



Comune di Montale

Provincia di Pistoia

SINDACO E
ASSESSORE ALL'URBANISTICA
Ferdinando Betti

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Simona Fioretti

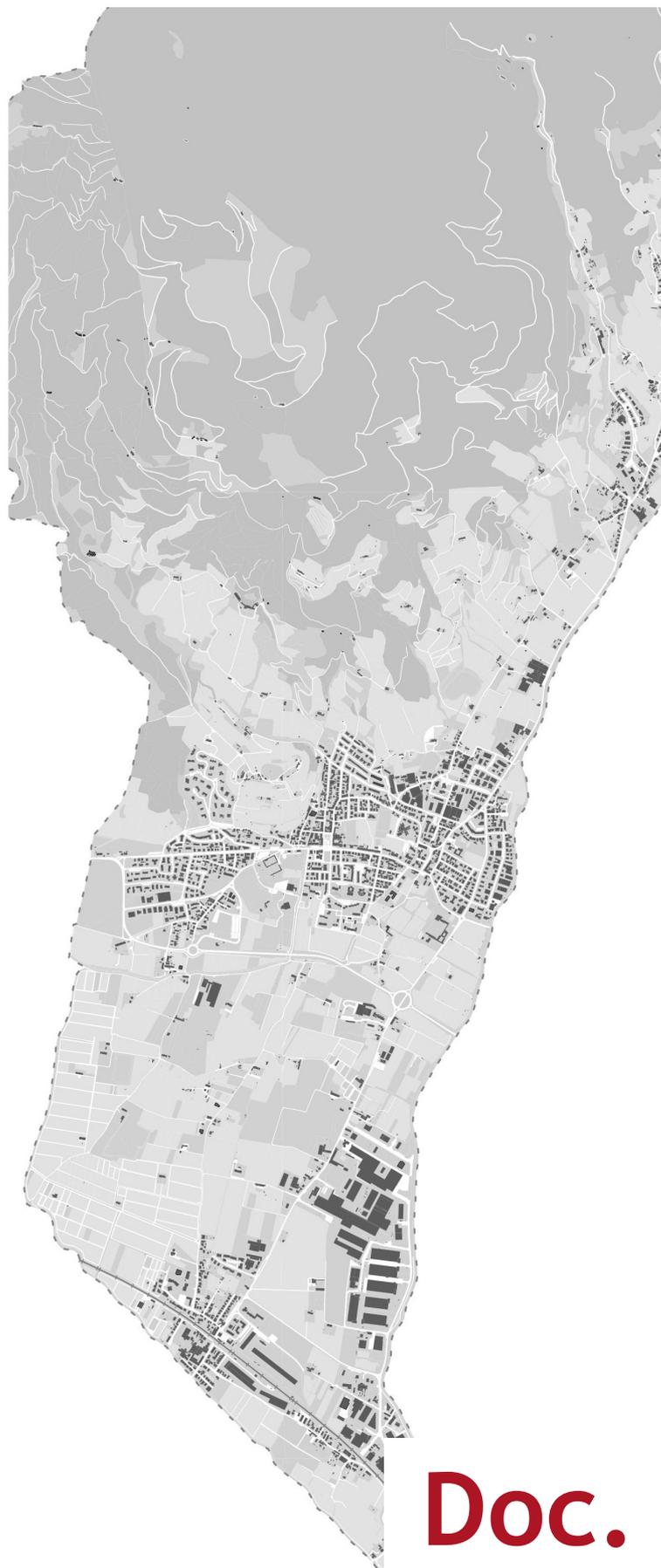
GARANTE DELL'INFORMAZIONE
E DELLA PARTECIPAZIONE
Paola Petruzzi

piano strutturale quadro conoscitivo

Relazione idraulica

PROGETTO URBANISTICO
E REDAZIONE DI VAS E VINCA
progettista incaricato
Riccardo Luca Breschi
con
Andrea Giraldi
Luca Agostini

STUDI GEOLOGICI E
IDROLOGICI E IDRAULICI
Gaddo Mannori
con
Simone Galardini



Doc. I

Sommario

Premessa.....	2
1. Riferimento alla normativa	2
2. Estensione dello studio idraulico, corsi d’acqua analizzati e modellistica utilizzata	3
3. Torrente Settola	5
4. Torrente Bure.....	17
5. Fosso della Badia	18
6. Torrente Agna	25
7. Definizione della pericolosità e della magnitudo idraulica.....	27

Relazione idraulica

Premessa

Con Determina n. 183 del 25/03/2021 è stato affidato a D.R.E.Am. Italia l'incarico per la predisposizione degli studi idraulici a supporto della redazione del nuovo Piano Strutturale, finalizzato ad aggiornare le carte di pericolosità idraulica nelle aree del territorio comunale in cui non vi è corrispondenza tra strumenti urbanistici comunali e P.G.R.A. I rilievi necessari alle modellazioni idrauliche sono stati condotti da D.R.E.Am. Italia mediante strumentazione GPS di alta precisione e resi congruenti con il dato Lidar mediante appoggio sul grigliato IGM.

Per quanto riguarda la redazione dello studio, il coordinamento generale, le analisi e la mappatura di pericolosità e magnitudo idraulica sono stati curati dall'Ing. Simone Galardini, con il contributo dell'Ing. Chiara Chiostrini e dell'Ing. Federico Orlandini; gli studi geologici sono stati invece condotti da dallo Studio Mannori & Associati Geologia Tecnica, ai cui elaborati si rimanda per maggiori dettagli.

Come successivamente descritto lo studio è composto in parte da nuove modellazioni idrauliche (T. Settola e Fosso della Badia nella parte di monte), con propagazione dei volumi esondati con modello bidimensionale, in parte ricorrendo a studi già validati (Fosso Badia nella parte di valle, con inserimento della cassa d'espansione realizzata e collaudata – esondazioni T.Bure modello quasi 2-D Autorità di Distretto Appennino Settentrionale) ed in parte mediante propagazione 2D degli sfiori di destra del T.Agna, derivanti dal modello idraulico del P.O. di Montemurlo di recente approvazione e messi a disposizione dall'Ing. David Settesoldi. I corsi d'acqua analizzati sono quelli inseriti nel reticolo di cui alla L.R. 79/2012 e smi, e che risultino significativi per lo scenario di pericolosità idraulica.

1. Riferimento alla normativa

Il presente studio fa riferimento al D.P.G.R. 30/01/2020 n. 5/R che detta le regole per la formazione e l'adeguamento degli strumenti urbanistici ai fini della prevenzione dal rischio geologico, idraulico e sismico. Per la conduzione degli studi si è fatto riferimento anche alla L.R. 41/2018 e smi, che individua gli scenari di pericolosità e la zonazione in classi di magnitudo idraulica. Gli studi condotti portano ad un nuovo scenario di pericolosità idraulica, così come definito nella Tav. I04, che viene proposta quale revisione della carta di pericolosità idraulica del P.G.R.A. dell'Autorità di Distretto dell'Appennino Settentrionale. Per le parti di territorio non oggetto di modellazione si è confermata la pericolosità idraulica del P.G.R.A. vigente.

2. Estensione dello studio idraulico, corsi d'acqua analizzati e modellistica utilizzata

Il dominio dello studio idraulico ha un'estensione di circa 6.0 km² ed è delimitato ad Est dall'argine del Torrente Agna, a Sud da quello del Torrente Bure, ad Ovest dal Torrente Settola ed a Nord dalle propaggini collinari che sovrastano l'abitato di Montale.



Figura 1 - Vista dell'area di interesse per lo studio idraulico (Fonte Google Earth)

Si riporta qui di seguito i corsi d'acqua che sono stati analizzati e che hanno concorso alla definizione dello scenario di pericolosità idraulica, descrivendo per ciascuno di essi la modellistica utilizzata, e che viene maggiormente dettagliata nel seguito della trattazione.

- T. Settola: per il T. Settola si è provveduto ad effettuare una nuova simulazione idraulica, con schema di moto vario nel canale e 2D per la propagazione dei volumi esondati, nel tronco compreso fra il guado di Via Croce di Vizzano (circa 200 m a monte di esso) fino alla confluenza con il T. Bure, i cui livelli sono stati utilizzati come condizione al contorno;

- Fosso della Badia: nel tratto di monte, compreso fra Via Fonti di Bronia e Via Enrico Berlinguer, visto che il Fosso della Badia risulta quasi completamente tombato si è provveduto ad effettuare una simulazione con il software S.W.M.M., con propagazione 2D dei volumi esondati dai singoli nodi della rete. Nel tratto di valle, compreso fra Via Berlinguer e la confluenza con il T. Bure, si è utilizzato il modello idraulico con schema di moto vario accoppiato 2D realizzato dagli scriventi per la progettazione della cassa d'espansione e validato dagli Enti competenti. Come condizione al contorno di valle del modello S.W.M.M. si è utilizzato i livelli idrici derivanti dal modello di valle;
- Torrente Bure: per le esondazioni del T. Bure si è recepito il modello idraulico con schema quasi 2D dell'Autorità di Distretto dell'Appennino Settentrionale (ex Autorità di Bacino del Fiume Arno), relativamente alle APE in sinistra T.Bure. Per la determinazione dei battenti sono state effettuate operazioni in ambiente Qgis, con intersezione dei livelli Tr 30 e 200 anni nelle singole aree di potenziale esondazione con la quota topografica del terreno, ricavata dal Lidar maglia 1 x 1 m;
- Torrente Agna: per determinare le esondazioni del T.Agna in destra idraulica verso Montale è stato acquisito il modello realizzato dall'Ing. David Settesoldi a supporto del nuovo P.O. di Montemurlo, di recente approvazione; gli idrogrammi di sfioro derivanti dal T.Agna sono stati inseriti nell'esatto punto di sormonto e propagati sul piano campagna con modellistica puramente 2D in ambiente Hec-Ras. In corrispondenza dell'abitato di Fognano è stata riproposta la perimetrazione della pericolosità idraulica del P.G.R.A. vigente.

Le aree campite in tratteggio rosso nella Tav. I04 Carta della pericolosità idraulica sono contraddistinte da una pericolosità P3 nel P.G.R.A. vigente; questa pericolosità deriva da studi pregressi e riguarda esondazioni dal Fosso dei Mulini. Ad oggi il Fosso dei Mulini è stato tolto dal Reticolo Idrografico di cui alla L.R. 79/2012 e smi e pertanto ai sensi della L.R. 41/2018 e smi e del Regolamento 5/R non è stato oggetto di studi idraulici, con conseguente deperimetrazione della pericolosità per le sue competenze.

E' stato comunque assunto un criterio prudenziale per queste aree, potenzialmente soggette a criticità derivanti dal reticolo campestre e minuto, con introduzione della salvaguardia di cui all'articolo 6 comma 6 delle N.T.A..

3. Torrente Settola

Il Torrente Settola attraversa il Comune di Montale con direzione prevalente nord-sud. È affluente del Torrente Bure in destra orografica, ed il suo bacino idrografico alla confluenza è di circa 6.5 kmq.

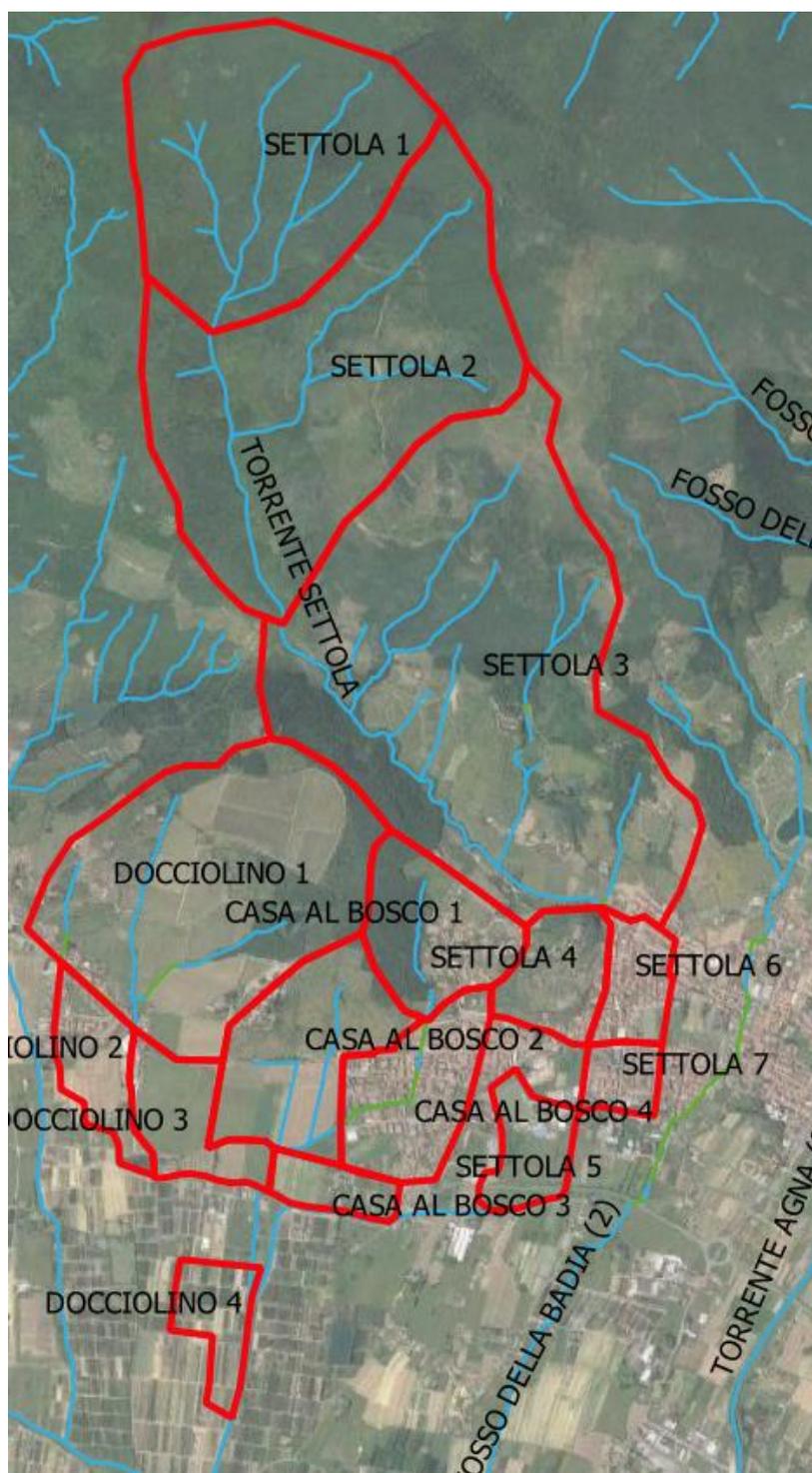


Figura 2 - Torrente Settola e relativi sottobacini per la schematizzazione idrologica

La tabella seguente riporta le principali caratteristiche del corso d'acqua studiato e dei relativi sottobacini, fino alla confluenza con il Torrente Bure.

Bacini	A (km2)	L (km)	Hmax	Hmin	i	iB
CASA AL BOSCO1	0.25	0.68	170.00	84.00	0.07	0.13
CASA AL BOSCO2	0.35	0.74	133.00	58.00	0.06	0.10
CASA AL BOSCO3	0.08	0.40	64.00	57.00	0.02	0.02
SETTOLA1	0.92	1.10	700.00	320.00	0.30	0.35
SETTOLA2	1.17	1.80	650.00	190.00	0.23	0.26
SETTOLA3	1.81	1.40	600.00	97.00	0.30	0.36
SETTOLA4	0.15	0.43	158.00	83.00	0.13	0.17
SETTOLA5	0.05	0.34	75.00	69.00	0.01	0.02
DOCCIOLINO1	0.96	0.88	232.00	65.00	0.11	0.19
DOCCIOLINO2	0.14	0.29	73.00	60.00	0.02	0.04
DOCCIOLINO3	0.16	0.29	70.00	57.00	0.03	0.04
DOCCIOLINO4	0.11	0.26	55.00	52.50	0.01	0.01
SETTOLA6	0.11	0.41	103.00	83.00	0.02	0.05
SETTOLA7	0.07	0.31	84.00	78.00	0.01	0.02
CASA AL BOSCO4	0.26	0.54	115.00	61.00	0.03	0.10

Tabella 1 – Caratteristiche morfologiche dei sottobacini del corso d'acqua

I parametri morfologici dei bacini sono stati ricavati dalle Carte Tecniche Regionali della Regione Toscana.

È stata seguita una modellazione idrologica, che ha previsto una schematizzazione della trasformazione degli afflussi in deflussi superficiali con il metodo del Curve Number per lo studio della propagazione delle piene. L'analisi idrologica, implementata tramite il software HEC-HMS, è stata svolta con riferimento agli eventi caratterizzati da tempi di ritorno di 30 e 200 anni.

L'analisi idrologica è stata condotta tenendo conto delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSPP) aggiornate, fino all'anno 2012, dall'Università di Firenze (Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale) nell'ambito dell'accordo di collaborazione con la Regione Toscana di cui alla DGRT 1133/2012. I parametri delle LSPP aggiornate sono disponibili e consultabili al link <http://www.sir.toscana.it/lsp-2012>.

Le curve di possibilità pluviometrica definiscono i parametri dell'espressione monomia per l'altezza di precipitazione:

$$h=a t^n$$

dove h è l'altezza di precipitazione espressa in mm, t è la durata di pioggia ed a e n sono i parametri caratteristici delle curve. Per la determinazione dei parametri a ed n è stata utilizzata la spazializzazione fornita dalla regione toscana ed è stata effettuata una media pesata sulle altezze di pioggia, ottenendo i valori medi sotto riportati.

	a	n
Tr = 200 anni	74.98546	0.352376
Tr = 30 anni	50.80910345	0.332881

Tabella 2 – Parametri della curva di possibilità pluviometrica

Da un punto di vista di andamento temporale dell'intensità di precipitazione gli eventi pluviometrici sono stati schematizzati con ietogrammi di tipo rettangolare.

Per la determinazione dei deflussi netti corrispondente allo scorrimento superficiale dei bacini si è utilizzato il metodo del Curve Number (CN) del Soil Conservation Service. Il metodo si basa sul concetto che il flusso superficiale è nullo fino al raggiungimento di un valore di soglia di infiltrazione iniziale I_a , da letteratura tecnica legata alla capacità di ritenzione potenziale S dalla relazione:

$$I_a = 0.2 \cdot S$$

dove S è definita dall'espressione:

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \text{ [mm]}$$

Il parametro adimensionale Runoff Curve Number può variare tra 0 e 100 ed è funzione del tipo di copertura vegetale, della tessitura del terreno, dell'uso del suolo e del grado di saturazione. Si è fatto quindi riferimento al gruppo idrologico USDA (A: suoli con deflusso superficiale basso, B: suoli con deflusso superficiale moderatamente basso, C: suoli con deflusso superficiale moderatamente alto, D: suoli con deflusso superficiale alto) grazie alla cartografia resa disponibile dal Geoscopio della Regione Toscana (Figura 3).

È stato poi analizzato l'uso del suolo sulla cartografia della Regione Toscana che riporta i valori del codice Corine Land cover (Figura 4).

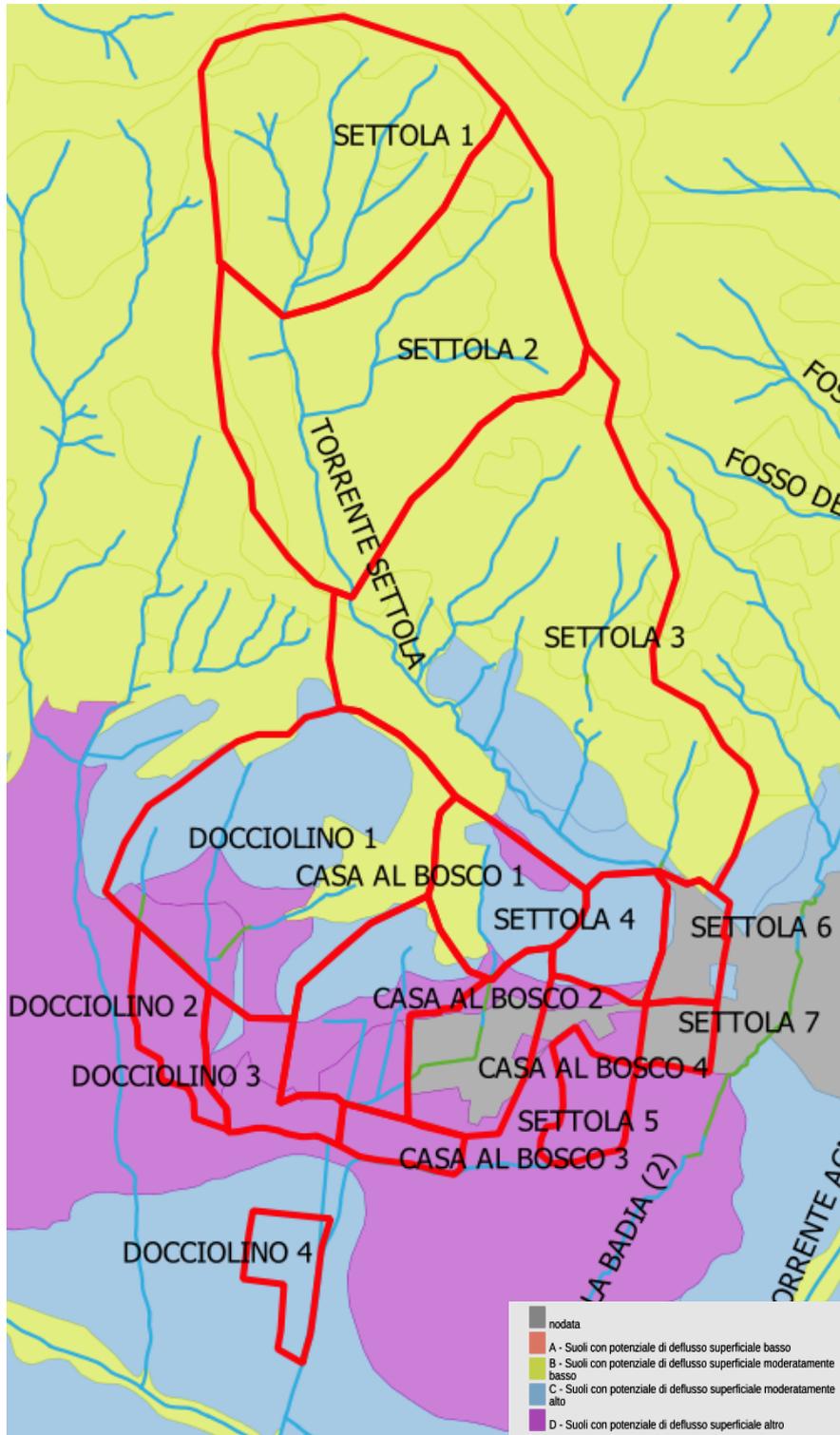


Figura 3 – Carta dei gruppi idrologici USDA

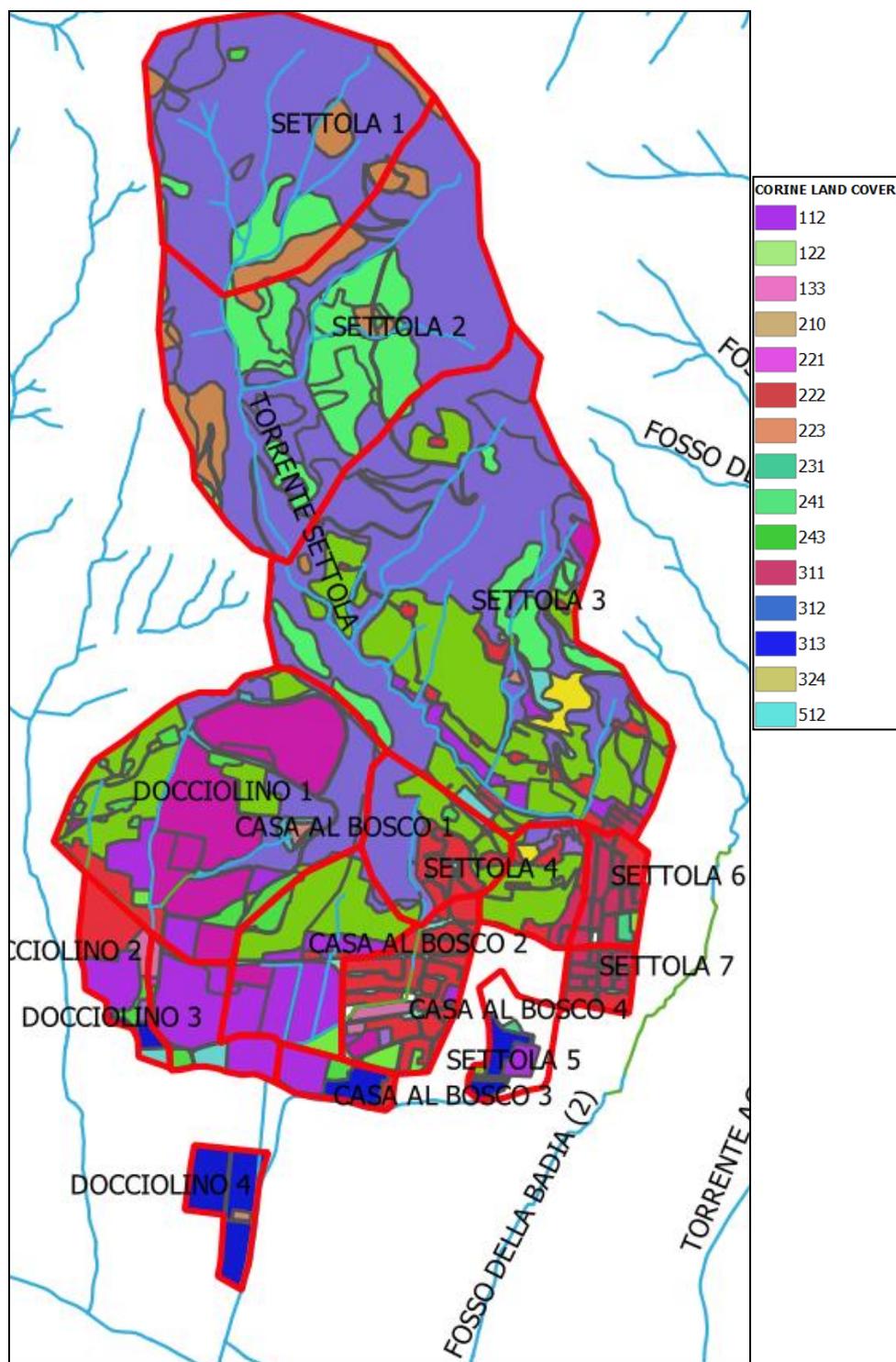


Figura 4 – Uso del suolo Corine Land Cover

Ad ogni codice CORINE è associato un valore di CN, in sono riportati i valori riferiti ad una condizione media di umidità del terreno antecedente l'evento di pioggia considerato (AMC II: Antecedent Moisture Condition Classe II). Tale tabella è stata ricavata dal documento "Modellazione idrologica caso pilota. Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC Addendum:

Parametrizzazione HMS" del novembre 2014, predisposto nell'ambito dell'Accordo di collaborazione scientifica tra Regione Toscana e Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze per attività di ricerca per la mitigazione del rischio idraulico nella Regione Toscana.

Codice CORINE	CN(A)	CN (B)	CN (C)	CN (D)
111	89	92	94	95
112	77	85	90	92
121	81	88	91	93
122	98	98	98	98
123	98	98	98	98
124	98	98	98	98
131	76	85	89	91
133	77	86	91	93
141	49	69	79	84
142	68	79	86	89
210	61	73	81	84
211	61	73	81	84
212	67	78	85	89
213	62	71	78	81
221	76	85	90	93
222	43	65	76	82
223	43	65	76	82
231	49	69	79	84
241	61	73	81	84
242	61	73	81	84
243	61	73	81	84
244	43	65	76	82
311	36	60	73	79
312	36	60	73	79
313	36	60	73	79
321	49	69	79	84
322	49	69	79	84
323	35	56	70	77
324	35	56	70	77
331	46	65	77	82
332	96	96	96	96
333	63	77	85	88
334	63	77	85	88
335	98	98	98	98
411	98	98	98	98
412	98	98	98	98
421	98	98	98	98
422	98	98	98	98
423	98	98	98	98
511	98	98	98	98
512	98	98	98	98
521	98	98	98	98
522	98	98	98	98
523	98	98	98	98

Tabella 3 – Parametri CN relativi alla classe II di umidità per le quattro classi litologiche e per i vari tipi di uso del suolo. Fonte: Regione Toscana

Bacino	CN II	CN I	CN III
CASA AL BOSCO1	73	54	86
CASA AL BOSCO2	81	65	91
CASA AL BOSCO3	85	71	93
SETTOLA1	48	29	62
SETTOLA2	49	29	63
SETTOLA3	60	39	72
SETTOLA4	80	64	90
SETTOLA5	85	70	93
DOCCIOLINO1	79	62	90
DOCCIOLINO2	88	77	95
DOCCIOLINO3	86	72	93
DOCCIOLINO4	82	66	91
SETTOLA6	94	88	97
SETTOLA7	95	88	98
CASA AL BOSCO4	92	84	96

Tabella 4 – Valori del CN per ciascun sottobacino

Le classi AMC, che esprimono la condizione di umidità del suolo e fanno riferimento alla sua capacità di filtrazione relativamente all'ammontare di pioggia nei 5 giorni antecedenti l'evento:

Classe AMC	Precipitazione nei 5 giorni precedenti [mm]	
	Stagione di riposo	Stagione di crescita
1	<13	<36
2	13-28	36-54
3	>28	>54

Tabella 5 – Classi AMC

La classe AMC identifica le condizioni di saturazione del suolo nel suo strato superficiale nei giorni precedenti l'evento pluviometrico; il valore è considerato basso quando c'è stata poca precipitazione ed alto quando una considerevole quantità di pioggia è caduta nei cinque giorni precedenti all'evento.
Ai fini modellistici ed a favor di cautela si è utilizzato il CN III.

Ai fini della trasformazione afflussi-deflussi la valutazione del tempo di corrivazione è stata effettuata mediando i valori che si ottengono da molteplici formulazioni impiegate in letteratura:

– formula di Ventura:

$$T_c = 0.127 \left(\frac{A}{i_B} \right)^{0.5}$$

- formula di Kirpich:

$$T_c = 0.0003257 \frac{L^{0.77}}{i_B^{0.385}}$$

- formula di Pasini:

$$T_c = 0.108 \frac{(AL)^{0.33}}{i^{0.5}}$$

- formula di Pezzoli:

$$T_c = 0.055 \frac{L}{i^{0.5}}$$

- formula di Ferro:

$$T_c = 0.675 A^{0.5}$$

dove A è la superficie del Bacino in km², L la lunghezza dell'asta principale in km, i la pendenza media del corso d'acqua, i_B la pendenza media del bacino. Si riportano i valori dei tempi di corrivazione ottenuti dalle varie formule con i dati relativi alle caratteristiche geomorfologiche del bacino riportati in *Tabella 1*.

Bacino	Ventura	Pasini	Ferro	PIN1	PIN2	Tc (h)
CASA AL BOSCO1	0.18	0.22	0.34	0.19	0.27	0.24
CASA AL BOSCO2	0.24	0.29	0.40	0.21	0.32	0.29
CASA AL BOSCO3	0.27	0.28	0.19	0.11	0.15	0.20
SETTOLA1	0.21	0.20	0.65	0.31	0.51	0.38
SETTOLA2	0.28	0.30	0.76	0.51	0.60	0.49
SETTOLA3	0.29	0.27	0.92	0.40	0.73	0.52
SETTOLA4	0.12	0.12	0.26	0.12	0.21	0.17
SETTOLA5	0.21	0.23	0.15	0.10	0.12	0.16
DOCCIOLINO1	0.29	0.31	0.66	0.25	0.52	0.41
DOCCIOLINO2	0.22	0.29	0.25	0.08	0.20	0.21
DOCCIOLINO3	0.24	0.22	0.27	0.08	0.21	0.21
DOCCIOLINO4	0.43	0.34	0.22	0.07	0.18	0.25
SETTOLA6	0.19	0.26	0.22	0.12	0.18	0.19
SETTOLA7	0.24	0.38	0.18	0.09	0.14	0.21
CASA AL BOSCO4	0.21	0.31	0.34	0.15	0.27	0.26

Tabella 6 – Tempi di corrivazione

Si sono quindi effettuate le modellazioni con ietogramma di forma rettangolare, con trasformazione afflussi deflussi con idrogramma SCS, per la durata di precipitazione di 1, 2, 3 e 6 ore. Si riportano di seguito i valori di portata ottenuti per i diversi tempi di ritorno e per le durate di pioggia considerate.

Vengono riportati i valori ottenuti a monte dell'abitato di montale (sezione di chiusura sull'attraversamento del guado di Via Croce di Vizzano) e alla confluenza col Torrente Bure.

Portate di picco, guado Via Croce di Vizzano [m ³ /s]				
	Tp 1h	Tp 2h	Tp 3h	Tp 9h
TR200	22.2	28.1	27.8	23.7
TR30	7.4	11.5	10.8	10.5

Tabella 7: Portate di picco alla sezione di chiusura sul guado di Via Croce di Vizzano

Portate di picco, confluenza Torrente Bure [m ³ /s]				
	Tp 1h	Tp 2h	Tp 3h	Tp 9h
TR200	64.3	60.1	58.1	49.4
TR30	37.3	33.2	30.2	25.6

Tabella 8 - Portate di picco alla confluenza con Torrente Bure

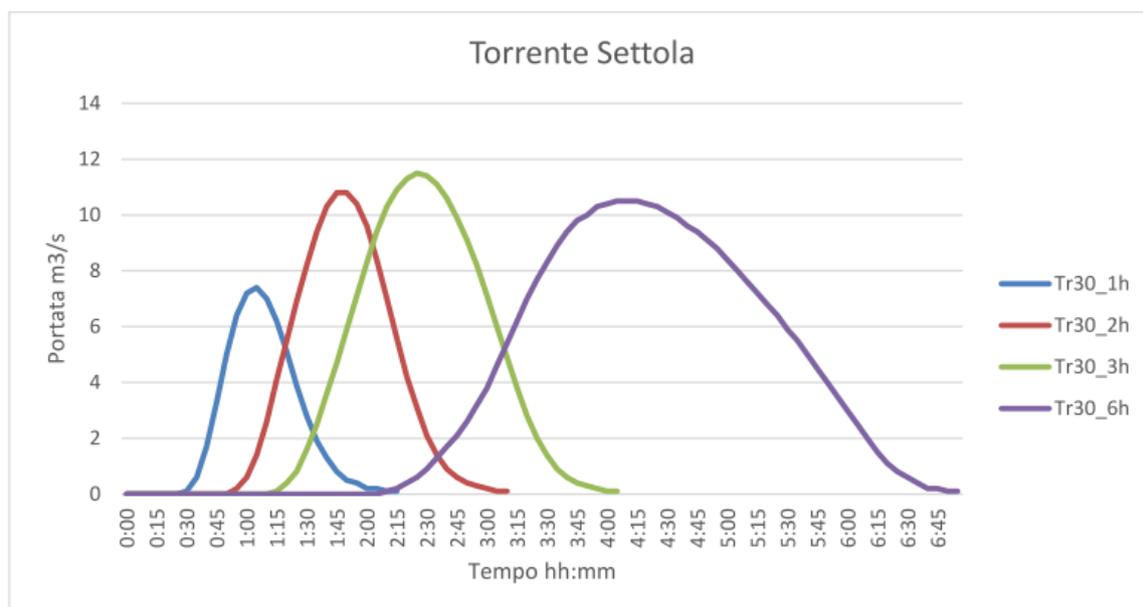


Figura 5 – Idrogrammi Torrente Settola alla sezione di chiusura sul guado di Via Croce di Vizzano per TR 200 anni

Le verifiche idrauliche sono state realizzate con un modello accoppiato di tipo monodimensionale all'interno del canale e puramente bidimensionale per la propagazione dei volumi esondati sul piano campagna, implementato con il software HEC RAS 6.0, che è un modello fisicamente basato in grado di conservare e distribuire i volumi d'acqua in base all'effettiva morfologia e topografia del territorio analizzato. Lo schema di moto all'interno del canale è di tipo unidimensionale non stazionario (moto vario), risolto mediante integrazione numerica delle equazioni di De Saint Venant; le arginature od i cigli di sponda sono rappresentati mediante sfioratori longitudinali (Lateral Structures) che, nell'evenienza in cui il livello liquido raggiunga la sommità arginale, trasferiscono il volume esondato sul territorio, per la sua propagazione con schema di moto bidimensionale, che è risolto mediante

l'integrazione numerica delle equazioni del moto, espressa come equazione dell'onda dinamica completa, e di conservazione del volume:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h V_x}{\partial x} = i$$

$$S_{fx} = S_{0x} - \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{V_x \partial V_x}{g \partial x} - \frac{1}{g} \frac{\partial V_x}{\partial t}$$

dove:

- h: tirante idrico;
- V_x : componente lungo x della velocità media;
- i: intensità dell'eccesso di pioggia;
- S_{fx} : componente lungo x del gradiente delle perdite di carico per attrito (da equazione di Manning);
- S_{0x} : pendenza del piano campagna.

L'interfaccia 1D-2D è di tipo bidirezionale, ovvero consente la propagazione da e verso il canale, ovviamente in base alle condizioni topografiche e dei livelli idraulici di monte e valle. La costruzione del modello digitale del terreno è realizzata mediante l'utilizzo di punti georeferenziati di coordinate x,y,z a partire dei dati altimetrici Lidar, forniti dal volo della Regione Toscana. La definizione dei coefficienti di scabrezza è stata fatta distinguendo il moto nei canali e quello nella piana alluvionale. Per quanto riguarda il primo caso si sono assunti i seguenti valori di scabrezza:

Tipologia	Scabrezza n (Manning)
Canale principale	0.035
Sommità spondale	0.065
Manufatti in cls	0.020

Tabella 9 – Coefficienti di scabrezza per le verifiche del Torrente Settola

Sempre per quanto riguarda le verifiche in moto vario all'interno del canale principale si sono assunti i seguenti coefficienti di contrazione/espansione:

Tipologia	Coeff. Contrazione	Coeff. Espansione
Variazioni graduali di sezione	0.1	0.3
Brusche variazioni di sezione	0.3	0.5
Ponti e attraversamenti	0.3	0.5

Tabella 10 – Coefficienti di contrazione ed espansione

Relativamente alla simulazione degli attraversamenti, oltre ai coefficienti di contrazione ed espansione precedentemente riportati, si specifica che sono stati modellati tramite l'approccio pressure and/or weir, per simularne anche il comportamento in pressione, mediante l'immissione di culvert aventi coefficienti di perdita per ingresso e uscita rispettivamente pari a 0.5 e 1 e Manning pari a 0.02.

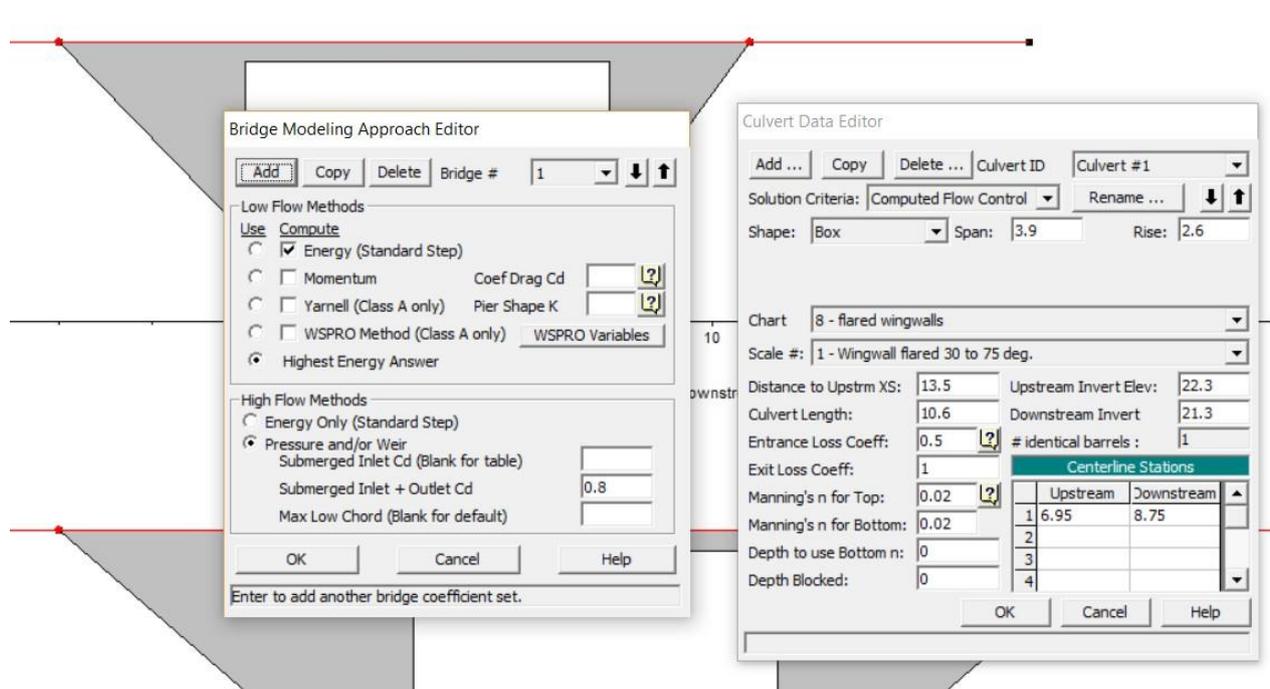


Figura 6 - Modellazione dei ponti e attraversamenti

Come condizione al contorno di monte è stato imposto l'idrogramma di piena, mentre per la condizione al contorno di valle è stato imposto lo stage hydrograph (andamento dei livelli) del Torrente Bure, con dati forniti dall'Autorità di Distretto Appennino Settentrionale.

Per la definizione della geometria delle sezioni è stato realizzato uno specifico rilievo topografico nel mese di Maggio 2021; le sezioni topografiche sono state rilevate con metodologia GPS in coordinate WGS84 che sono state successivamente appoggiate ed adattate al grigliato IGM in modo da renderle congruenti alle coordinate planimetriche e quote altimetriche del LIDAR.

Le simulazioni sono state condotte per eventi con tempo di ritorno 30 e 200 anni, con riferimento alle durate di pioggia di 1, 2, 3 e 6 ore; si è provveduto successivamente a processare i dati in ambiente Qgis, mediante involuppo delle singole durate, in modo da determinare i massimi livelli di allagamento derivanti dal Torrente Agha.

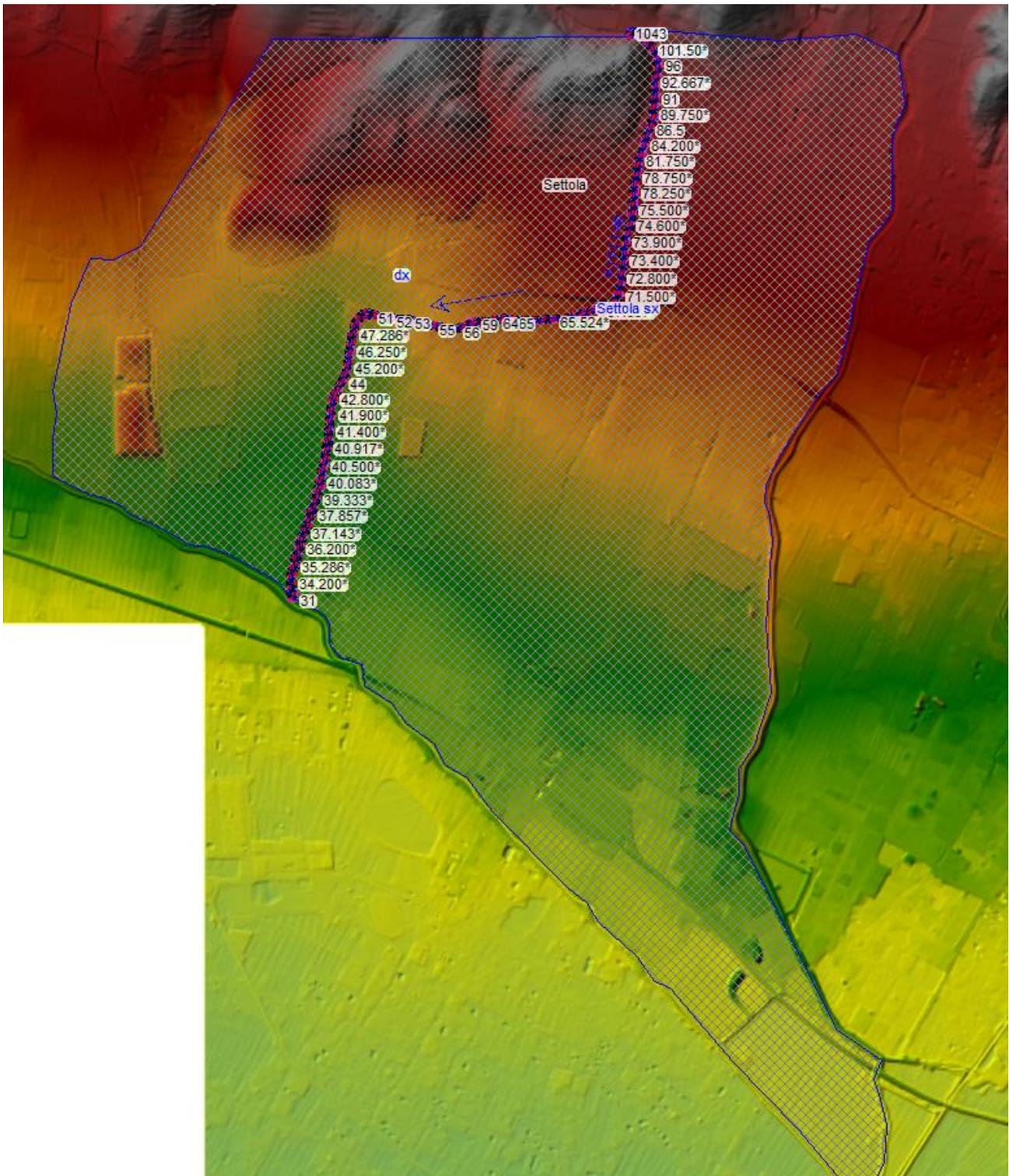


Figura 7 – Modello 2D implementato in ambiente HEC-RAS per il T. Settola. La mesh di calcolo delle aree 2D è pari a 5 x 5 m

4. Torrente Bure

Relativamente al Torrente Bure è stato acquisito e recepito il modello idraulico con schema quasi 2D dell’Autorità di Distretto dell’Appennino Settentrionale (ex Autorità di Bacino del Fiume Arno), relativamente alle APE in sinistra T.Bure. Per la determinazione dei battenti sono state effettuate operazioni in ambiente Qgis, con intersezione dei livelli Tr 30 e 200 anni nelle singole aree di potenziale esondazione con la quota topografica del terreno, ricavata dal Lidar maglia 1 x 1 m. Sulla cartografia è stato indicato il limite delle esondazioni del T. Bure per Tr 30 e 200 anni, in modo da delimitare il dominio di esondazioni del reticolo principale, se queste avvenissero non simultaneamente a quelle del reticolo secondario.

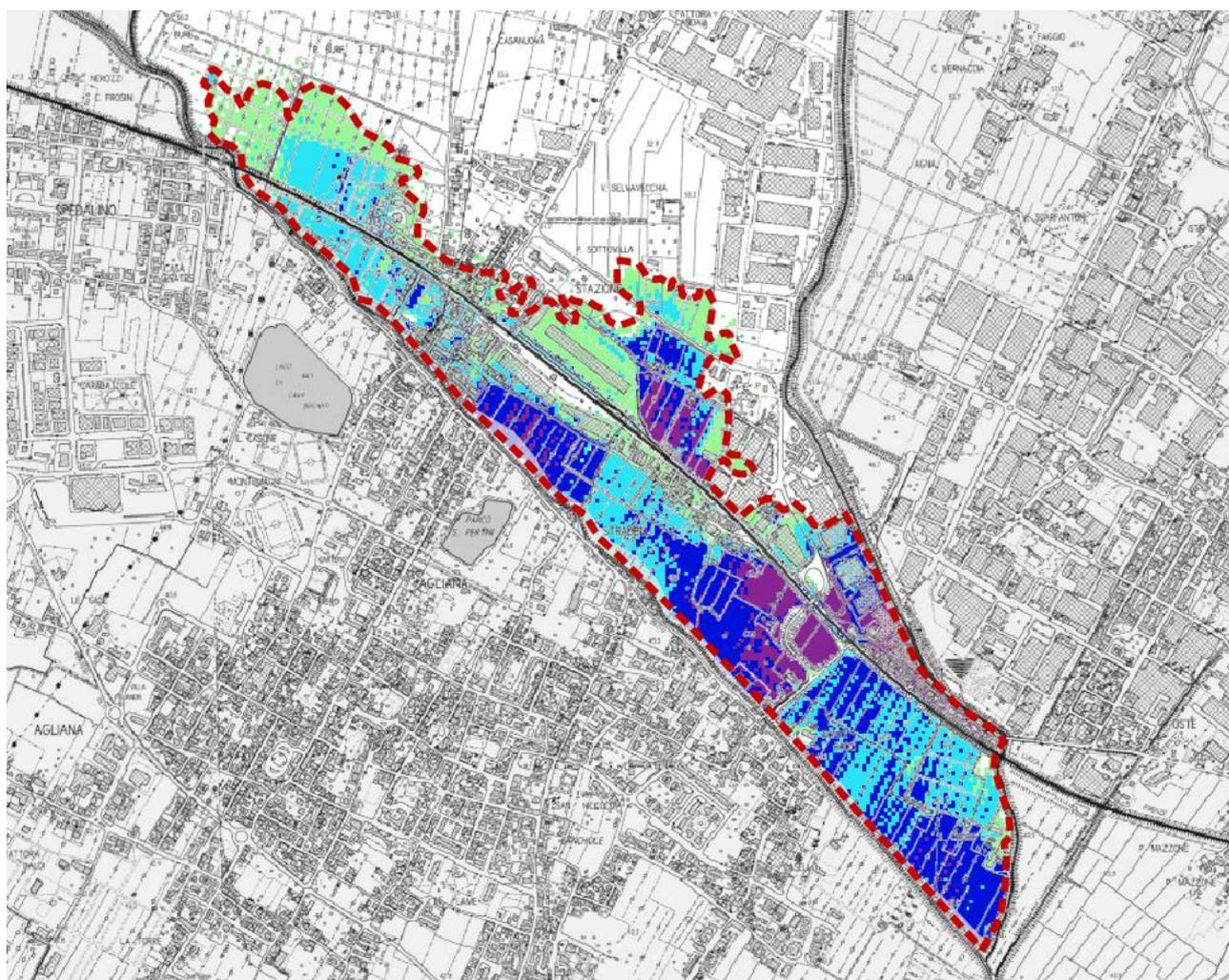


Figura 8 – Battenti Tr 30 anni T.Bure – modello Autorità di Distretto Appennino Settentrionale

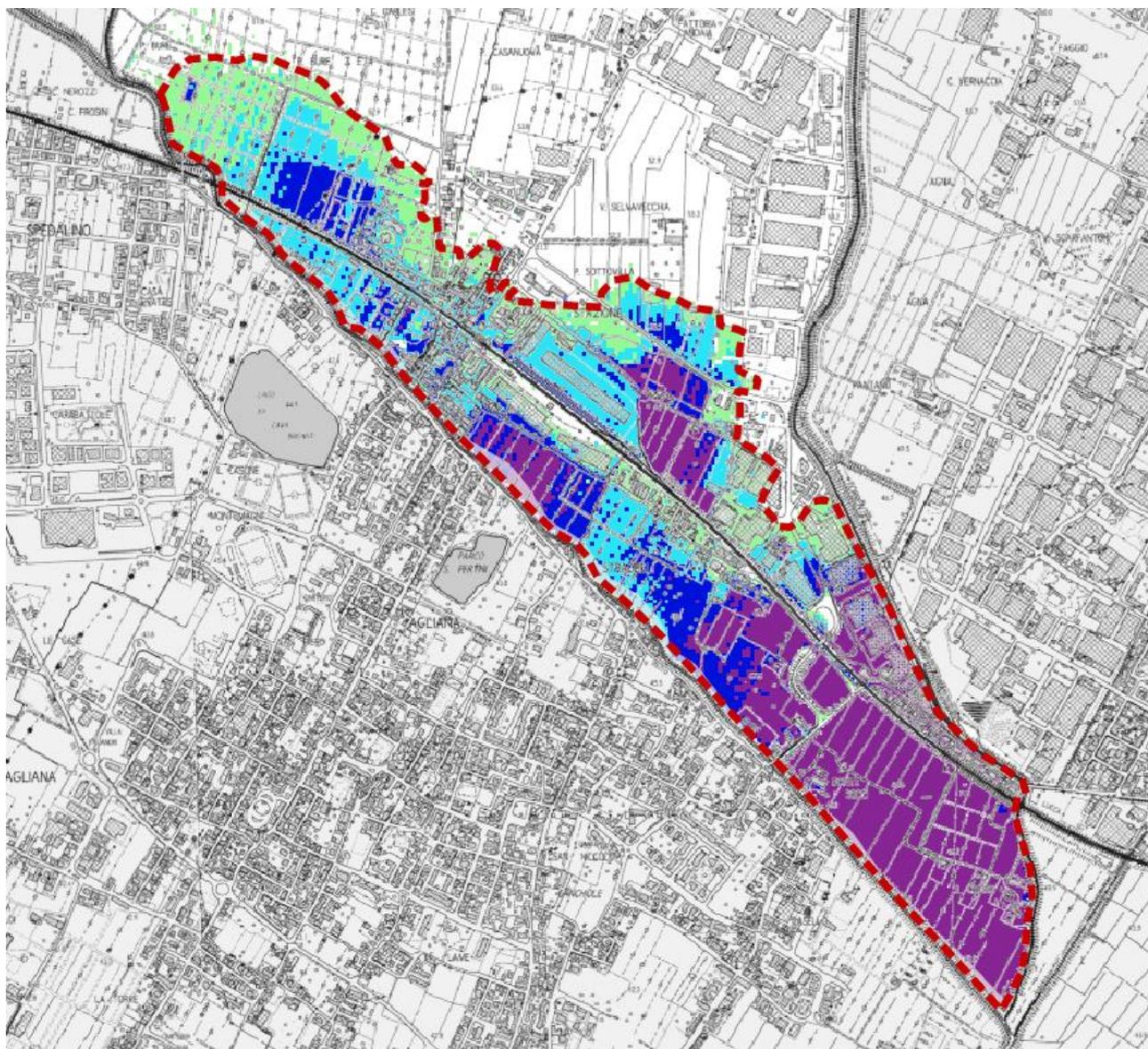


Figura 9 – Battenti Tr 200 anni T.Bure – modello Autorità di Distretto Appennino Settentrionale

5. Fosso della Badia

Il tratto di monte del Fosso della Badia, compreso fra Via Fonti di Bronia e Via Enrico Berlinguer, è caratterizzato prevalentemente da lunghi tombamenti e pertanto si è ritenuto opportuno effettuare una simulazione con il software S.W.M.M., con propagazione 2D dei volumi esondati dai singoli nodi della rete, le cui caratteristiche sono state rilevate puntualmente in termini di quote e caratteristiche geometriche.



Figura 10 – Tratti tombati del Fosso della Badia nella parte di monte, che giustificano l'utilizzo di un modello SWMM per la determinazione delle esondazioni

Il software SWMM (Storm Water Management Model) è stato concepito infatti per modellare in termini quantitativi le reti di drenaggio urbano, schematizzabili tramite un insieme di sottobacini, canali a cielo aperto e condotte che costituiscono il sistema di deflusso delle acque. La rete è idealizzata come una serie di rami, ciascuno associabile ad una forma geometrica, collegati tra loro in corrispondenza dei nodi. Le proprietà costanti associate ai rami sono il tipo di sezione, la lunghezza, la pendenza e la scabrezza; quelle determinate ad ogni passo di calcolo sono invece la portata, la velocità, l'area bagnata del flusso, il raggio idraulico e la larghezza del pelo libero; le ultime tre sono in funzione del livello idrico istantaneo. La variabile indipendente fondamentale nei rami è la portata Q , e si assume costante in ogni ramo durante un passo di calcolo. Velocità ed area bagnata del flusso, o livello, sono invece grandezze variabili nello stesso ramo. Le proprietà costanti associate ai nodi sono la quota

di scorrimento e la quota di immissione (od emissione) del ramo rispetto al fondo; quelle determinate ad ogni passo di calcolo e funzione del livello idrico nel nodo sono il volume, l'area superficiale libera e il carico idraulico H . La variabile indipendente fondamentale nei nodi è il carico idraulico, variabile nel tempo, ma costante nel singolo nodo durante un passo di calcolo. Gli afflussi e deflussi avvengono in corrispondenza dei nodi del sistema. La variazione di volume nel nodo durante un dato passo di calcolo costituisce la base per i calcoli seguenti di portata e carico idraulico. I nodi terminali della rete sono utilizzati per definire le condizioni al contorno.



Figura 11 – Modello SWMM implementato per il tratto di monte urbanizzato del Fosso della Badia

L'input idrologico è stato desunto dal modello generale del Fosso della Badia, utilizzato per la progettazione della cassa d'espansione a valle ed approvato dagli Enti preposti. Come condizione al contorno di valle del modello S.W.M.M. si è utilizzato i livelli idrici derivanti dal modello di valle, utilizzato per la progettazione della cassa d'espansione, che inizia subito a valle di Via Berlinguer. Gli

idrogrammi di esondazione derivanti dai singoli nodi della rete sono stati poi propagati con schema puramente 2D in Hec-Ras, con modello DTM basato sul Lidar, con mesh di calcolo 5 x 5 m.

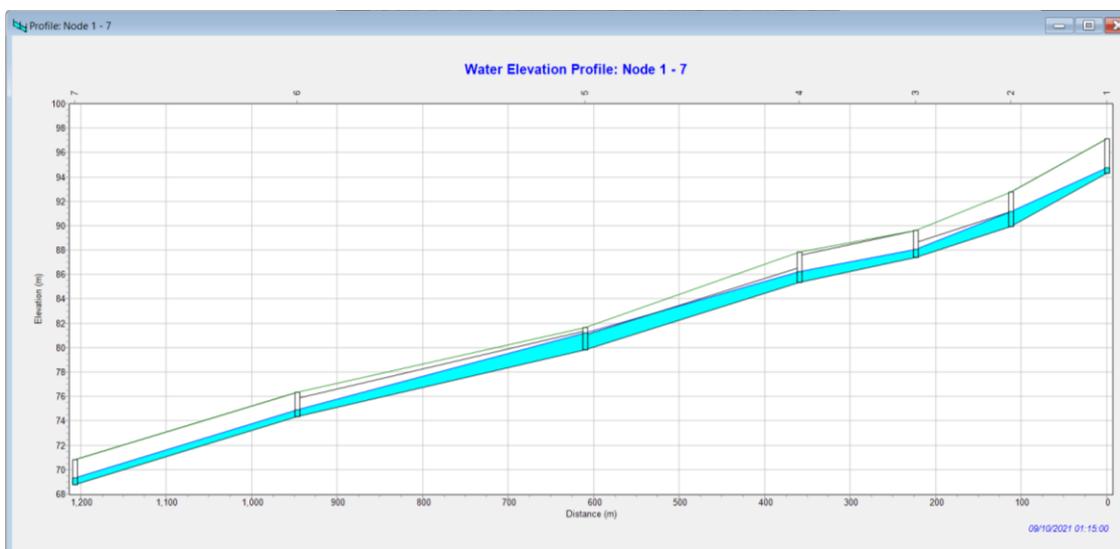


Figura 12 – Profilo liquido ricavato con modello SWMM implementato per il tratto di monte urbanizzato del Fosso della Badia per Tr 30 anni

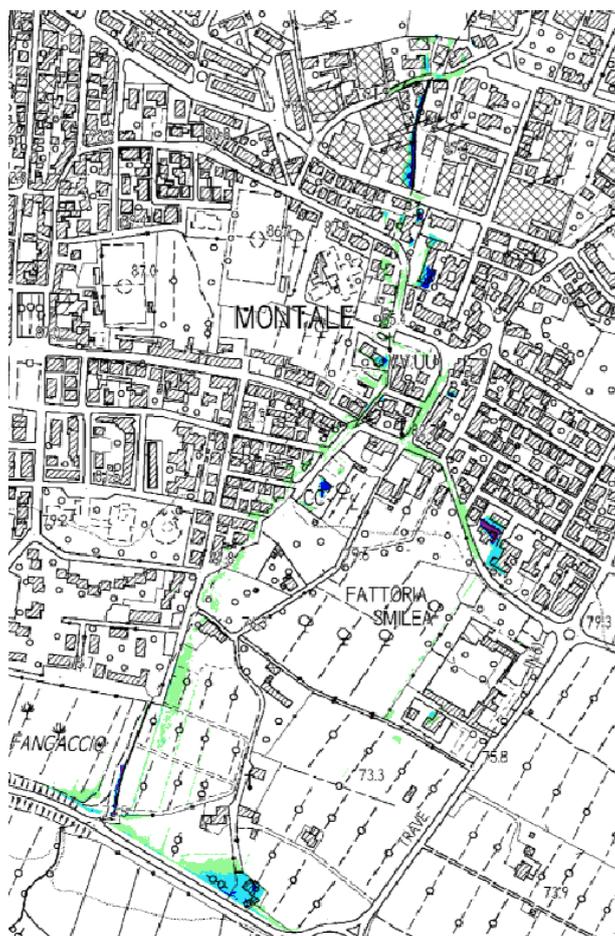


Figura 13 – Esondazioni Tr 30 anni Fosso Badia parte di monte, modello SWMM accoppiato con propagazione con schema 2D in ambiente Hec Ras

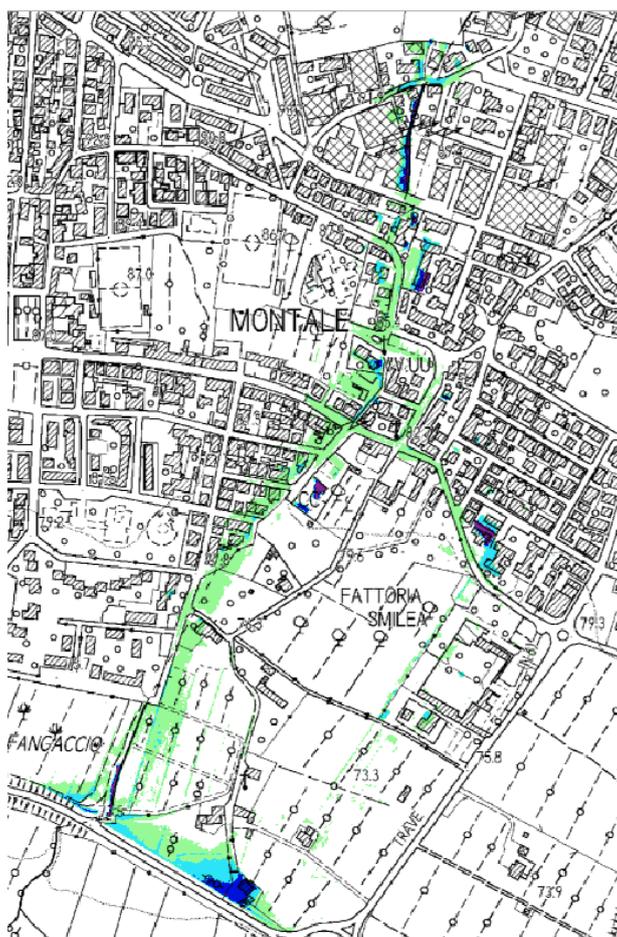


Figura 14 – Esondazioni Tr 200 anni Fosso Badia parte di monte, modello SWMM accoppiato con propagazione con schema 2D in ambiente Hec Ras

Per il tratto da Via Berlinguer alla confluenza con il T. Bure è stato utilizzato invece lo studio idrologico ed idraulico che ha condotto alla progettazione, realizzazione ed omologa della cassa d'espansione compresa fra Via Vecchia Compietra e Via Teresio Olivelli.

La realizzazione della cassa d'espansione ha avuto l'obiettivo di ridurre il rischio idraulico senza intervenire pesantemente sul territorio; l'opera risulta infatti a basso impatto ambientale, in quanto le operazioni di scavo sono state ridotte al minimo, così come il bilancio delle terre è risultato risulta pressochè in pareggio.

La cassa d'espansione sul Fosso della Badia è stata dimensionata ed ottimizzata per un evento con Tr 30 anni; portate eccedenti questa soglia vengono scaricate dallo sfioratore sommitale presente sopra la bocca tarata, per essere ricondotte al Fosso della Badia tramite un'area di calma presente a valle del manufatto di regolazione, che restituisce le acque al corso d'acqua tramite un canale a cielo aperto.

Il funzionamento per Tr 30 anni consente il transito a valle dell'opera di portate compatibili con le attuali sezioni idrauliche presenti. Per eventi con Tr 200 anni residuano esondazioni nel tronco a valle, ma di assai minor entità rispetto allo stato ante operam.

L'opera è stata realizzata in conformità al progetto approvato ed omologata dagli Enti Competenti.

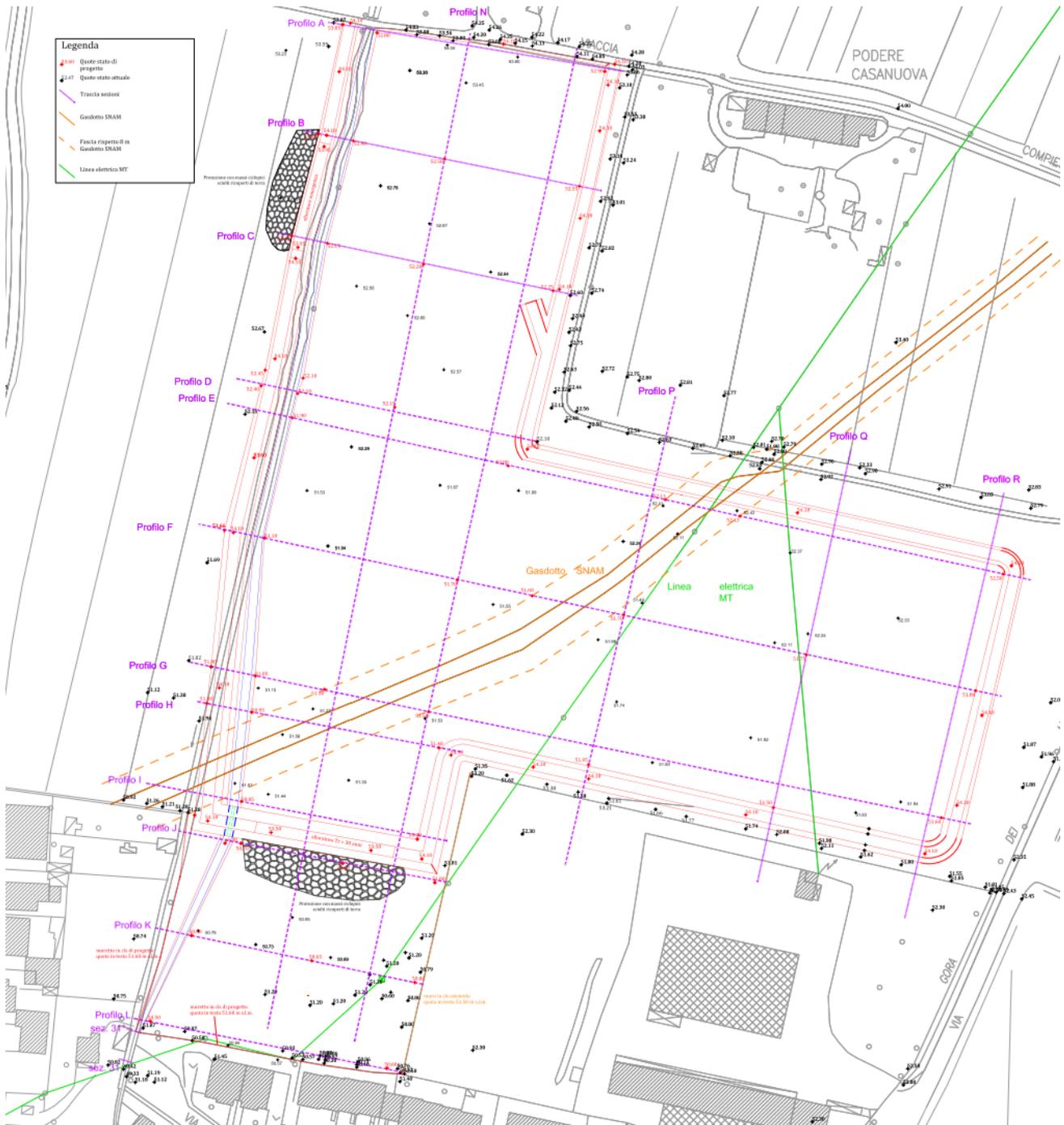


Figura 15 – Geometria di progetto della cassa d'espansione



Figura 16 – Cassa d'espansione sul Fosso della badia realizzata

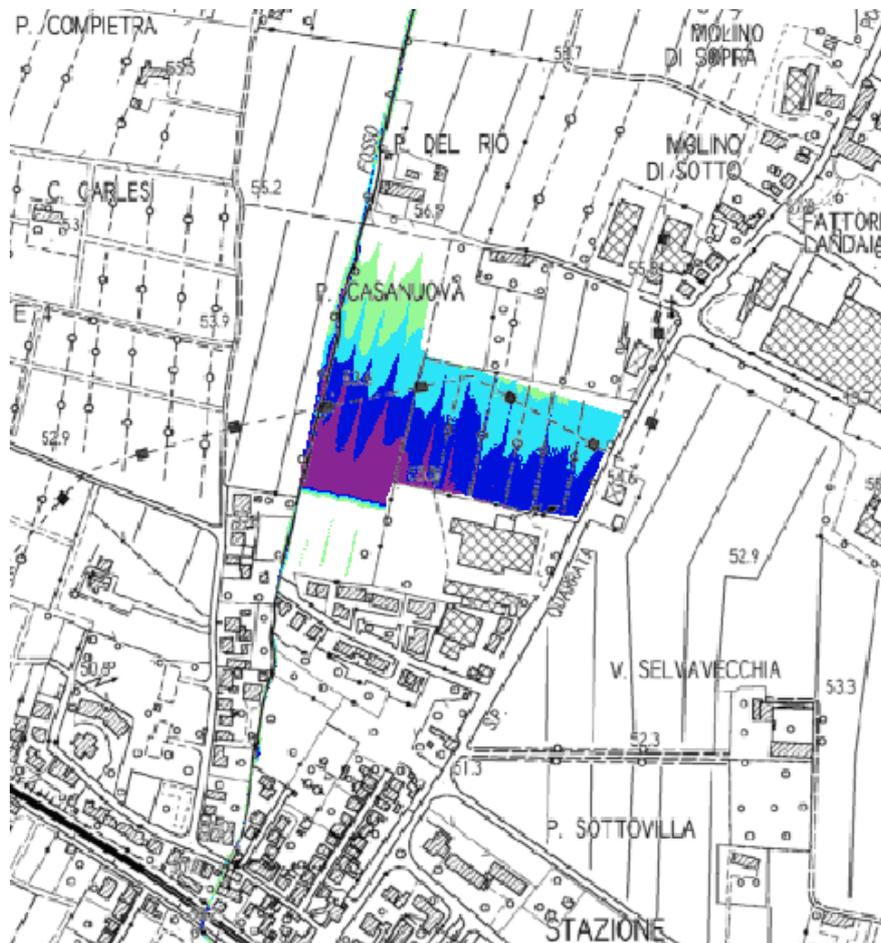


Figura 17 – Verifiche per Tr 30 anni del Fosso della Badia con la presenza della cassa d'espansione

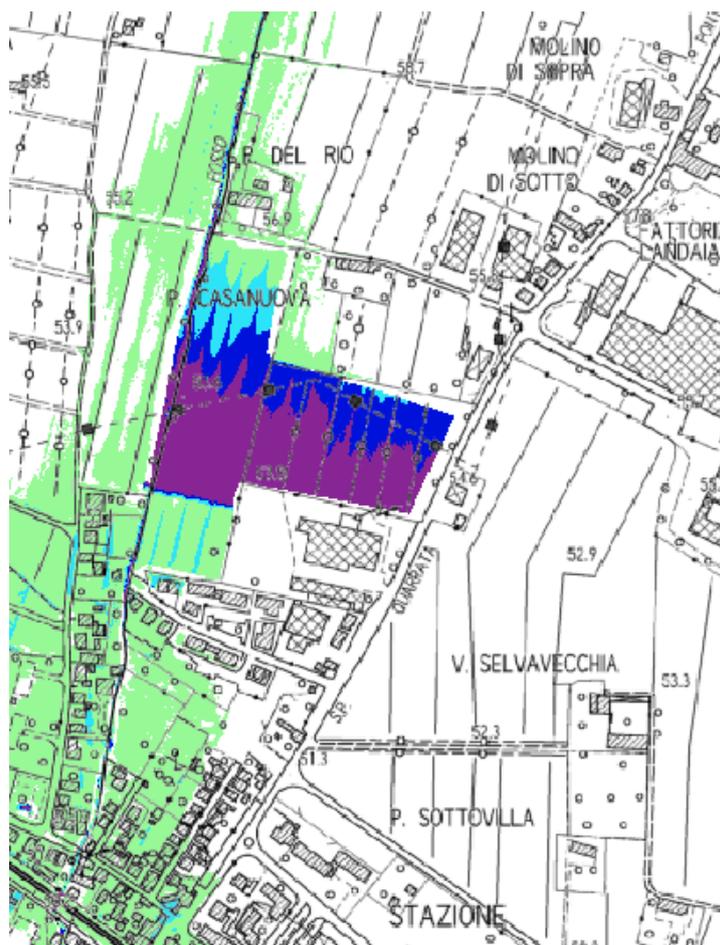


Figura 18 – Verifiche per Tr 200 anni del Fosso della Badia con la presenza della cassa d'espansione

6. Torrente Agna

Per determinare le esondazioni del T.Agna in destra idraulica verso Montale è stato acquisito il modello realizzato dall'Ing. David Settesoldi a supporto del nuovo P.O. di Montemurlo, di recente approvazione; gli idrogrammi di sfioro derivanti dal T.Agna sono stati inseriti nell'esatto punto di sormonto e propagati sul piano campagna con modellistica puramente 2D in ambiente Hec-Ras.

Per ogni singolo sfioratore è stato effettuato l'involuppo degli idrogrammi di esondazione per ogni durata analizzata (0,5, 1, 1,5, 2,5, 3,5, 5,5, 7,5 ore), propagando sul piano campagna l'idrogramma involupato. La mappa di esondazione ricavata rappresenta pertanto la situazione più cautelativa in termini di battenti.

In corrispondenza dell'abitato di Fognano è stata riproposta la perimetrazione della pericolosità idraulica del P.G.R.A. vigente.

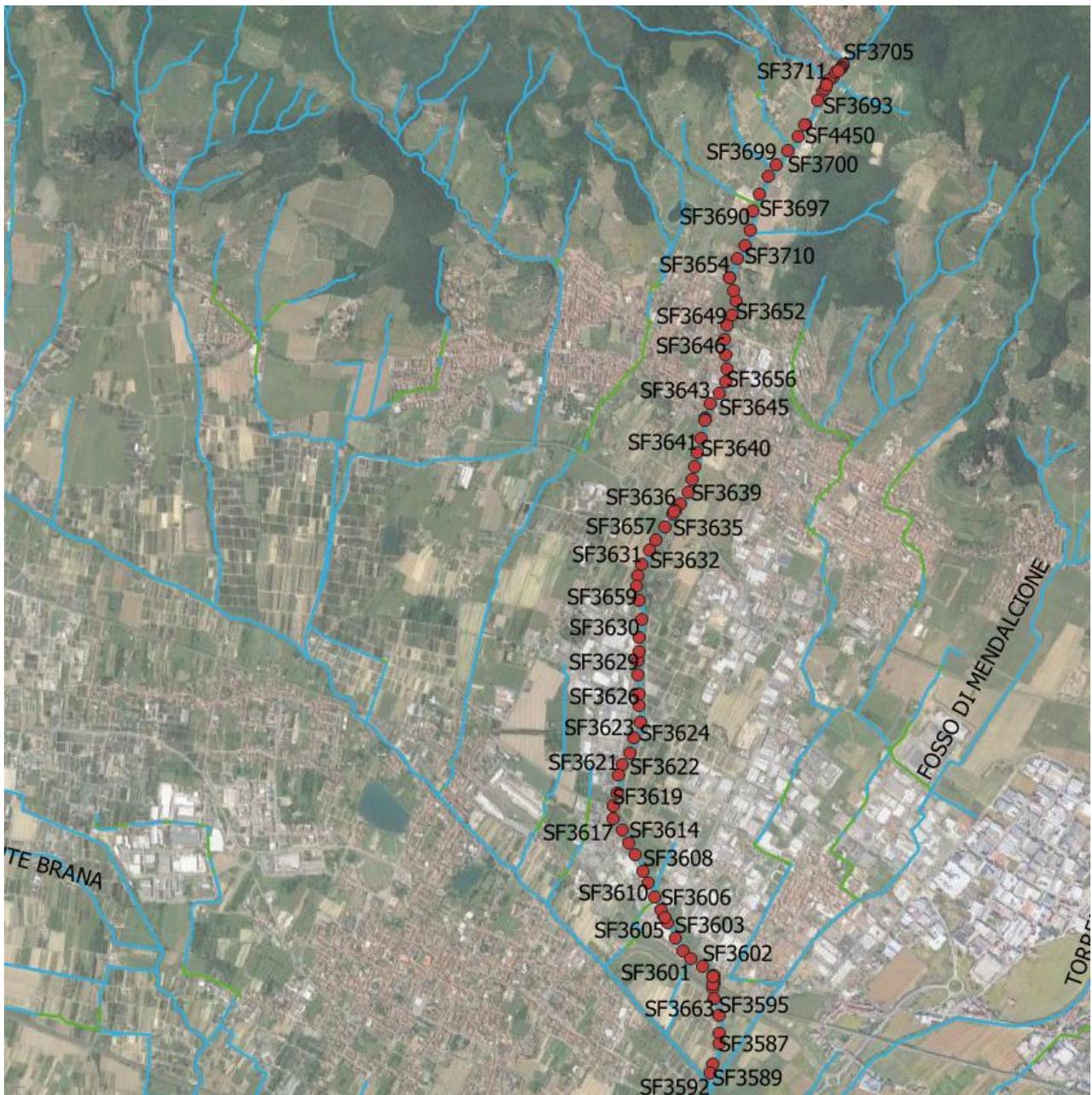


Figura 19 – Sfiatori T.Agna derivanti dal modello dell'Ing. Settesoldi per gli studi idraulici del P.O. di Montemurlo

7. Definizione della pericolosità e della magnitudo idraulica

Sulla base dei battenti per i vari tempi di ritorno ricavati dalle analisi precedentemente descritte sono state elaborate le mappe di pericolosità idraulica, secondo la classificazione del P.G.R.A. Distretto Appennino Settentrionale.

La pericolosità idraulica ai sensi del 5/R e della L.R. 41/2018 e smi è stata definita sulla base dei seguenti criteri:

- P.3 – elevata probabilità (alluvioni frequenti), aree inondabili con tempi di ritorno minori o uguali di 30 anni;
- P.2 – media probabilità (alluvioni poco frequenti), aree inondabili con tempo di ritorno superiore Tr 30 anni e minore o uguale a Tr 200 anni;
- P.1 – bassa probabilità (alluvioni rare di estrema intensità), aree inondabili con tempo di ritorno superiore a 200 anni ed inferiore o uguale a Tr 500 anni.

Poiché non si è provveduto ad effettuare simulazioni per eventi con tempo di ritorno cinquecento anni, il limite P.1 è stato desunto dalla pericolosità P1 del PGRA vigente, che viene confermato in questa sede.

Ai fini della classificazione del territorio sulla base della legge 41/R/2018 si è provveduto a redigere la tavola della magnitudo idraulica, che tiene conto della combinazione dei battenti di esondazione e della velocità di propagazione:

- 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). Nei casi in cui la velocità non sia determinata, battente uguale o inferiore a 0,3 metri;
- 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). Nei casi in cui la velocità non sia determinata, battente superiore a 0,3 metri e inferiore o uguale a 0,5 metri;
- 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. Nei casi in cui la velocità non sia determinata battente superiore a 0,5 metri.

Per come è costruito su maglia LIDAR 5 x 5 m, il modello idraulico 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 e magnitudo è stato effettuato un processo di “*smoothing*” e di interpretazione 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.

Relativamente all’abitato di Montale, in considerazione della prevalenza di tratti tombati e dell’incertezza geometrica del modello LIDAR in un territorio densamente urbanizzato dove la presenza di muretti, recinzioni, marciapiedi e manufatti vari può modificare la dinamica di esondazione, occorrerà procedere in sede di Piano Operativo con un criterio di prudenza per le nuove costruzioni e per gli ampliamenti a piano terra che comportano aumento di superficie coperta, individuando un franco di sicurezza opportuno.

Le aree campite in tratteggio rosso nella Tav. I04 Carta della pericolosità idraulica sono contraddistinte da una pericolosità P3 nel P.G.R.A. vigente; questa pericolosità deriva da studi pregressi e riguarda esondazioni dal Fosso dei Mulini. Ad oggi il Fosso dei Mulini è stato tolto dal Reticolo Idrografico di cui alla L.R. 79/2012 e smi e pertanto ai sensi della L.R. 41/2018 e smi e del Regolamento 5/R non è stato oggetto di studi idraulici, con conseguente deperimetrazione della pericolosità per le sue competenze.

E’ stato comunque assunto un criterio prudenziale per queste aree, potenzialmente soggette a criticità derivanti dal reticolo campestre e minuto, con introduzione della salvaguardia di cui all’articolo 6 comma 6 delle N.T.A..