allagate in base al modello idraulico di calcolo ma che, per le motivazioni sopra esposte, sono state perimetrate all'interno delle aree a pericolosità idraulica P3 o P2, in sede di stesura delle norme tecniche di attuazione degli strumenti urbanistici, si suggerisce di indicare una delle seguenti modalità per "assegnare" il franco di sicurezza idraulico da tenere a riferimento nella progettazione degli interventi:

1. franco univocamente stabilito in 30 cm a prescindere dalle zone e dai contesti;

2. franco determinato dal tecnico incaricato della progettazione dell'intervento edilizio in base a valutazioni topografiche specifiche ed in considerazione dei battenti di allagamento che risultano per le aree limitrofe/circostanti.

Per quanto concerne infine la ricostruzione della carta della magnitudo idraulica definita ai sensi della L.R. 41/18, l'elaborazione è stata sviluppata con i seguenti criteri:

- limiti esterni delle aree a magnitudo coincidenti con i perimetri delle aree a pericolosità idraulica P2;
- definizione della magnitudo tramite modo "diretto" in GIS, senza quindi operare modifiche "manuali", secondo il seguente algoritmo, basato sulla L.R. 41/2018;
 - magnitudo idraulica moderata: valori di battente inferiore o uguale a 0,5 metri e velocità inferiore o uguale a 1 metro per secondo (m/s);
 - magnitudo idraulica severa: valori di battente inferiore o uguale a 0,5 metri e velocità superiore a 1 metro per secondo (m/s) oppure battente superiore a 0,5 metri e inferiore o uguale a 1 metro e velocità inferiore o uguale a 1 metro per secondo (m/s);
 - magnitudo idraulica molto severa: battente superiore a 0,5 metri e inferiore o uguale a 1 metro e velocità superiore a 1 metro per secondo (m/s) oppure battente superiore a 1 metro.

Sono allegate alla presente relazione idraulica IDR.00 le seguenti carte:

- IDR.01 – Battenti Tr 30 anni (inviluppo tutte le durate)
- IDR.02 - Battenti Tr 200 anni (inviluppo tutte le durate)
- IDR.03 – Velocità Tr 200 anni (inviluppo tutte le durate)
- IDR.04 – Magnitudo idraulica
- IDR.05 – Pericolosità idraulica
- IDR.06 – Reticolo di Studio

Vista la dimensione delle elaborazioni sono consegnate a parte, su supporto digitale dedicato, i modelli idraulici, gli shapefiles e le grid significative.