

COMUNE DI MONTECARLO

Provincia di LUCCA

STUDIO IDRAULICO A SUPPORTO DELLA STESURA DELLA VARIANTE AL
PIANO STRUTTURALE DEL COMUNE DI MONTECARLO

Tavola: REL	Disegno: RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
Scala: --	
Data: FEBBRAIO 2016	

Progettista:  <p>A4 INGEGNERIA STUDIO TECNICO ASSOCIATO VIA ROMA 26 - 59100 - PRATO TEL/FAX 0574442523 MAIL: info@a4ingegneria.it</p> <p>DOTT. ING. CRISTIANO CAPPELLI</p>	
Collaboratore: ING. DANIELE BALDI	

Committenza:  <p>COMUNE DI MONTECARLO</p> <p>Sede: Via Roma, 56 55015 MONTECARLO (LU)</p>
--

data	revisione	oggetto della modifica

Questo disegno e' protetto dalle vigenti leggi di autore e pertanto non puo' essere riprodotto, in tutto od in parte, ne' essere ceduto a terzi senza la nostra autorizzazione scritta.

SOMMARIO

1	PREMESSA.....	1
2	FASI DELLO STUDIO.....	1
3	ACQUISIZIONE DATI TOPOGRAFICI.....	1
3.1	Descrizione della tecnica di rilevamento LIDAR.....	1
3.2	Dati LIDAR per il territorio oggetto di studio.....	3
3.2.1	Confronto DTM LIDAR da voli 2008-2010.....	5
3.2.2	Georeferenziazione altimetrica dei tre voli lidar.....	15
3.3	Rilievi topografici dei corsi d'acqua.....	15
4	ANALISI IDROLOGICA.....	16
4.1	Calcolo delle curva di possibilità pluviometrica.....	16
4.2	Il modello idrologico.....	17
5	ANALISI IDRAULICA.....	33
5.1	Dati d'input del modello idraulico di calcolo.....	35
5.2	Risultati.....	35
6	ANALISI DEI RISULTATI DELLE SIMULAZIONI.....	36

1 PREMESSA

Il presente studio idrologico-idraulico è stato redatto a supporto della Variante al Piano Strutturale del Comune di Montecarlo (LU).

Lo studio prende in esame solo la porzione nord-est del territorio del Comune di Montecarlo, nella parte a confine con i Comuni di Pescia e Chiesina Uzzanese, che viene attraversata dal Torrente Pescia di Collodi, dai rispettivi affluenti che sono il Rio Puzzolino e Rio Puzzola e dal Fosso Montecarlo che fa da confine con il Comune di Chiesina Uzzanese.

Al fine di perimetrare in maniera opportuna le aree potenzialmente allagabili sono state studiate le aste fluviali e le aree adiacenti poste all'interno dei comuni limitrofi.

Lo studio è stato condotto in ottemperanza alle disposizioni normative regionali (vedi D.P.G.R. del 25/10/2011 n.53/R) e con metodologia conforme all'Allegato 3 delle norme del P.G.R.A. dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno.

Si fa presente che lo studio è stato eseguito contestualmente a quello per la stesura del Regolamento Urbanistico del Comune di Pescia e pertanto, trattandosi di corsi d'acqua che, ad eccezione del Torrente Pescia Nuova, interessano entrambi i comuni, è stato ricostruito un unico modello idrologico-idraulico di calcolo. Tutte le valutazioni relative al modello di calcolo di seguito riportate fanno pertanto riferimento all'intero modello, già utilizzato per la stesura del Regolamento Urbanistico del Comune di Pescia.

2 FASI DELLO STUDIO

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

- 1. Acquisizione dati topografici**
- 2. Acquisizione dei dati idrologici:** viene indicata la fonte dalla quale sono stati ripresi gli idrogrammi di piena di riferimento per i bacini oggetto di studio in relazione agli scenari di pioggia analizzati.
- 3. Analisi idraulica mono-dimensionale dei corsi d'acqua oggetto di studio e bi-dimensionale delle aree allagabili:** vengono descritti gli strumenti di calcolo, i dati utilizzati nella costruzione del modello idraulico, le ipotesi assunte e i risultati ottenuti.

3 ACQUISIZIONE DATI TOPOGRAFICI

Tutti i dati topografici utilizzati nell'ambito dello studio sono stati georiferiti ai dati disponibili tramite i voli LIDAR ed in particolare al DTM (*Digital Terrain Model*) costruito sulla base di detti dati LIDAR.

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 laserscanner 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 1. 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.

3.2 DATI LIDAR PER IL TERRITORIO OGGETTO DI STUDIO

Per il territorio oggetto di studio sono disponibili i DTM (Digital Terrain Model) ricostruiti in base ai rilievi Lidar realizzati mediante voli effettuati negli anni 2008 e 2010; nel dettaglio, come è possibile vedere nella figura seguente, la parte del comune di Montecarlo è coperta dal volo del 2008 (in scala di colore rosso). Poiché come riportato in premessa, il modello di calcolo:

- comprende anche porzioni di territorio dei comuni limitrofi per i quali non è disponibile il volo dell'anno 2008;
- è lo stesso utilizzato per lo studio idraulico a supporto del Regolamento Urbanistico di Pescia;
- è stato ricostruito con riferimento ad un unico DTM;

è stato deciso di fare riferimento alle quote altimetricamente georeferenziate con il volo 2010.

Nella trattazione seguente sono descritte le verifiche e le procedure seguite che hanno portato all'elaborazione del DTM utilizzato.

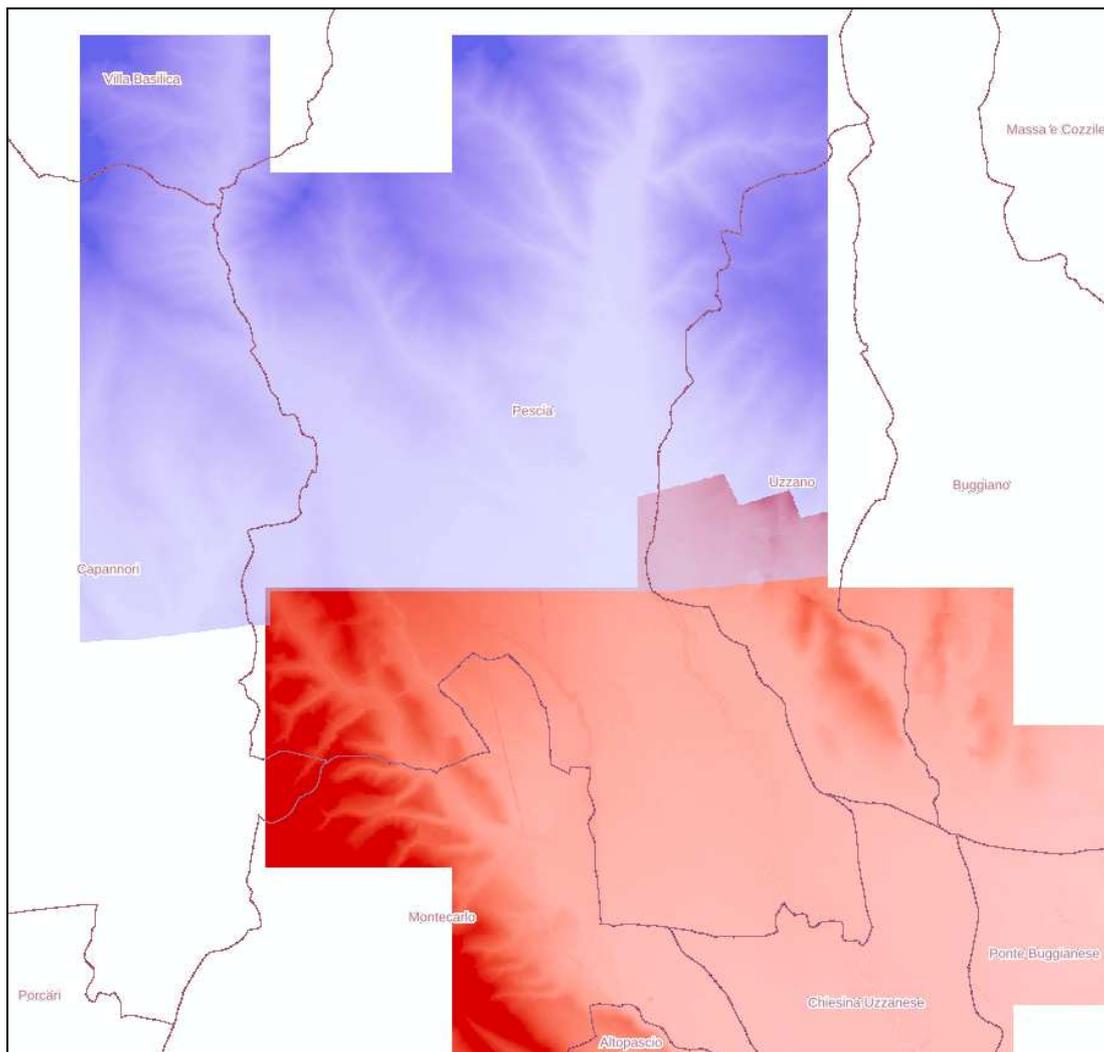


FIGURA 2. COPERTURA LIDAR DEL COMUNE DI MONTECARLO

Di seguito si riporta un ingrandimento della zona di confine tra i due voli dove si nota una striscia di sovrapposizione di larghezza pari a circa 40 m e un'area più estesa che ricade quasi interamente nel Comune di Uzzano.

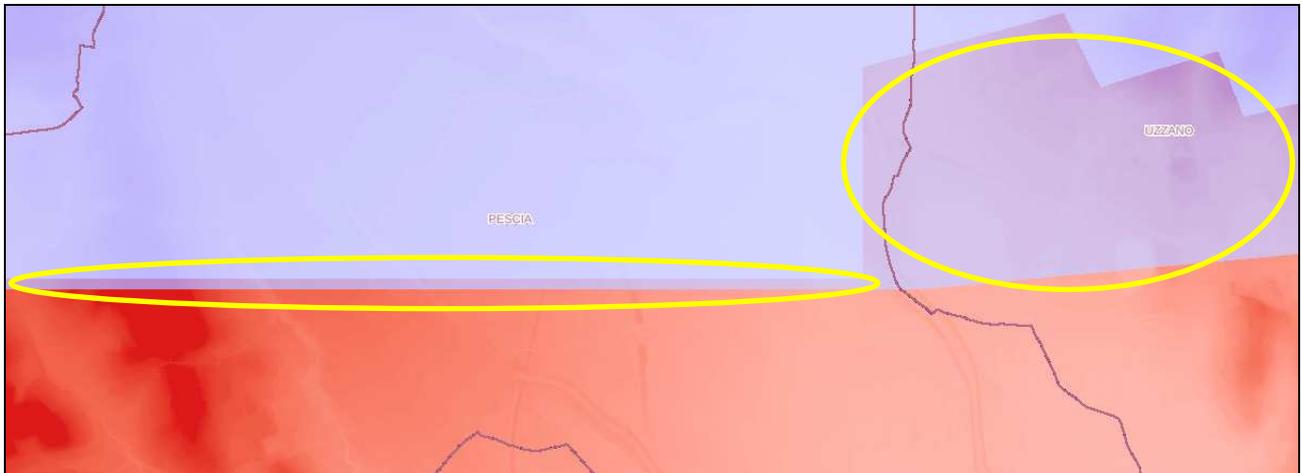


FIGURA 3. INGRANDIMENTO DELLA COPERTURA LIDAR DELL'AREA DI STUDIO CON INDICAZIONE DELLE AREE DI SOVRAPPOSIZIONE TRA I DUE VOLI

Analizzando le aree di sovrapposizione tra i voli effettuati in anni differenti è stato riscontrato che vi sono delle differenze di quota nei medesimi punti rilevati. Sono state così eseguite in ambiente GIS le operazioni di sottrazione tra i DTM dell'anno 2010 con quelli del 2008. Di seguito si riporta la tabella riassuntiva delle caratteristiche della *grid* ottenuta mediante l'operazione suddetta.

Count:	1434452
Minimum:	-5.018001556
Maximum:	5.071998596
Sum:	266,737.3935
Mean:	0.185950728
Standard Deviation:	0.362827018

Dai dati riportati in tabella risulta confermato che esiste una discrepanza di quota altimetrica tra i voli effettuati in anni diversi e la differenza media è 18.6 cm.

Allo scopo di determinare se esiste una differenza costante tra le quote dei DTM da LIDAR 2008 e 2010 e quantificarne il valore, sono stati fatti dei riscontri sulle superfici con punti quota "certi" a livello di lettura del dato dal volo e "fissi" nel corso degli anni intercorsi tra i voli. Detto raffronto è stato eseguito con riferimento a:

- Via della Molina;
- Via del Pratollozzo;
- Via Mentana;
- S.S. Lucchese;
- Via Parri.

3.2.1 Confronto DTM LIDAR da voli 2008-2010

VIA DELLA MOLINA

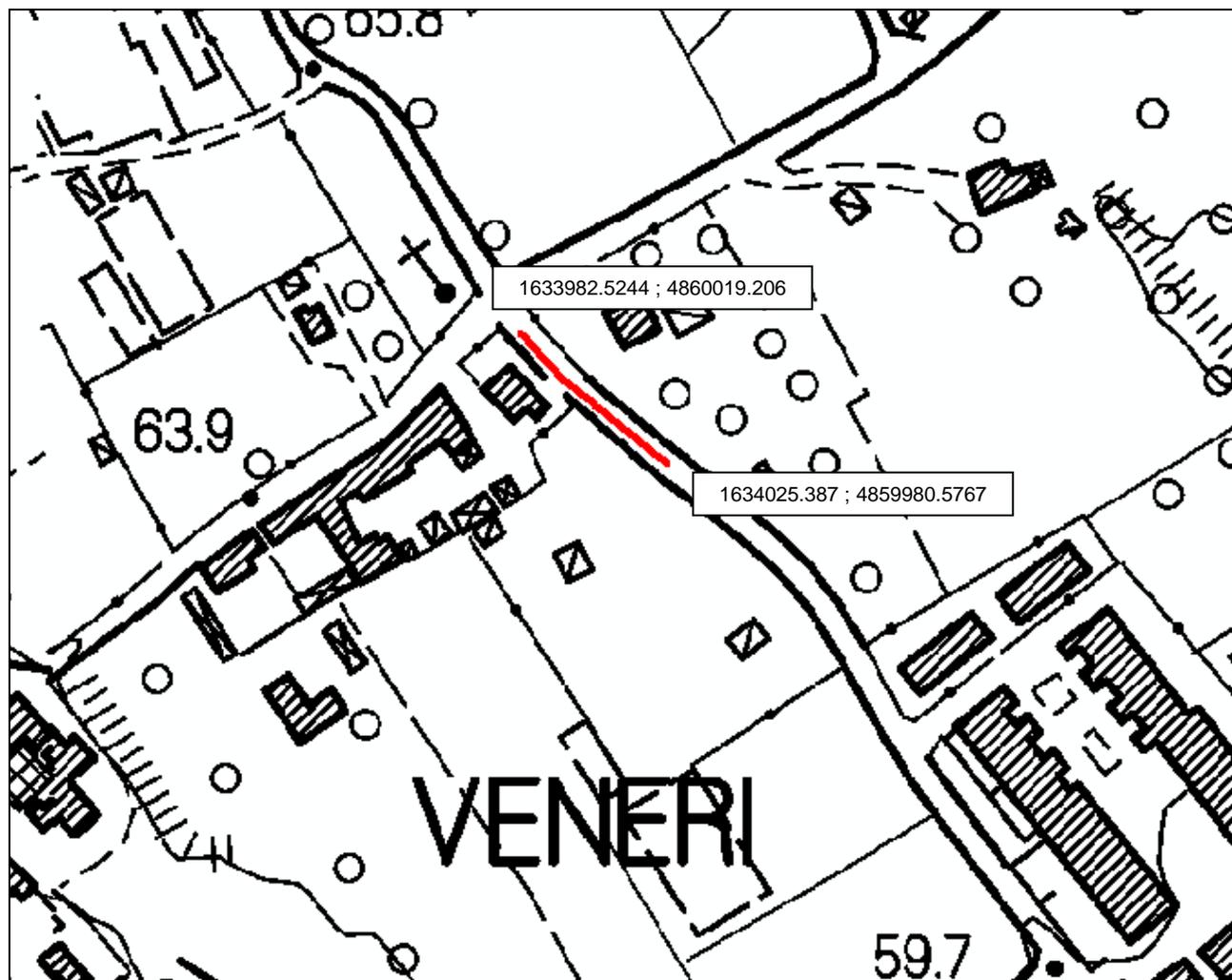


FIGURA 4. TRACCIA DELLA SEZIONE LUNGO VIA DELLA MOLINA

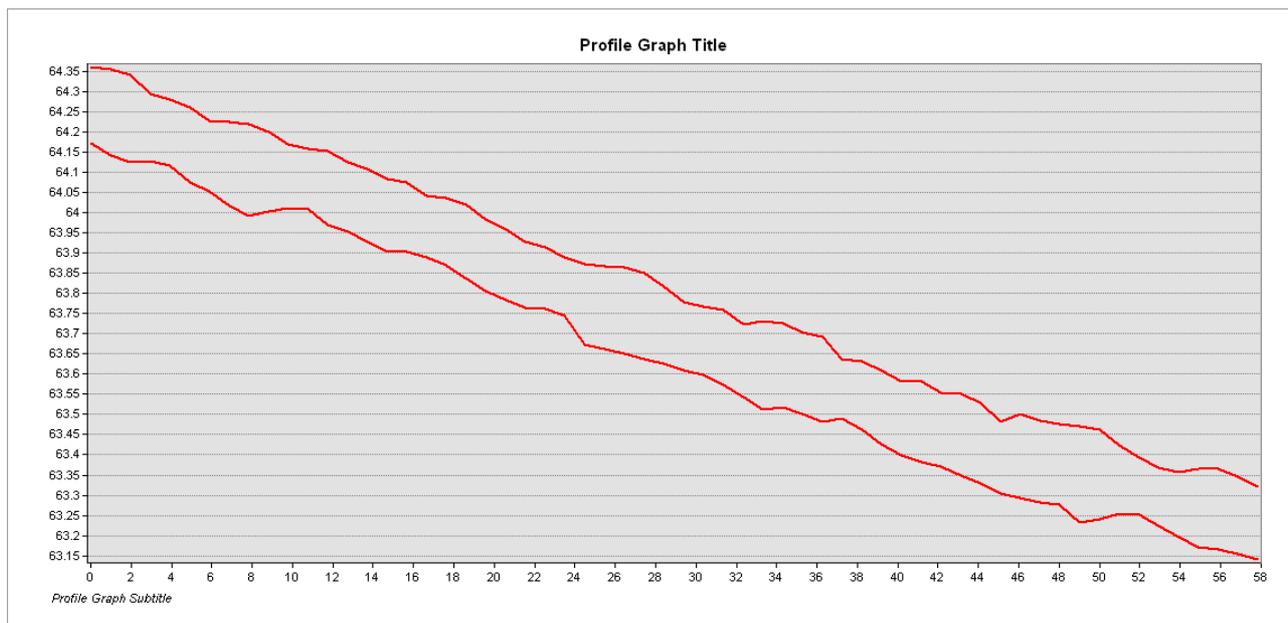


FIGURA 5. CONFRONTO ALTIMETRICO DELLA SEZIONE LUNGO VIA DELLA MOLINA TRA LIDAR 2010 (SOPRA) E LIDAR 2008 (SOTTO)

VIA DELLA MOLINA								
X [m]	2010	2008	ΔY [m]	X [m]	2010	2008	ΔY [m]	Media [m]
	Y [m]	Y [m]			Y [m]	Y [m]		
0.000	64.361	64.172	0.188	29.389	63.779	63.610	0.170	0.185
0.979	64.355	64.142	0.212	30.370	63.768	63.598	0.170	
1.957	64.342	64.124	0.218	31.352	63.760	63.574	0.185	
2.936	64.294	64.128	0.166	32.333	63.723	63.543	0.180	
3.914	64.280	64.116	0.165	33.314	63.732	63.512	0.220	
4.893	64.260	64.076	0.184	34.295	63.725	63.518	0.207	
5.871	64.228	64.054	0.173	35.277	63.704	63.502	0.202	
6.850	64.224	64.016	0.208	36.258	63.692	63.483	0.210	
7.828	64.219	63.991	0.228	37.239	63.637	63.489	0.148	
8.807	64.199	64.004	0.195	38.220	63.631	63.462	0.169	
9.786	64.169	64.012	0.157	39.202	63.608	63.427	0.181	
10.764	64.158	64.009	0.149	40.183	63.582	63.399	0.183	
11.743	64.152	63.969	0.183	41.164	63.581	63.382	0.200	
12.721	64.124	63.953	0.171	42.145	63.553	63.372	0.181	
13.700	64.107	63.928	0.179	43.127	63.550	63.349	0.201	
14.678	64.084	63.903	0.182	44.108	63.529	63.330	0.199	
15.657	64.074	63.903	0.172	45.089	63.482	63.303	0.179	
16.635	64.043	63.889	0.154	46.071	63.500	63.292	0.208	
17.614	64.035	63.870	0.165	47.052	63.483	63.283	0.200	
18.595	64.020	63.836	0.184	48.033	63.475	63.277	0.199	
19.576	63.984	63.807	0.177	49.014	63.472	63.232	0.240	
20.558	63.959	63.784	0.175	49.996	63.461	63.240	0.221	
21.539	63.928	63.766	0.162	50.977	63.424	63.254	0.169	
22.520	63.913	63.761	0.152	51.958	63.392	63.251	0.141	
23.502	63.890	63.744	0.146	52.939	63.368	63.224	0.144	
24.483	63.872	63.674	0.197	53.921	63.356	63.197	0.159	
25.464	63.867	63.661	0.205	54.902	63.365	63.172	0.192	
26.445	63.864	63.651	0.213	55.883	63.365	63.166	0.199	
27.427	63.851	63.637	0.215	56.864	63.345	63.155	0.190	
28.408	63.818	63.626	0.192	57.846	63.322	63.141	0.181	

TABELLA 1. CONFRONTO TRA LE QUOTE ALTIMETRICHE DEI LIDAR 2010 E 2008 RELATIVE ALLA SEZIONE LUNGO VIA DELLA MOLINA

VIA DEL PRATOLOZZO

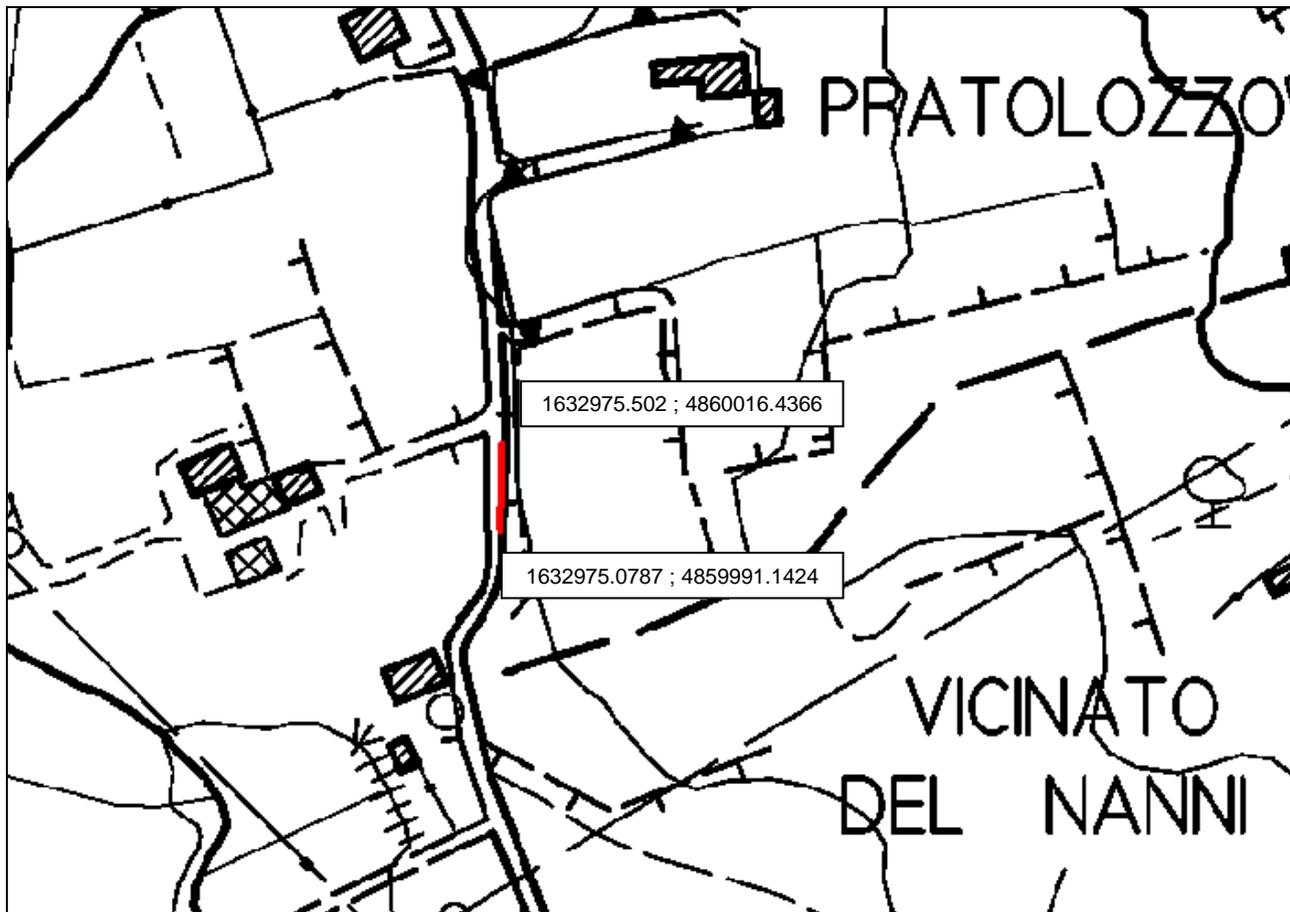


FIGURA 6. TRACCIA SEZIONE LUNGO VIA DEL PRATOLOZZO

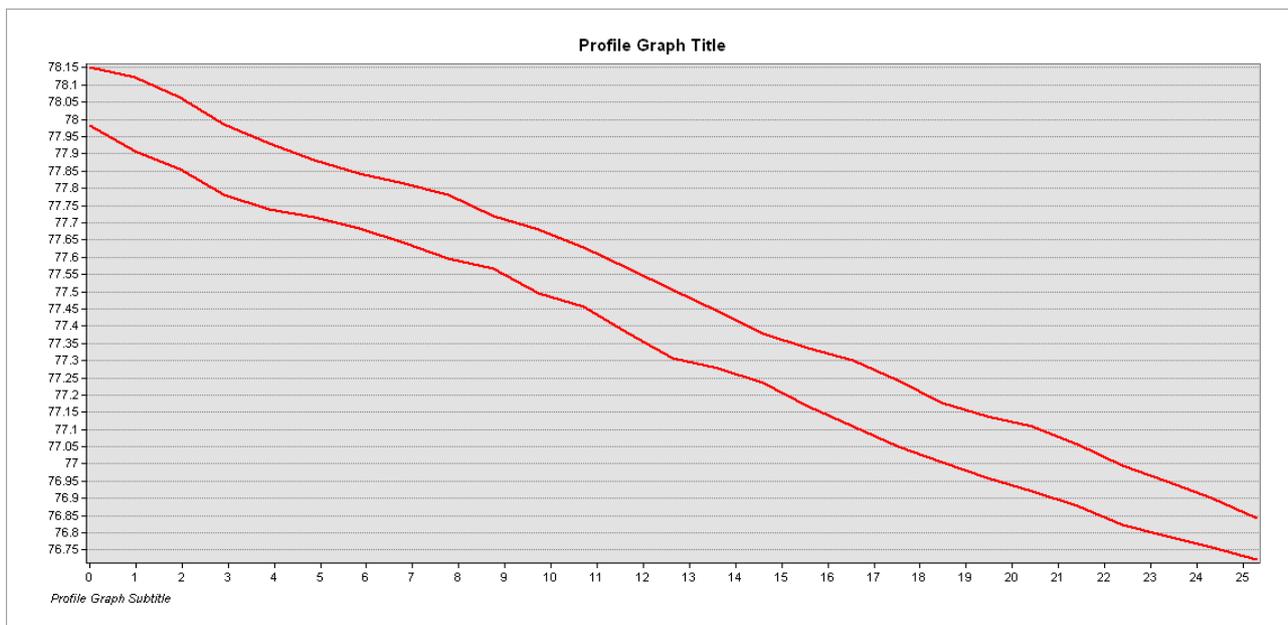


FIGURA 7. CONFRONTO ALTIMETRICO DELLA SEZIONE LUNGO VIA DEL PRATOLOZZO TRA LIDAR 2010 (SOPRA) E LIDAR 2008 (SOTTO)

VIA DEL PRATOLOZZO				
	2010	2008	ΔY [m]	Media [m]
X [m]	Y [m]	Y [m]		
0.000	78.151	77.981	0.170	0.176
0.973	78.122	77.909	0.212	
1.946	78.064	77.856	0.208	
2.919	77.987	77.780	0.207	
3.892	77.930	77.738	0.192	
4.865	77.881	77.717	0.165	
5.838	77.843	77.685	0.158	
6.811	77.815	77.642	0.173	
7.784	77.781	77.597	0.184	
8.757	77.720	77.566	0.154	
9.730	77.682	77.495	0.187	
10.703	77.629	77.456	0.173	
11.676	77.566	77.377	0.189	
12.649	77.504	77.307	0.196	
13.622	77.443	77.278	0.165	
14.595	77.378	77.237	0.142	
15.568	77.337	77.168	0.169	
16.541	77.301	77.108	0.193	
17.514	77.241	77.051	0.190	
18.487	77.178	77.006	0.173	
19.460	77.139	76.959	0.180	
20.433	77.110	76.921	0.188	
21.406	77.058	76.878	0.181	
22.379	76.996	76.823	0.173	
23.352	76.949	76.790	0.159	
24.325	76.901	76.758	0.143	
25.298	76.843	76.722	0.120	

TABELLA 2. CONFRONTO TRA LE QUOTE ALTIMETRICHE DEI LIDAR 2010 E 2008 RELATIVE ALLA SEZIONE LUNGO VIA DEL PRATOLOZZO

VIA MENTANA

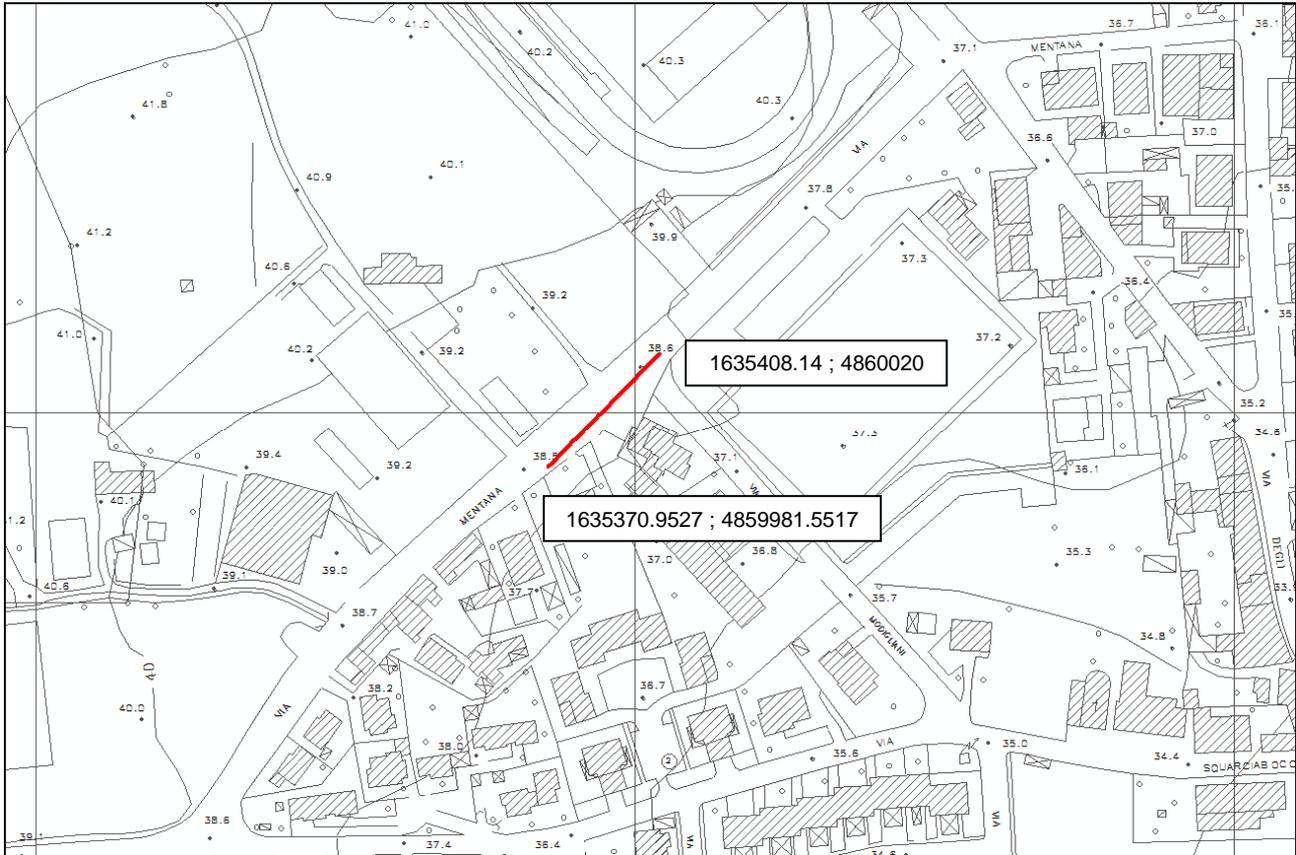


FIGURA 8. TRACCIA SEZIONE LUNGO VIA MENTANA

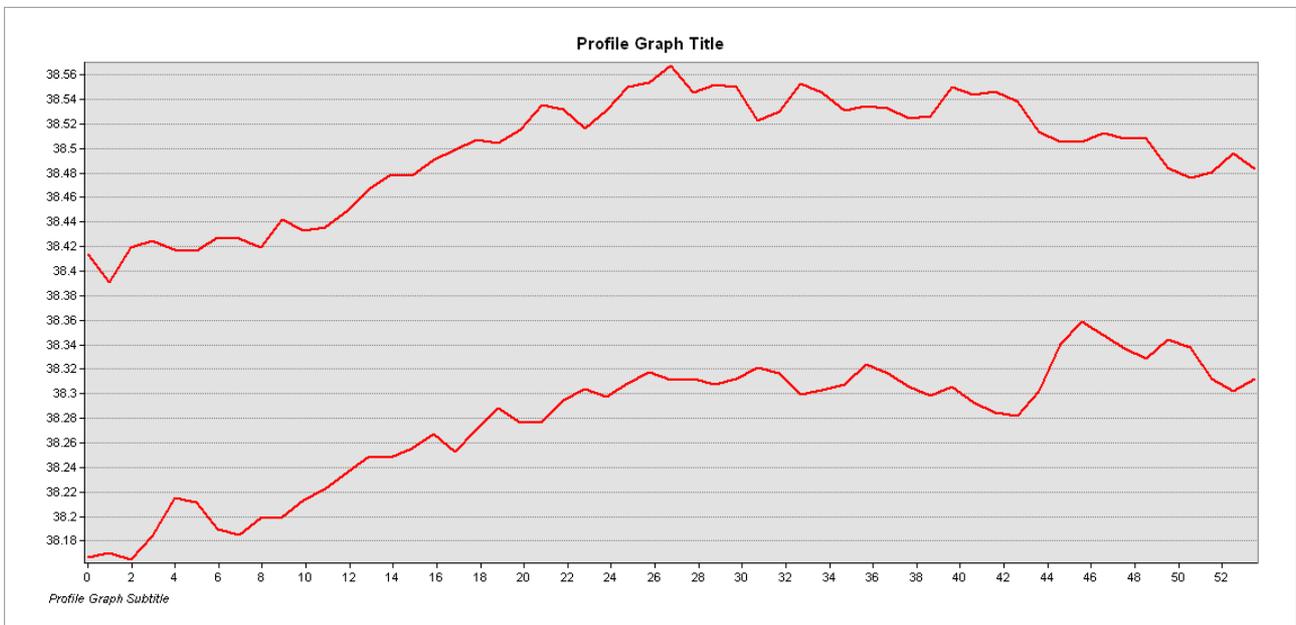


FIGURA 9. CONFRONTO ALTIMETRICO DELLA SEZIONE LUNGO VIA MENTANA TRA LIDAR 2010 (SOPRA) E LIDAR 2008 (SOTTO)

VIA MENTANA								
	2010	2008	ΔY [m]		2010	2008	ΔY [m]	Media [m]
X [m]	Y [m]	Y [m]		X [m]	Y [m]	Y [m]		
0.000	38.414	38.167	0.247	27.735	38.546	38.313	0.233	0.219
0.991	38.391	38.170	0.221	28.726	38.552	38.308	0.245	
1.981	38.420	38.165	0.255	29.717	38.551	38.312	0.239	
2.972	38.425	38.184	0.241	30.707	38.522	38.322	0.201	
3.962	38.417	38.216	0.202	31.698	38.530	38.317	0.213	
4.953	38.417	38.212	0.205	32.688	38.553	38.299	0.254	
5.943	38.428	38.190	0.238	33.679	38.545	38.303	0.242	
6.934	38.426	38.185	0.241	34.669	38.531	38.307	0.224	
7.924	38.419	38.199	0.221	35.660	38.535	38.324	0.210	
8.915	38.442	38.200	0.243	36.650	38.533	38.316	0.217	
9.906	38.433	38.213	0.219	37.641	38.525	38.306	0.219	
10.896	38.436	38.223	0.213	38.632	38.526	38.298	0.228	
11.887	38.449	38.236	0.213	39.622	38.550	38.306	0.244	
12.877	38.466	38.249	0.217	40.613	38.544	38.293	0.251	
13.868	38.479	38.248	0.230	41.603	38.546	38.285	0.262	
14.858	38.478	38.255	0.223	42.594	38.538	38.282	0.256	
15.849	38.491	38.267	0.224	43.584	38.513	38.302	0.211	
16.839	38.499	38.253	0.246	44.575	38.506	38.341	0.165	
17.830	38.508	38.271	0.236	45.565	38.505	38.359	0.147	
18.821	38.504	38.288	0.216	46.556	38.512	38.348	0.164	
19.811	38.515	38.276	0.239	47.547	38.508	38.337	0.171	
20.802	38.536	38.278	0.258	48.537	38.508	38.329	0.180	
21.792	38.532	38.295	0.236	49.528	38.484	38.345	0.140	
22.783	38.516	38.304	0.212	50.518	38.476	38.337	0.138	
23.773	38.531	38.298	0.233	51.509	38.481	38.313	0.168	
24.764	38.550	38.308	0.242	52.499	38.496	38.303	0.193	
25.754	38.554	38.317	0.237	53.490	38.483	38.312	0.171	
26.745	38.568	38.312	0.256					

TABELLA 3. CONFRONTO TRA LE QUOTE ALTIMETRICHE DEI LIDAR 2010 E 2008 RELATIVE ALLA SEZIONE LUNGO VIA MENTANA

S.S. LUCCHESE

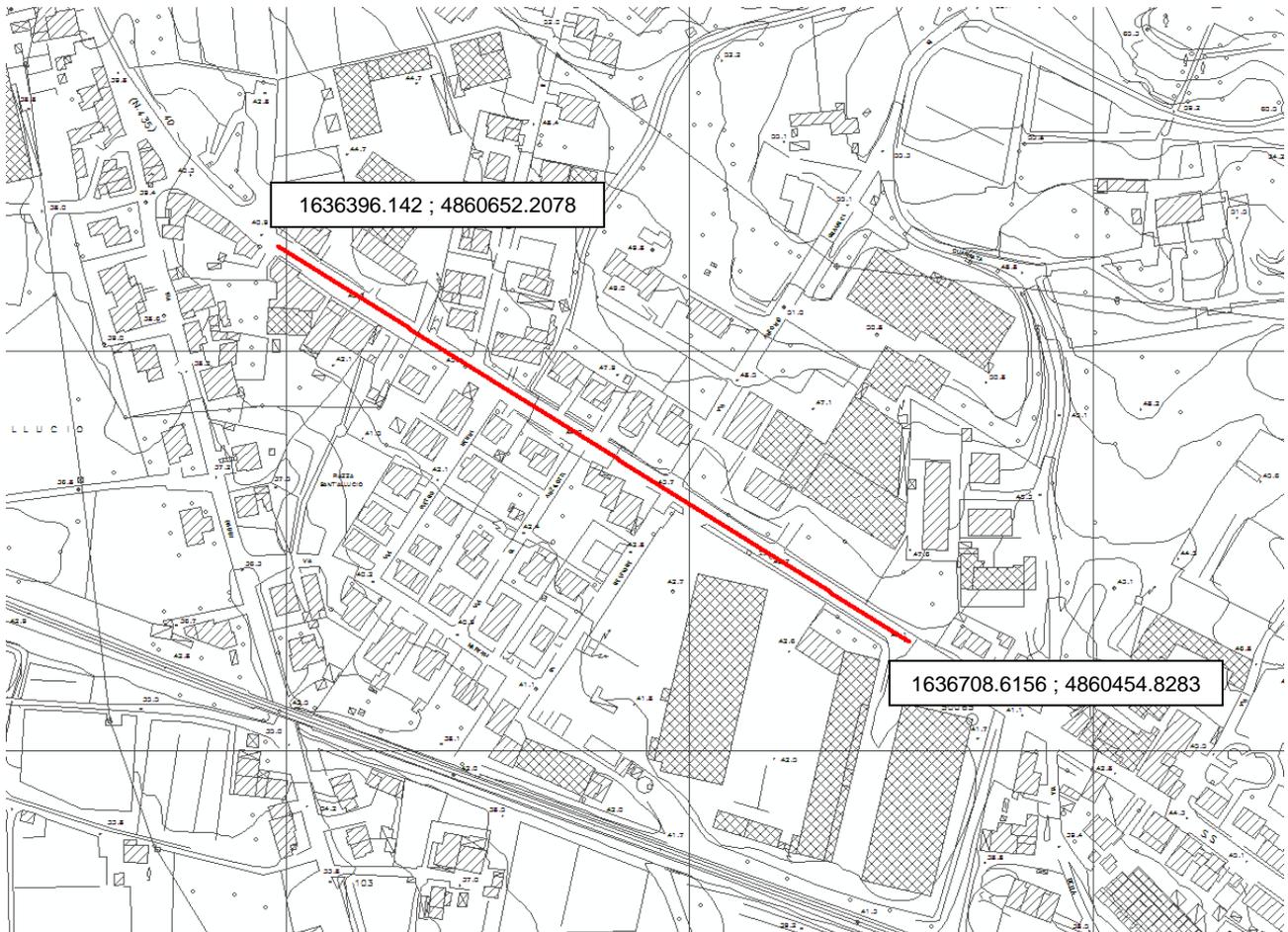


FIGURA 10. TRACCIA SEZIONE LUNGO LA S.S. LUCCHESE

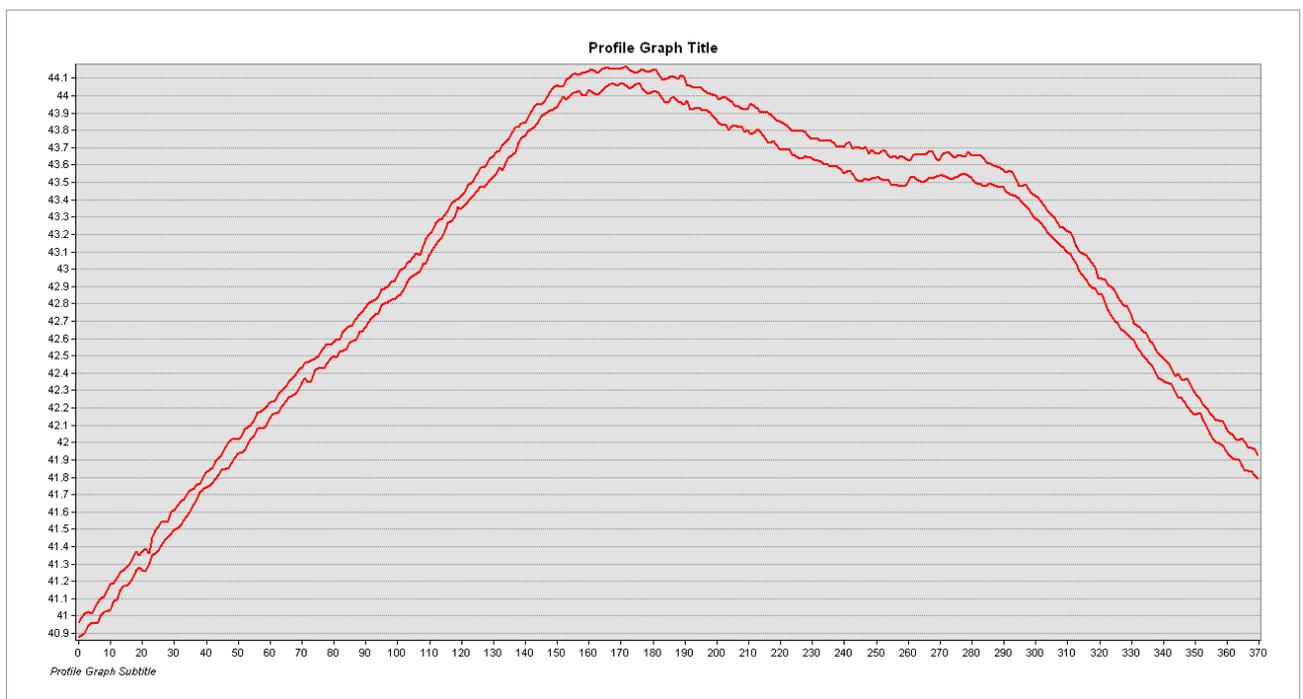


FIGURA 11. CONFRONTO ALTIMETRICO DELLA SEZIONE LUNGO LA S.S. LUCCHESE TRA LIDAR 2010 (SOPRA) E LIDAR 2008 (SOTTO)

SS LUCCHESI																				
2010		2008		ΔY [m]		2010		2008		ΔY [m]		2010		2008		ΔY [m]		Media [m]		
X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	
0.000	40.962	40.878	0.084	74.917	42.494	42.426	0.068	148.836	44.048	43.923	0.125	222.754	43.813	43.688	0.125	296.673	43.487	43.365	0.122	0.118
0.999	40.992	40.888	0.104	75.916	42.523	42.431	0.091	149.835	44.061	43.938	0.122	223.753	43.793	43.659	0.134	297.672	43.458	43.350	0.109	
1.998	41.012	40.899	0.113	76.915	42.546	42.430	0.116	150.834	44.048	43.968	0.080	224.752	43.797	43.652	0.146	298.670	43.438	43.318	0.120	
2.997	41.026	40.949	0.077	77.914	42.569	42.457	0.112	151.832	44.049	43.994	0.056	225.751	43.798	43.639	0.159	299.669	43.425	43.297	0.128	
3.996	41.015	40.965	0.050	78.913	42.564	42.483	0.080	152.831	44.092	43.976	0.116	226.750	43.802	43.638	0.164	300.668	43.412	43.282	0.130	
4.994	41.041	40.956	0.084	79.912	42.581	42.500	0.080	153.830	44.102	43.991	0.110	227.749	43.791	43.653	0.138	301.667	43.386	43.262	0.124	
5.993	41.077	40.957	0.120	80.911	42.597	42.491	0.107	154.829	44.123	44.018	0.105	228.748	43.767	43.643	0.124	302.666	43.364	43.239	0.126	
6.992	41.098	41.005	0.093	81.910	42.591	42.523	0.068	155.828	44.122	44.016	0.106	229.747	43.751	43.643	0.108	303.665	43.334	43.212	0.122	
7.991	41.115	41.025	0.091	82.909	42.637	42.527	0.109	156.827	44.119	44.026	0.093	230.745	43.755	43.623	0.133	304.664	43.318	43.195	0.122	
8.990	41.149	41.025	0.125	83.907	42.663	42.542	0.120	157.826	44.131	44.005	0.126	231.744	43.749	43.623	0.126	305.663	43.294	43.173	0.120	
9.989	41.182	41.036	0.146	84.906	42.674	42.575	0.099	158.825	44.137	43.999	0.138	232.743	43.739	43.618	0.121	306.662	43.266	43.154	0.112	
10.988	41.189	41.084	0.104	85.905	42.677	42.585	0.092	159.824	44.139	44.033	0.106	233.742	43.739	43.601	0.138	307.661	43.241	43.138	0.103	
11.987	41.226	41.099	0.127	86.904	42.714	42.585	0.129	160.823	44.154	44.024	0.129	234.741	43.741	43.603	0.137	308.659	43.239	43.127	0.112	
12.986	41.252	41.149	0.104	87.903	42.742	42.636	0.106	161.821	44.140	44.009	0.131	235.740	43.739	43.590	0.148	309.658	43.224	43.101	0.123	
13.985	41.265	41.174	0.090	88.902	42.756	42.643	0.113	162.820	44.132	44.005	0.127	236.739	43.728	43.589	0.140	310.657	43.212	43.084	0.128	
14.983	41.283	41.172	0.111	89.901	42.778	42.665	0.112	163.819	44.153	44.026	0.127	237.738	43.704	43.593	0.111	311.656	43.180	43.055	0.125	
15.982	41.298	41.188	0.110	90.900	42.802	42.695	0.107	164.818	44.156	44.048	0.108	238.737	43.706	43.579	0.127	312.655	43.129	43.032	0.096	
16.981	41.335	41.222	0.113	91.899	42.816	42.720	0.096	165.817	44.164	44.059	0.105	239.735	43.706	43.554	0.153	313.654	43.109	42.990	0.110	
17.980	41.373	41.264	0.109	92.898	42.826	42.743	0.084	166.816	44.152	44.068	0.084	240.734	43.729	43.565	0.164	314.653	43.090	42.966	0.124	
18.979	41.346	41.279	0.067	93.896	42.842	42.747	0.095	167.815	44.155	44.067	0.087	241.733	43.725	43.570	0.155	315.652	43.080	42.936	0.144	
19.978	41.371	41.266	0.105	94.895	42.883	42.789	0.095	168.814	44.155	44.059	0.096	242.732	43.692	43.544	0.149	316.651	43.055	42.912	0.143	
20.977	41.387	41.261	0.126	95.894	42.888	42.801	0.087	169.813	44.155	44.071	0.084	243.731	43.706	43.517	0.189	317.650	43.036	42.895	0.141	
21.976	41.360	41.300	0.059	96.893	42.901	42.809	0.092	170.812	44.164	44.069	0.096	244.730	43.701	43.504	0.197	318.649	43.011	42.866	0.125	
22.975	41.451	41.347	0.104	97.892	42.926	42.823	0.104	171.810	44.164	44.055	0.109	245.729	43.693	43.512	0.181	319.648	42.949	42.856	0.093	
23.974	41.489	41.362	0.127	98.891	42.934	42.825	0.109	172.809	44.147	44.041	0.107	246.728	43.707	43.522	0.185	320.646	42.944	42.851	0.093	
24.972	41.511	41.378	0.133	99.890	42.963	42.845	0.119	173.808	44.137	44.057	0.078	247.727	43.665	43.509	0.156	321.645	42.936	42.808	0.128	
25.971	41.540	41.407	0.133	100.889	42.998	42.856	0.142	174.807	44.132	44.069	0.062	248.726	43.685	43.520	0.165	322.644	42.912	42.761	0.151	
26.970	41.539	41.438	0.102	101.888	43.006	42.888	0.119	175.806	44.144	44.069	0.074	249.724	43.664	43.531	0.133	323.643	42.899	42.736	0.162	
27.969	41.550	41.456	0.094	102.886	43.034	42.928	0.106	176.805	44.152	44.039	0.113	250.723	43.663	43.529	0.134	324.642	42.874	42.701	0.173	
28.968	41.598	41.475	0.123	103.885	43.045	42.951	0.094	177.804	44.136	44.019	0.117	251.722	43.681	43.516	0.165	325.641	42.834	42.686	0.147	
29.967	41.613	41.495	0.118	104.884	43.067	42.961	0.106	178.803	44.136	44.011	0.125	252.721	43.682	43.512	0.170	326.640	42.812	42.657	0.155	
30.966	41.636	41.508	0.129	105.883	43.093	42.974	0.119	179.802	44.148	44.023	0.125	253.720	43.652	43.510	0.142	327.639	42.792	42.645	0.147	
31.965	41.660	41.523	0.137	106.882	43.081	42.990	0.091	180.801	44.150	44.028	0.123	254.719	43.645	43.484	0.160	328.638	42.785	42.624	0.161	
32.964	41.675	41.555	0.121	107.881	43.129	43.027	0.102	181.799	44.125	44.016	0.109	255.718	43.654	43.482	0.172	329.636	42.745	42.602	0.143	
33.963	41.701	41.578	0.123	108.880	43.175	43.037	0.138	182.798	44.089	43.983	0.106	256.717	43.636	43.482	0.154	330.635	42.688	42.593	0.096	
34.962	41.725	41.597	0.128	109.879	43.201	43.078	0.124	183.797	44.098	43.963	0.135	257.716	43.651	43.477	0.174	331.634	42.678	42.550	0.127	
35.961	41.733	41.645	0.088	110.878	43.218	43.110	0.108	184.796	44.102	43.962	0.140	258.715	43.645	43.479	0.166	332.633	42.664	42.531	0.133	
36.959	41.758	41.673	0.084	111.877	43.265	43.143	0.122	185.795	44.113	43.986	0.127	259.713	43.629	43.495	0.134	333.632	42.641	42.501	0.139	
37.958	41.766	41.712	0.054	112.875	43.283	43.164	0.119	186.794	44.109	43.988	0.121	260.712	43.626	43.526	0.100	334.631	42.624	42.477	0.147	
38.957	41.794	41.729	0.065	113.874	43.291	43.182	0.109	187.793	44.098	43.965	0.133	261.711	43.658	43.535	0.123	335.630	42.589	42.455	0.135	
39.956	41.828	41.742	0.087	114.873	43.312	43.222	0.090	188.792	44.118	43.960	0.159	262.710	43.658	43.516	0.142	336.629	42.574	42.440	0.135	
40.955	41.842	41.754	0.089	115.872	43.335	43.266	0.067	189.791	44.107	43.949	0.159	263.709	43.661	43.507	0.155	337.627	42.536	42.403	0.133	
41.954	41.857	41.770	0.087	116.871	43.379	43.279	0.099	190.789	44.057	43.973	0.084	264.708	43.661	43.502	0.158	338.626	42.513	42.372	0.142	
42.953	41.894	41.792	0.102	117.870	43.395	43.303	0.091	191.788	44.056	43.920	0.137	265.707	43.663	43.513	0.149	339.625	42.487	42.357	0.130	
43.952	41.911	41.815	0.096	118.869	43.405	43.356	0.049	192.787	44.066	43.928	0.117	266.706	43.681	43.528	0.153	340.624	42.473	42.348	0.125	
44.951	41.931	41.841	0.090	119.868	43.421	43.347	0.075	193.786	44.043	43.934	0.109	267.705	43.678	43.520	0.158	341.623	42.454	42.341	0.113	
45.949	41.971	41.850	0.121	120.867	43.443	43.372	0.070	194.785	44.049	43.926	0.123	268.704	43.636	43.534	0.103	342.622	42.429	42.334	0.095	
46.948	42.000	41.853	0.148	121.866	43.484	43.388	0.096	195.784	44.035	43.917	0.118	269.702	43.625	43.541	0.084	343.621	42.381	42.289	0.093	
47.947	42.018	41.881	0.137	122.864	43.495	43.410	0.085	196.783	44.017	43.912	0.105	270.701	43.662	43.542	0.120	344.620	42.402	42.259	0.143	
48.946	42.021	41.914	0.107	123.863	43.513	43.427	0.086	197.782	44.011	43.902	0.108	271.700	43.671	43.535	0.136	345.619	42.363	42.259	0.104	
49.945	42.021	41.938	0.083	124.862	43.544	43.450	0.094	198.781	44.007	43.880	0.127	272.699	43.669	43.522	0.146	346.618	42.358	42.236	0.121	
50.944	42.037	41.939	0.097	125.861	43.587	43.480	0.107	199.780	43.998	43.863	0.135	273.698	43.652	43.515	0.137	347.616	42.371	42.205	0.166	
51.943	42.074	41.959	0.1																	

VIA PARRI

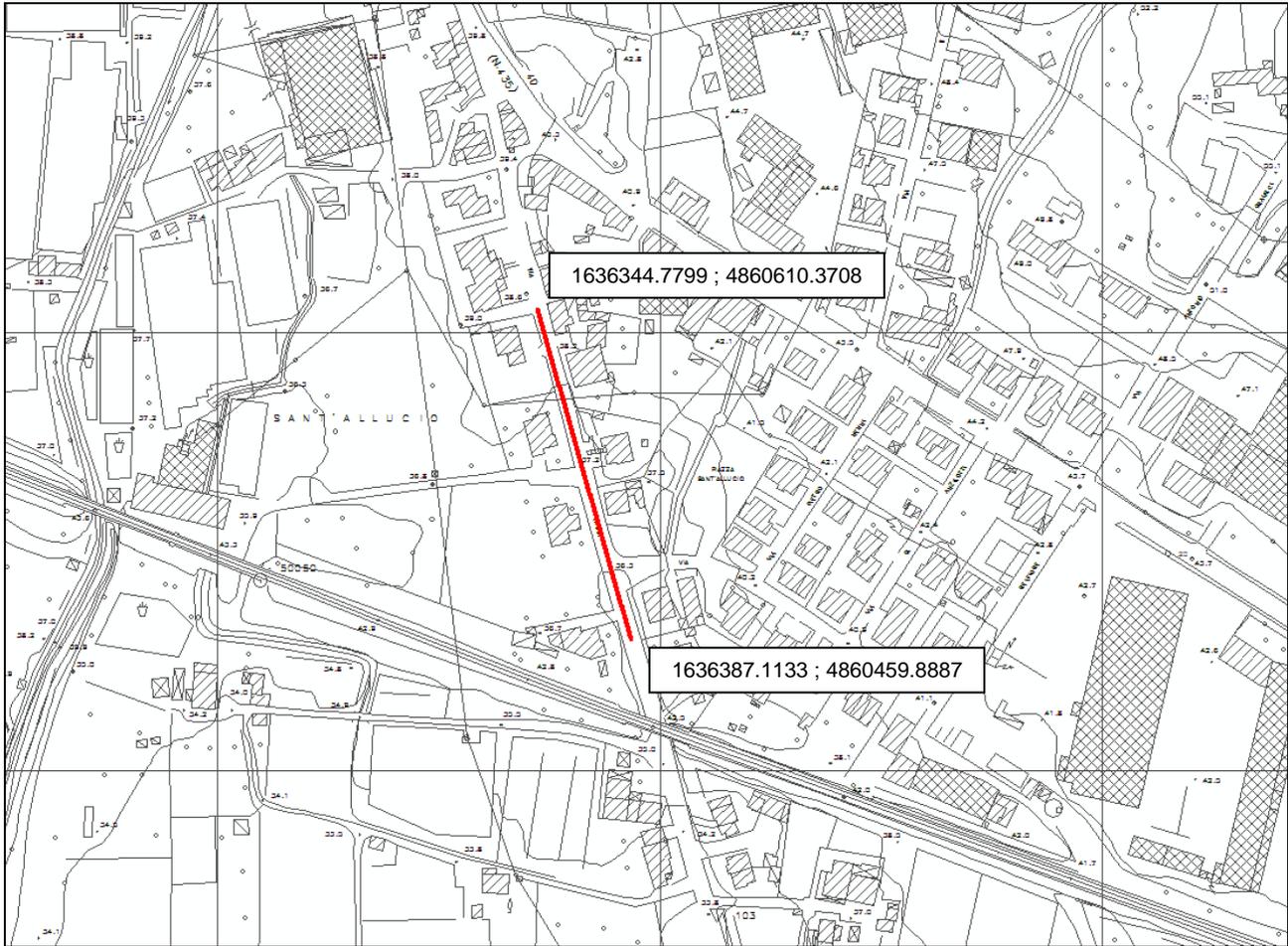


FIGURA 12. TRACCIA SEZIONE LUNGO VIA PARRI

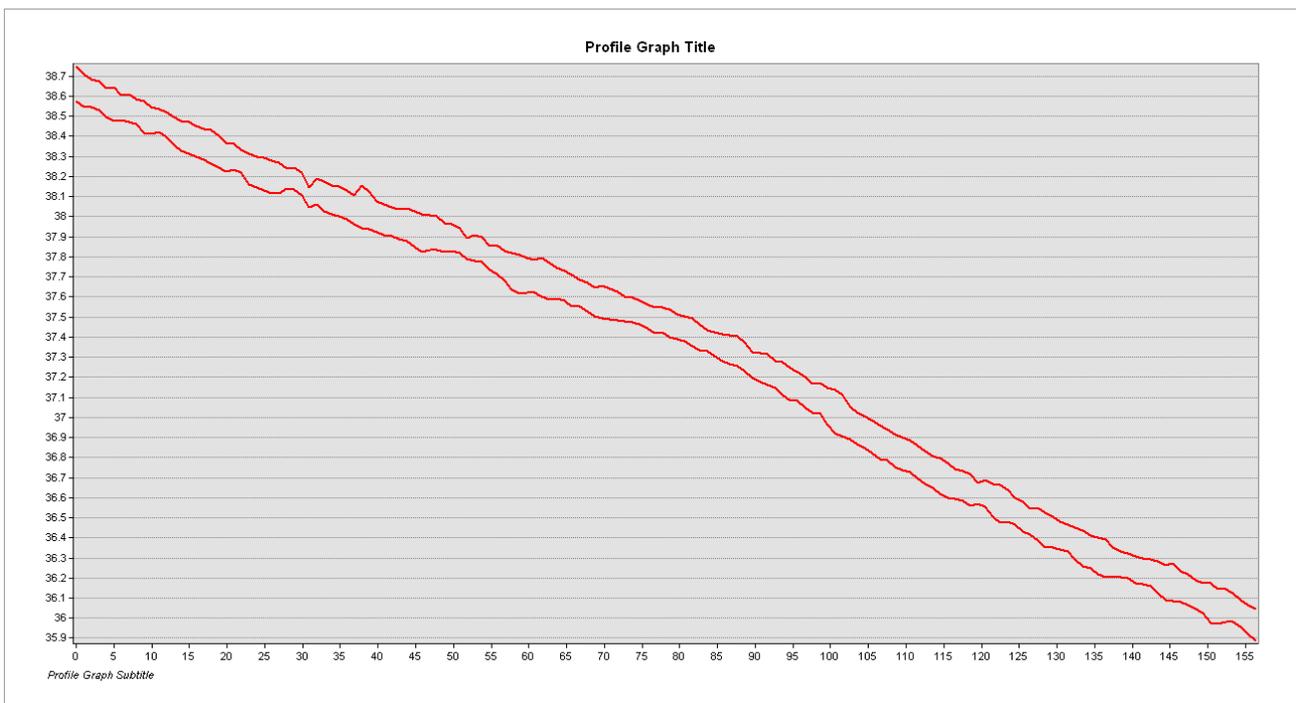


FIGURA 13. CONFRONTO ALTIMETRICO DELLA SEZIONE LUNGO VIA PARRI TRA LIDAR 2010 (SOPRA) E LIDAR 2008 (SOTTO)

VIA PARRI												
	2010	2008	ΔY [m]		2010	2008	ΔY [m]		2010	2008	ΔY [m]	Media [m]
X [m]	Y [m]	Y [m]		X [m]	Y [m]	Y [m]		X [m]	Y [m]	Y [m]		
0.000	38.748	38.574	0.174	52.772	37.907	37.780	0.126	105.543	36.987	36.821	0.166	0.150
0.996	38.708	38.548	0.160	53.767	37.898	37.776	0.122	106.539	36.961	36.793	0.168	
1.991	38.683	38.546	0.136	54.763	37.855	37.733	0.121	107.535	36.939	36.785	0.153	
2.987	38.675	38.531	0.144	55.759	37.861	37.714	0.146	108.530	36.916	36.754	0.162	
3.983	38.640	38.495	0.145	56.754	37.830	37.682	0.148	109.526	36.903	36.736	0.167	
4.978	38.644	38.477	0.166	57.750	37.817	37.635	0.182	110.522	36.884	36.725	0.159	
5.974	38.605	38.483	0.121	58.746	37.810	37.616	0.194	111.518	36.860	36.698	0.162	
6.970	38.607	38.472	0.136	59.742	37.796	37.622	0.174	112.513	36.832	36.670	0.162	
7.966	38.585	38.463	0.122	60.737	37.786	37.624	0.162	113.509	36.805	36.648	0.157	
8.961	38.576	38.419	0.156	61.733	37.795	37.604	0.191	114.505	36.798	36.620	0.178	
9.957	38.546	38.411	0.135	62.729	37.771	37.587	0.184	115.500	36.771	36.597	0.174	
10.953	38.537	38.423	0.114	63.724	37.746	37.593	0.154	116.496	36.744	36.594	0.150	
11.948	38.521	38.400	0.121	64.720	37.729	37.582	0.146	117.492	36.734	36.583	0.151	
12.944	38.494	38.358	0.136	65.716	37.709	37.554	0.154	118.487	36.715	36.561	0.155	
13.940	38.475	38.327	0.148	66.711	37.684	37.550	0.134	119.483	36.672	36.569	0.104	
14.935	38.470	38.312	0.158	67.707	37.671	37.526	0.146	120.479	36.687	36.555	0.132	
15.931	38.452	38.300	0.152	68.703	37.647	37.505	0.143	121.474	36.670	36.503	0.166	
16.927	38.436	38.282	0.154	69.698	37.654	37.495	0.160	122.470	36.663	36.474	0.189	
17.922	38.434	38.264	0.170	70.694	37.643	37.486	0.157	123.466	36.640	36.480	0.160	
18.918	38.400	38.243	0.157	71.690	37.628	37.483	0.145	124.462	36.597	36.464	0.133	
19.914	38.369	38.226	0.143	72.686	37.604	37.478	0.126	125.457	36.577	36.431	0.146	
20.910	38.364	38.234	0.130	73.681	37.594	37.473	0.121	126.453	36.546	36.417	0.129	
21.905	38.335	38.219	0.115	74.677	37.585	37.461	0.123	127.449	36.551	36.386	0.164	
22.901	38.313	38.162	0.151	75.673	37.561	37.446	0.115	128.444	36.525	36.350	0.176	
23.897	38.297	38.144	0.153	76.668	37.547	37.417	0.130	129.440	36.503	36.354	0.149	
24.892	38.294	38.131	0.163	77.664	37.546	37.426	0.120	130.436	36.478	36.340	0.138	
25.888	38.277	38.115	0.162	78.660	37.537	37.399	0.137	131.431	36.468	36.333	0.135	
26.884	38.267	38.118	0.149	79.655	37.512	37.388	0.124	132.427	36.452	36.291	0.161	
27.879	38.241	38.138	0.103	80.651	37.504	37.379	0.125	133.423	36.435	36.260	0.174	
28.875	38.243	38.136	0.107	81.647	37.494	37.355	0.139	134.418	36.411	36.246	0.165	
29.871	38.218	38.105	0.113	82.642	37.461	37.335	0.126	135.414	36.404	36.221	0.183	
30.866	38.144	38.047	0.097	83.638	37.433	37.328	0.105	136.410	36.390	36.203	0.187	
31.862	38.189	38.063	0.126	84.634	37.426	37.307	0.119	137.405	36.354	36.202	0.152	
32.858	38.177	38.027	0.150	85.630	37.414	37.282	0.132	138.401	36.332	36.202	0.130	
33.854	38.156	38.014	0.143	86.625	37.407	37.266	0.141	139.397	36.322	36.198	0.124	
34.849	38.152	38.004	0.149	87.621	37.405	37.257	0.148	140.393	36.308	36.176	0.132	
35.845	38.129	37.987	0.142	88.617	37.376	37.230	0.147	141.388	36.298	36.170	0.128	
36.841	38.107	37.962	0.145	89.612	37.326	37.195	0.131	142.384	36.295	36.160	0.136	
37.836	38.155	37.940	0.215	90.608	37.320	37.175	0.146	143.380	36.283	36.122	0.160	
38.832	38.125	37.935	0.190	91.604	37.317	37.162	0.154	144.375	36.263	36.090	0.172	
39.828	38.075	37.922	0.153	92.599	37.279	37.145	0.133	145.371	36.275	36.084	0.191	
40.823	38.062	37.908	0.153	93.595	37.275	37.114	0.161	146.367	36.235	36.081	0.154	
41.819	38.047	37.905	0.142	94.591	37.248	37.083	0.165	147.362	36.218	36.067	0.151	
42.815	38.037	37.888	0.149	95.586	37.224	37.082	0.142	148.358	36.191	36.044	0.148	
43.810	38.041	37.877	0.163	96.582	37.202	37.051	0.151	149.354	36.174	36.024	0.150	
44.806	38.025	37.847	0.179	97.578	37.167	37.023	0.144	150.349	36.175	35.979	0.196	
45.802	38.011	37.822	0.189	98.574	37.173	37.018	0.155	151.345	36.144	35.969	0.174	
46.798	38.005	37.832	0.173	99.569	37.146	36.967	0.179	152.341	36.144	35.981	0.163	
47.793	38.000	37.834	0.166	100.565	37.137	36.920	0.217	153.337	36.123	35.983	0.140	
48.789	37.969	37.824	0.145	101.561	37.113	36.905	0.208	154.332	36.092	35.957	0.136	
49.785	37.962	37.827	0.135	102.556	37.055	36.892	0.164	155.328	36.063	35.922	0.141	
50.780	37.944	37.818	0.126	103.552	37.026	36.866	0.160	156.324	36.048	35.888	0.160	
51.776	37.894	37.788	0.106	104.548	37.004	36.845	0.159					

TABELLA 5. CONFRONTO TRA LE QUOTE ALTIMETRICHE DEI LIDAR 2010 E 2008 RELATIVE ALLA SEZIONE LUNGO VIA PARRI

Dai risultati sopra riportati si può concludere che tra i DTM degli anni 2010 e 2008 vi è una differenza altimetrica pressoché costante riscontrata su punti fissi privi di vegetazione e fabbricati; nello specifico risulta che le quote del lidar 2008 sono più basse mediamente di 18 cm rispetto a quelle del volo 2010.

È stata così eseguita l'operazione di somma del valore 0.18 m al DTM LIDAR del 2008 e successivamente è stata effettuata di nuovo la differenza tra i DTM del 2010 e del 2008 modificato ottenendo una *grid* con le seguenti caratteristiche:

Count:	1434452
Minimum:	-5.198001862
Maximum:	4.891998291
Sum:	8,535.595729
Mean:	0.005950423
Standard Deviation:	0.362827018

Si può notare come la media dei valori sia praticamente nulla restando comunque valori localizzati elevati che si individuano soprattutto in corrispondenza di fabbricati e vegetazione.

3.2.2 Georeferenziazione altimetrica dei tre voli lidar

Alla luce di quanto sopra riportato la procedura per georeferenziare a livello altimetrico i dati dei DTM lidar dei due voli disponibili da noi seguita è stata così articolata:

1. Il territorio oggetto di studio è coperto dai voli lidar del 2010 e 2008;
2. È stato assunto il volo 2010 come riferimento in quanto copre una superficie maggiore e risulta più recente;
3. Sono state riscontrate differenze di quota tra il volo 2008 e 2010 di circa 18 cm (2008 più basso);
4. È stato previsto di alzare le quote del lidar 2008 di 18 cm;
5. Nell'unione delle *grid* dei due voli è stato considerato il volo 2010 come quello di riferimento altimetrico assoluto e quindi posto sopra al volo del 2008 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.

3.3 RILIEVI TOPOGRAFICI DEI CORSI D'ACQUA

I dati topografici utilizzati nella modellazione idraulica dei vari corsi d'acqua sono stati ripresi dallo "Studio Idrologico ed Idraulico di supporto al Piano Strutturale del Comune di Pescia" redatto nel Marzo del 2011 dall'Ufficio Tecnico – Settore Progettazione dell'ex Consorzio di Bonifica del Padule di Fucecchio.

Tali dati topografici sono stati implementati dagli scriventi effettuando appositamente rilievi strumentali relativi ai seguenti corsi d'acqua:

- Fosso Montecarlo
- Fiume Pescia di Pescia
- Torrente Pescia di Collodi.

Al fine di una corretta modellazione geometrica-idraulica, sono state estratte dal DTM LIDAR ulteriori sezioni topografiche verificate durante appositi sopralluoghi sul posto ed opportunamente modificate/corrette mediante misure strumentali e/o speditive.

Tutte le geometrie dei corsi d'acqua oggetto di modellazione sono state infine univocamente georiferite altimetricamente alle quote del DTM LIDAR ottenuto come descritto in precedenza.

4 ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica è stata condotta con il modello PIENE messo a punto per il Consorzio di Bonifica del Padule di Fucecchio nell'ambito degli studi di Area Vasta.

L'analisi idrologica è finalizzata alla determinazione degli idrogrammi di piena per i tempi di ritorno di 30 e 200 anni.

Nella seguente Figura 14 si riportano le sezioni di interesse nel Comune di Pescia.

Nella seguente Figura 15 sono riportati tutti i sottobacini considerati.

4.1 CALCOLO DELLE CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

Le curve di possibilità pluviometrica sono state stimate a partire da quelle redatte dall'Università di Firenze per conto della Regione utilizzando i dati pluviometrici a tutto il 2012.

La curva di possibilità pluviometrica può essere espressa nella forma generica:

$$h = a t^n$$

dove:

- h altezza di pioggia in [mm/h];
- t durata evento [h];
- a coefficiente dipendente dal tempo di ritorno [mm/hⁿ];
- n esponente della curva di possibilità pluviometrica.

Gli studi condotti dall'Università di Firenze forniscono i valori di a e n su una maglia di 1kmx1km su tutto il territorio regionale per i tempi di ritorno di 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200 e 500 anni.

Approssimando la curva di crescita, che dipende dal modello probabilistico utilizzato per la stima delle altezze di pioggia per le varie durate e per i vari tempi di ritorno, con un legge di potenza, la curva di possibilità pluviometrica può essere espressa nella forma:

$$h = a' t^n T^m$$

dove:

- a' coefficiente [mm/hⁿ y^m];
- T tempo di ritorno in anni [y].

Di norma la curva di possibilità pluviometrica presenta due andamenti distinti per le durate inferiori e superiori all'ora con differenti coefficienti. Gli studi condotti dalla Università di Firenze forniscono i dati solo per durate superiori all'ora il cui utilizzo risulta comunque cautelativo.

4.2 IL MODELLO IDROLOGICO

La valutazione delle portate di piena è stata condotta con il modello PIENE.

Il modello PIENE è un modello a parametri distribuiti che utilizza le seguenti cartografie di base:

- modello digitale del terreno (DTM) 25x25m finalizzato al calcolo del raster dei puntatori (Figura 16);
- mappa dell'uso del suolo elaborata a partire dai dati forniti dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno (Carta dell'Uso prodotta secondo la metodologia Corine Land Cover) (Figura 17)
- mappa delle formazioni geo-litologiche fornita dalla Autorità di Bacino del Fiume Arno sulla base dei fogli in scala 1:10.000 realizzati dal Servizio Geologico Nazionale (Figura 18).
- mappa dei parametri delle curve di possibilità pluviometrica calcolate dalla Università di Firenze per conto della Regione Toscana (Figura 19, Figura 20, Figura 21).

Il modello è stato tarato nell'ambito degli studi di Area Vasta condotti dal Consorzio di Bonifica del Padule di Fucecchio sui 6 eventi verificatisi nel bacino del Padule di Fucecchio riportati nella tabella seguente.

<i>EVENTO</i>	<i>DATA INIZIO</i>	<i>DATA FINE</i>
<i>Nievole 1966</i>	<i>03/11/1966 00.00</i>	<i>06/11/1966 00.00</i>
<i>Nievole 1967</i>	<i>07/03/1967 12.00</i>	<i>10/03/1967 12.00</i>
<i>Nievole 1968</i>	<i>21/02/1968 00.00</i>	<i>25/02/1968 00.00</i>
<i>Pescia 1952</i>	<i>18/11/1952 09.00</i>	<i>21/11/1952 09.00</i>
<i>Pescia 1955_02</i>	<i>15/02/1955 09.00</i>	<i>21/02/1955 09.00</i>
<i>Pescia 1955_11</i>	<i>30/11/1955 00.00</i>	<i>03/12/1955 00.00</i>

TABELLA 6. EVENTI UTILIZZATI PER LA TARATURA DEL MODELLO

Il modello utilizza le seguenti mappe derivate da quelle di base:

- Mappa dei puntatori: specifica in quale cella contigua viene trasferita l'acqua in uscita dalla cella esaminata. Tale specificazione consegue dal confronto tra la quota della cella in esame e quelle delle otto celle circostanti.
- Mappa degli ordini di calcolo: specifica l'ordine della cella (ad ogni cella viene attribuito l'ordine massimo delle celle a monte +1); la mappa viene calcolata in funzione della mappa dei puntatori;
- Mappa dei bacini: identifica con uno stesso codice tutte le celle che afferiscono a una stessa foce; viene calcolata in funzione della mappa dei puntatori;
- Mappa delle velocità: fornisce le velocità di deflusso su ogni cella;
- Mappa dei tempi di trasferimento: specifica il tempo di trasferimento da una cella alla foce in funzione della mappa delle velocità. Il percorso verso la foce viene individuato in funzione dei puntatori;
- Mappa della capacità di ritenuta del suolo (indicata con SC, Storage Capacity): la mappa è stata calcolata in funzione di geolittologia e uso del suolo secondo la Tabella 7 e Tabella 8. I valori derivati sono stati sommati tra di loro.

- Mappa della velocità di infiltrazione del suolo: la mappa è stata calcolata in funzione di geolitologia e uso del suolo secondo la Tabella 9 e Tabella 10. I valori derivati sono stati moltiplicati tra di loro.

Codice	SC media [mm]	SC dev.sta. [mm]	Descrizione
1	100	50	detriti
2	80	40	alluvioni recenti e attuali Olocene
3	80	40	terreno palustre Olocene
4	100	50	Conoidi Olocene
5	56	28	travertini Olocene
6	80	40	alluvioni terrazzate; ove distinte at1, at2, at3 Pleist. sup.
7	80	40	sabbie arrossate, conglomerati e depositi ciottolosi a stratificazione incrociata e a prevalenti elementi di "verrucano"; Pleist. Medio
8	80	40	("formazione di Villa Babbiani") sabbie con tasche e lenti di ciottoli di "macigno" Pleist. inf.
9	90	45	Conglomerati e ciottoli a prevalenti elementi di "verrucano"(zona di Montecarlo); di "macigno" e di "ligure" (aree piu' settentrionali) Post-Villafranchiano
10	80	40	argille grigrie lignitifere, argille sabbiose e sabbie di ambiente lacustre; talora livelli ciottolosi ad elementi di "macigno" e subordinatamente di calcari della serie toscana; livelli torbosi Rusciniano inf.-Villafranchiano sup.
11	90	45	conglomerato a grossi ciottoli di "macigno" Rusciniano inf.?
12	90	45	conglomerati e ghiaie prevalentemente argillose, con sabbie e sabbie argillose (al tetto e laterale di Ps) Plioc. inf.-medio
13	80	40	sabbie gialle, arenarie Pliocene inf.-medio
14	60	30	argille azzurre e cinerine Plioc. inf.-medio
15	62	31	conglomerati, sabbie, lenti di calcari detritico-organogeni; a luoghi conglomerati ad elementi di "macigno Plioc. inf.-medio
16	56	28	("alberese" e "formazione di Lanciaia") calcari a grana fine grigio chiari, calcari marnosi scuri e arenarie calcaree gradate Paleocene-Eocene medio
17	56	28	argille e marne con calcari, calcari marnosi, arenarie e calcareniti intercalate talora brecce sedimentarie costituite da rocce verdi, diaspri e calcari litografici
18	62	31	("argilliti di Fiumalbo - marne di Le Piastre") argilliti varicolori, siltiti e marne grigie Oligocene superiore
19	62	31	("olistostroma basale") argilliti grigio scure con blocchi e frammenti di strato, calcari marnosi, microbrecce calcaree e arenarie Oligocene superiore
20	62	31	("macigno") arenarie quarzoso-felspatiche alternate a sottili interstrati di argilliti e siltiti;
21	62	31	calcareniti e calciruditi grigie, gradate Eocene
22	90	45	("scaglia toscana") argilliti rosse e varicolori con intercalazioni di calcari silicei grigi, marne rosse e calcareniti; al tetto marne siltose grigie, subordinatamente varicolori; Cretaceo inf. p.p.-Oligocene
23	32	16	("maiolica") calcari e calcari litografici selciferi bianco latte; nella parte alta calcari grigi talora selciferi e calcareniti Titonico sup.-Neocomiano/Barremiano
24	32	16	("diaspri") radiolariti ed argilliti silicee, sottilmente stratificate, prevalentemente rosse Malm p.p.
25	62	31	("calcari grigio a selci nere") calcari e calcareniti gradate grigio scure, gradate, a liste e noduli di selce nera Dogger sup.-Malm p.p.

26	56	28	("marni a <i>Posidonomya</i> ") marni e argilliti marnose grigio giallastre, talora con strati di calcareniti gradate e con rari livelli di radiolariti; intercalazioni nella parte alta di radiolariti Lias sup.-Dogger p.p
27	62	31	("calcari grigi a selci chiare") calcari stratificati di colore da grigio a giallastro, leggermente marnosi, a grana fine, con liste e noduli di selce grigia; localmente sottili strati di argilliti e di marni in lastre Lias medio e superiore

TABELLA 11. TABELLA GEOLITOLOGIA - CAPACITÀ DI RITENUTA

Codice	SC media [mm]	SC dev.sta. [mm]	Descrizione
1	0.1	0.05	Tessuto urbano continuo
2	0.1	0.05	Tessuto urbano discontinuo
3	0.1	0.05	Aree industriali o commerciali
4	0.1	0.05	Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori
5	0.1	0.05	Aree estrattive
6	15	7.5	Aree verdi urbane
7	5	2.5	Aree sportive e ricreative
8	15	7.5	Seminativi in aree non irrigue
9	5	2.5	Vigneti
10	5	2.5	Oliveti
11	10	5	Prati stabili
12	10	5	Prati stabili
13	10	5	Zone agricole eterogenee
14	10	5	Colture annuali associate a colture permanenti
15	5	2.5	Sistemi colturali e particellari complessi
16	15	7.5	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con spazi naturali
17	20	10	Boschi di latifoglie
18	20	10	Boschi di conifere
19	20	10	Boschi misti
20	5	2.5	Aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota
21	10	5	Brughiere e cespuglieti
22	15	7.5	Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione
23	5	2.5	Aree percorse da incendio
24	20	10	Paludi interne
25	20	10	Corsi d'acqua, canali e idrovie

TABELLA 12. TABELLA USO DEL SUOLO - CAPACITÀ DI RITENUTA

Codice	IN media [mm/h]	IN dev.sta. [mm/h]	Descrizione
1	8	4	detriti
2	0.5	0.25	alluvioni recenti e attuali Olocene
3	0.5	0.25	terreno palustre Olocene
4	8	4	Conoidi Olocene
5	7.75	3.88	travertini Olocene
6	0.5	0.25	alluvioni terrazzate; ove distinte at1, at2, at3 Pleist. sup.
7	2.32	1.16	sabbie arrossate, conglomerati e depositi ciottolosi a stratificazione incrociata e a prevalenti elementi di "verrucano"; Pleist. Medio

8	2.32	1.16	("formazione di Villa Babbiani") sabbie con tasche e lenti di ciottoli di "macigno" Pleist. inf.
9	3	1.5	Conglomerati e ciottoli a prevalenti elementi di "verrucano"(zona di Montecarlo); di "macigno" e di "ligure" (aree piu' settentrionali) Post-Villafranchiano
10	1	0.5	argille grigie lignitifere, argille sabbiose e sabbie di ambiente lacustre; talora livelli ciottolosi ad elementi di "macigno" e subordinatamente di calcari della serie toscana; livelli torbosi Ruscignano inf.-Villafranchiano sup.
11	3	1.5	conglomerato a grossi ciottoli di "macigno" Ruscignano inf.?
12	3	1.5	conglomerati e ghiaie prevalentemente argillose, con sabbie e sabbie argillose (al tetto e laterale di Ps) Plioc. inf.-medio
13	1.55	0.78	sabbie gialle, arenarie Pliocene inf.-medio
14	0.5	0.25	argille azzurre e cinerine Plioc. inf.-medio
15	0.77	0.39	conglomerati, sabbie, lenti di calcari detritico-organogeni; a luoghi conglomerati ad elementi di "macigno Plioc. inf.-medio
16	0.5	0.25	("alberese" e "formazione di Lanciaia") calcari a grana fine grigio chiari, calcari marnosi scuri e arenarie calcaree gradate Paleocene-Eocene medio
17	0.5	0.25	argille e marne con calcari, calcari marnosi, arenarie e calcareniti intercalate talora breccie sedimentarie costituite da rocce verdi, diaspri e calcari litografici
18	0.5	0.25	("argilliti di Fiumalbo - marne di Le Piastre") argilliti varicolori, siltiti e marne grigie Oligocene superiore
19	1.25	0.63	("olistostroma basale") argilliti grigio scure con blocchi e frammenti di strato, calcari marnosi, microbreccie calcaree e arenarie Oligocene superiore
20	1.55	0.78	("macigno") arenarie quarzoso-felspatiche alternate a sottili interstrati di argilliti e siltiti;
21	4.65	2.33	calcareniti e calciruditi grigie, gradate Eocene
22	1.05	0.53	("scaglia toscana") argilliti rosse e varicolori con intercalazioni di calcari silicei grigi, marne rosse e calcareniti; al tetto marne siltose grigie, subordinatamente varicolori; Cretaceo inf. p.p.-Oligocene
23	7.75	3.88	("maiolica") calcari e calcari litografici selciferi bianco latte; nella parte alta calcari grigi talora selciferi e calcareniti Tironico sup.-Neocomiano/Barremiano
24	3.88	1.94	("diaspri") radiolariti ed argilliti silicee, sottilmente stratificate, prevalentemente rosse Malm p.p.
25	4.65	2.33	("calcari grigio a selci nere") calcari e calcareniti gradate grigio scure, gradate, a liste e noduli di selce nera Dogger sup.-Malm p.p.
26	0.5	0.25	("marne a Posidonomya") marne e argilliti marnose grigio giallastre, talora con strati di calcareniti gradate e con rari livelli di radiolariti; intercalazioni nella parte alta di radiolariti Lias sup.-Dogger p.p
27	7.75	3.88	("calcari grigi a selci chiare") calcari stratificati di coloreda grigio a giallastro, leggermente marnosi, a grana fine, con liste e noduli di selce grigia; localmente sottili strati di argilliti e di marne in lastrine Lias medio e superiore

TABELLA 13. TABELLA GEOLITOLOGIA - INFILTRAZIONE A SATURAZIONE

Codice	IN media	IN dev.sta.	Descrizione
1	0.3	0.15	Tessuto urbano continuo
2	0.3	0.15	Tessuto urbano discontinuo
3	0.2	0.1	Aree industriali o commerciali
4	0.9	0.45	Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori
5	1	0.5	Aree estrattive
6	1	0.5	Aree verdi urbane
7	1	0.5	Aree sportive e ricreative
8	1.3	0.65	Seminativi in aree non irrigue
9	1.1	0.55	Vigneti
10	1.1	0.55	Oliveti
11	1	0.5	Prati stabili
12	1	0.5	Prati stabili
13	0.9	0.45	Zone agricole eterogenee
14	1.1	0.55	Colture annuali associate a colture permanenti
15	0.9	0.45	Sistemi colturali e particellari complessi
16	1.3	0.65	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con spazi naturali
17	1.2	0.6	Boschi di latifoglie
18	1.2	0.6	Boschi di conifere
19	1.2	0.6	Boschi misti
20	1	0.5	Aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota
21	1	0.5	Brughiere e cespuglieti
22	1	0.5	Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione
23	1	0.5	Aree percorse da incendio
24	1	0.5	Paludi interne
25	1	0.5	Corsi d'acqua, canali e idrovie

TABELLA 14. TABELLA USO DEL SUOLO - INFILTRAZIONE A SATURAZIONE

Il calcolo viene condotto per ciascuna cella e per tutti i passi temporali secondo le seguenti fasi:

- intercettazione: in questa fase si effettua una stima della quantità di acqua che viene comunque sottratta al deflusso superficiale. La stima è riferita ad una componente iniziale che comprende le varie perdite per intercettazione (vegetazione, assorbimento del suolo) e ad una componente a regime riferita alla capacità di infiltrazione a saturazione;
- suolo: in questa fase si ricostruisce il bilancio idrologico del suolo, valutando la quantità d'acqua che va ad alimentare il volume profondo e la componente del deflusso ipodermico;
- canale: in questa fase si simula il trasferimento del deflusso superficiale e di quello ipodermico dalla singola cella alla sezione di chiusura.

Nella figura seguente si riporta uno schema del modello idrologico adottato.

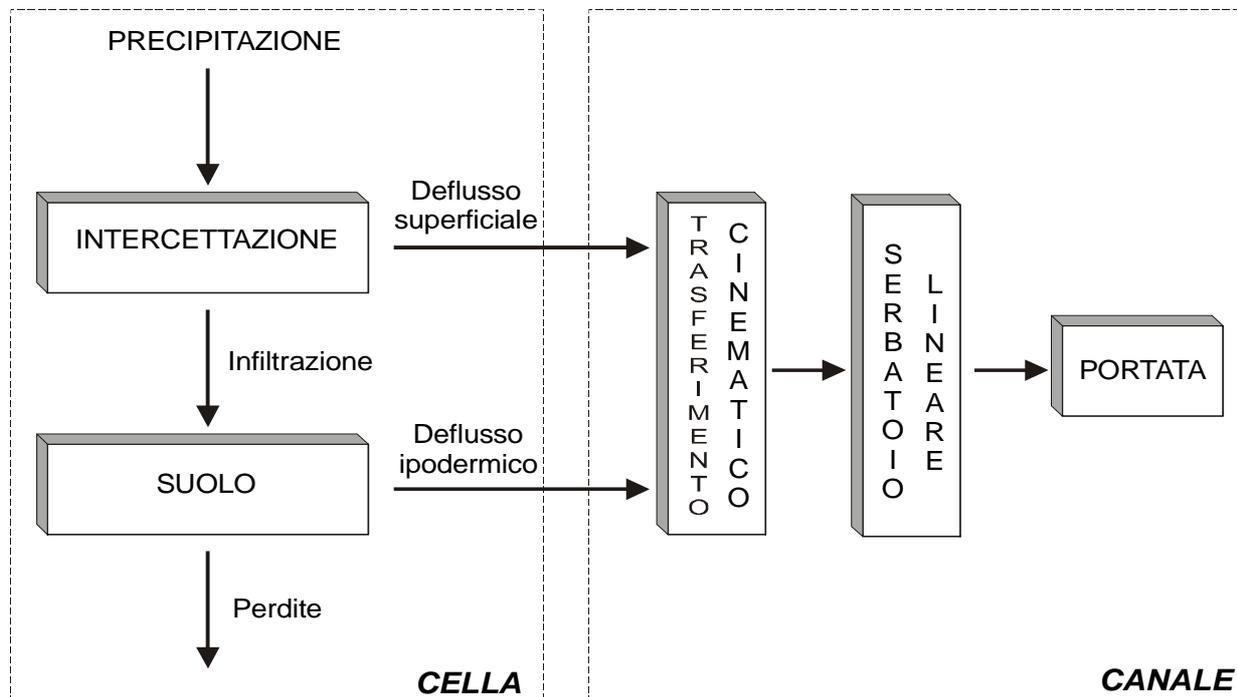


FIGURA 14. SCHEMA DEL MODELLO PIENE

Il modello necessita della definizione dei seguenti parametri validi su tutto il bacino:

- α_0 = frazione di volume di suolo inizialmente occupata da acqua (stato di umidità iniziale) [/]
- RI = coefficiente moltiplicativo del raster della capacità di ritenuta del suolo [/]
- IN = coefficiente moltiplicativo della velocità di infiltrazione a saturazione [/]
- IP = coefficiente moltiplicativo della componente ipodermica [/]
- MT = coefficiente moltiplicativo della velocità di trasferimento [/]
- CI = coefficiente ripartizione cinematico-invaso [/]

Nella tabella seguente si riportano i parametri che saranno adottati nella generazione degli eventi per i diversi tempi di ritorno.

Saturazione α_0	Infiltrazione IN	Ritenuta RI	Ipodermico IP	Rapporto cinematico /invaso CI	Velocità di trasferimento MT
0.85	0.50	1.79	1.52	0.45	1.52

TABELLA 15. PARAMETRI DELLA TARATURA DEL MODELLO IDROLOGICO

L'input di precipitazione, in termini di ietogramma, è stato ricavato sulla base curve di possibilità pluviometria.

La variabilità spatio-temporale della precipitazione è messa in conto attraverso un coefficiente di riduzione, K_r , del tipo:

$$K_r = hA(A, t) / h(t)$$

dove $hA(A, t)$ è l'altezza di pioggia di durata t ragguagliata all'area A e $h(t)$ l'altezza di pioggia di durata t nel centro di scroscio.

Il valore di K_r dipende da tre fattori:

- l'estensione dell'area investita dalla precipitazione;
- la durata considerata;
- l'altezza di pioggia;

Per la quantificazione di K_r si è fatto riferimento alla formula dell'USWB opportunamente modificata per tenere in conto delle caratteristiche peculiari della Regione Toscana [4]

$$K_r = 1 - \exp(-\alpha t^\beta) + \exp(-\alpha t^\beta - \gamma A)$$

dove α , β e γ sono i parametri della formula, t [h] la durata della precipitazione e A [kmq] l'area del bacino.

Nel presente caso i parametri della formula adottata sono i seguenti:

- $\alpha = 0.036 \times a'$, dove a' è il parametro della curva di possibilità;
- $\beta = 0.25$;
- $\gamma = 0.01$.

Le simulazioni saranno condotte adottando la seguente metodologia:

- eventi pluviometrici estesi su tutto il bacino di intensità costante;
- coefficienti K_r di ragguaglio areale globale.

L'opzione globale prevede di calcolare separatamente il K_r della sezione di monte e della sezione di valle, e procedendo pertanto al calcolo del K_r del sottobacino con la seguente formula:

$$K_a = \frac{K_v A_v - K_m A_m}{(A_v - A_m)}$$

dove: K_v = coefficiente di ragguaglio areale per il bacino di valle; A_v = area del bacino di valle; K_m = coefficiente di ragguaglio areale per il bacino di monte; A_m = area del bacino di monte.

Gli idrogrammi di piena per i tratti oggetto di studio sono stati calcolati per durate dell'evento pari a 1, 3 e 6 ore e tempi di ritorno di 30 e 200 anni. Nell'Allegato I sono riportati tutti gli idrogrammi ottenuti.

Le sezioni di interesse sono riportate nella tabella seguente.

ID	CODICE	SEZIONE	R_VALLE	C_VALLE	R_MONTE	C_MONTE
1	PZA001	PUZZOLA	974	170	0	0
2	PZA002-023	PUZZOLA	941	196	974	170
3	PZA024	PUZZOLA	939	197	0	0
4	PZA026-043	PUZZOLA	898	236	940	198
5	PZA043-057	PUZZOLA	886	266	898	236
6	PZA057-064	PUZZOLA	862	278	884	268
7	PZA064	PUZZOLA	863	280	0	0
8	PC082	P_COLLODI	1135	159	0	0
9	PC081-044	P_COLLODI	1016	195	1135	159
10	PC043-026	P_COLLODI	962	244	1016	195
11	PNO001	PUZZOLINO	991	200	0	0
12	PNO002-020	PUZZOLINO	938	231	991	200
13	PNO021-032	PUZZOLINO	916	257	938	231
14	PNO033-PZA055	PUZZOLINO	887	267	916	257
15	DIL033	DILEZZA	1054	218	0	0
16	DIL032-014	DILEZZA	1010	263	1054	218
17	DIL013-009	DILEZZA	992	275	1010	263
18	DIL008-002	DILEZZA	979	297	991	276
19	DOG038	DOGANA	1028	203	0	0
20	DOG037-021	DOGANA	1003	235	1028	203
21	DOG020-001	DOGANA	991	274	1003	235
22	PE0850	PESCIA	1106	289	0	0
23	PE0835	PESCIA	1089	285	1106	289
24	PE0825	PESCIA	1075	286	1089	285
25	PE0820	PESCIA	1067	286	1075	286
26	PE0795	PESCIA	1052	284	1067	286
27	PE0705	PESCIA	985	299	1052	284
28	PE0695	PESCIA	977	299	985	299
29	PM-041	PESCIA MORTA	981	251	0	0
30	PM-040-021	PESCIA MORTA	961	294	981	251
31	PM-020-040	PESCIA MORTA	932	309	961	294
32	PM-039-003	PESCIA MORTA	878	341	932	309
33	1	MONTECARLO	888	311	0	0
34	2	MONTECARLO	859	308	888	311
35	3	MONTECARLO	796	354	859	308
36	1	PESCIA NUOVA	986	312	0	0
37	2	PESCIA NUOVA	903	363	986	312
38	3	PESCIA NUOVA	893	400	0	0

TABELLA 16. SEZIONI DI INTERESSE

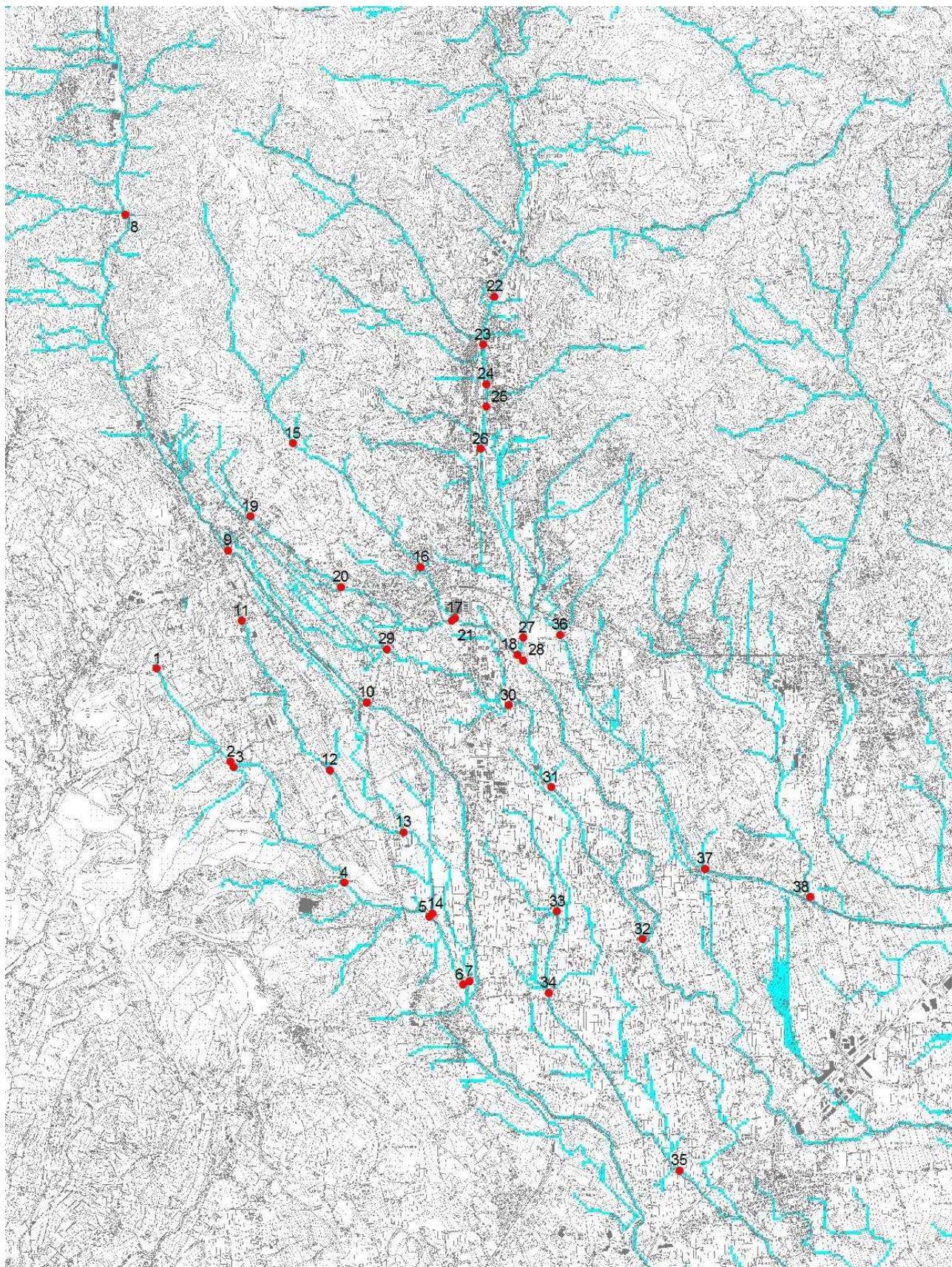


FIGURA 15. SEZIONI DI INTERESSE

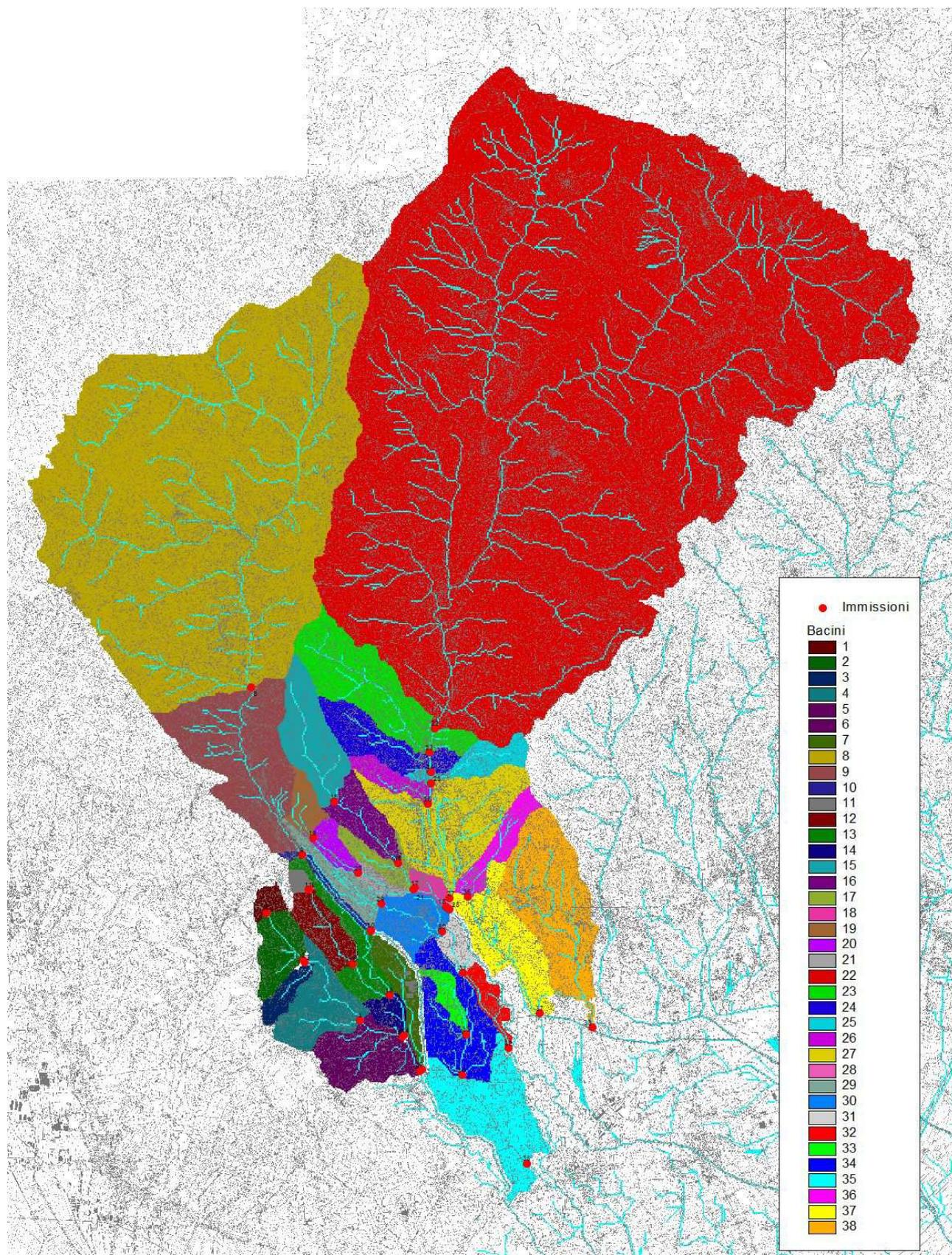


FIGURA 16. BACINI IDROGRAFICI

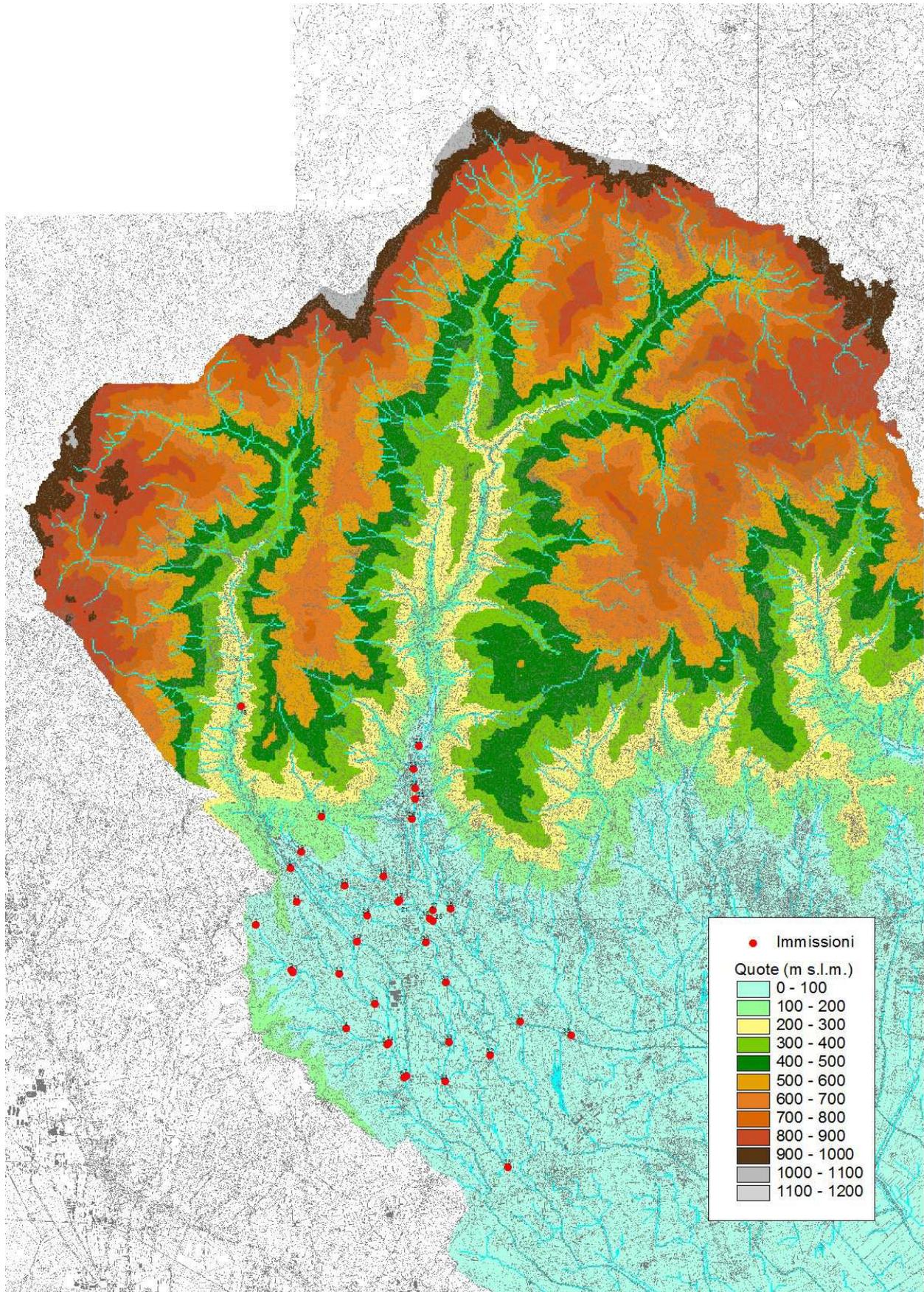


FIGURA 17. MODELLO DIGITALE DEL TERRENO

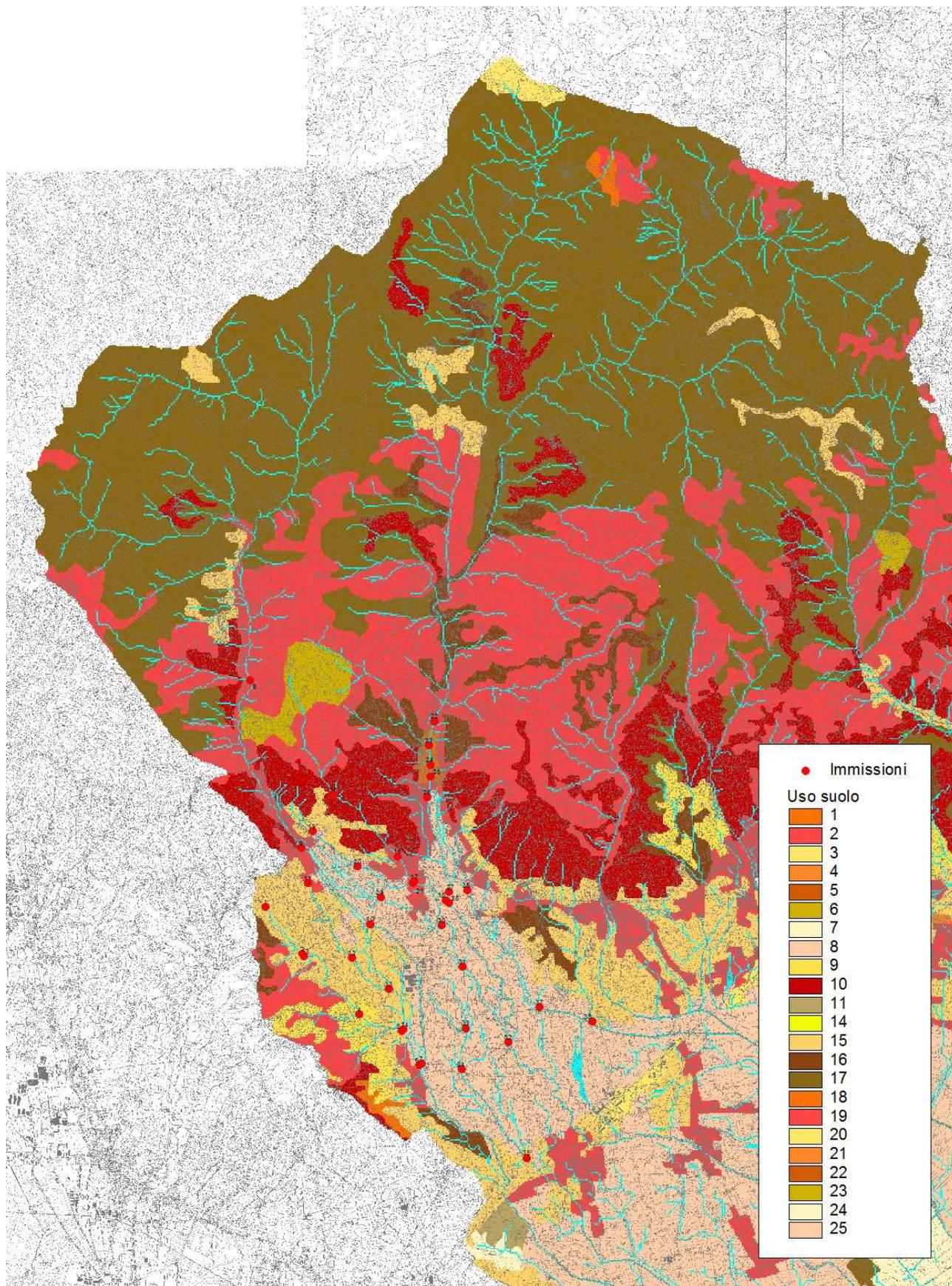


FIGURA 18. USO DEL SUOLO

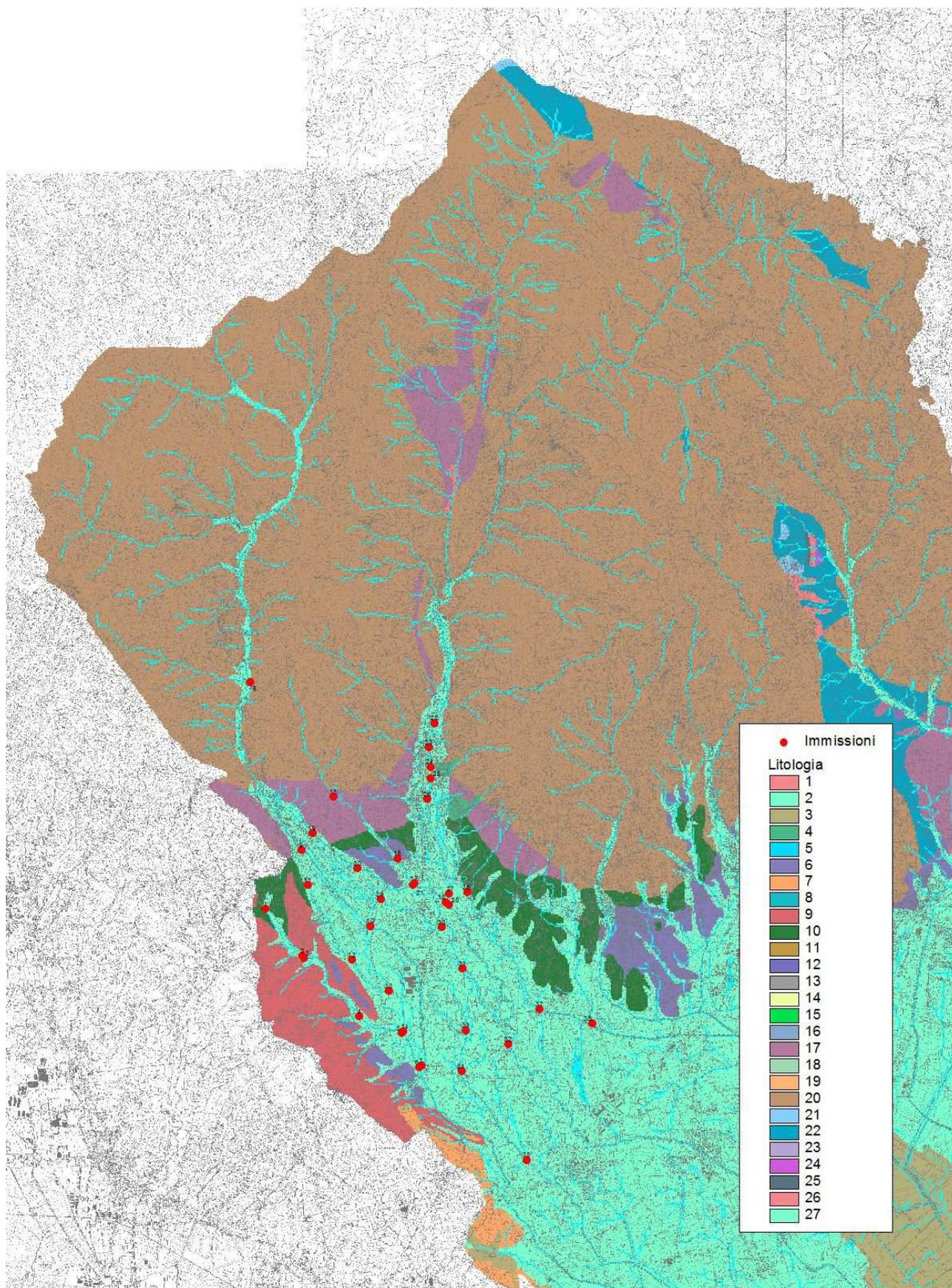


FIGURA 19. GEOLITOLOGIA

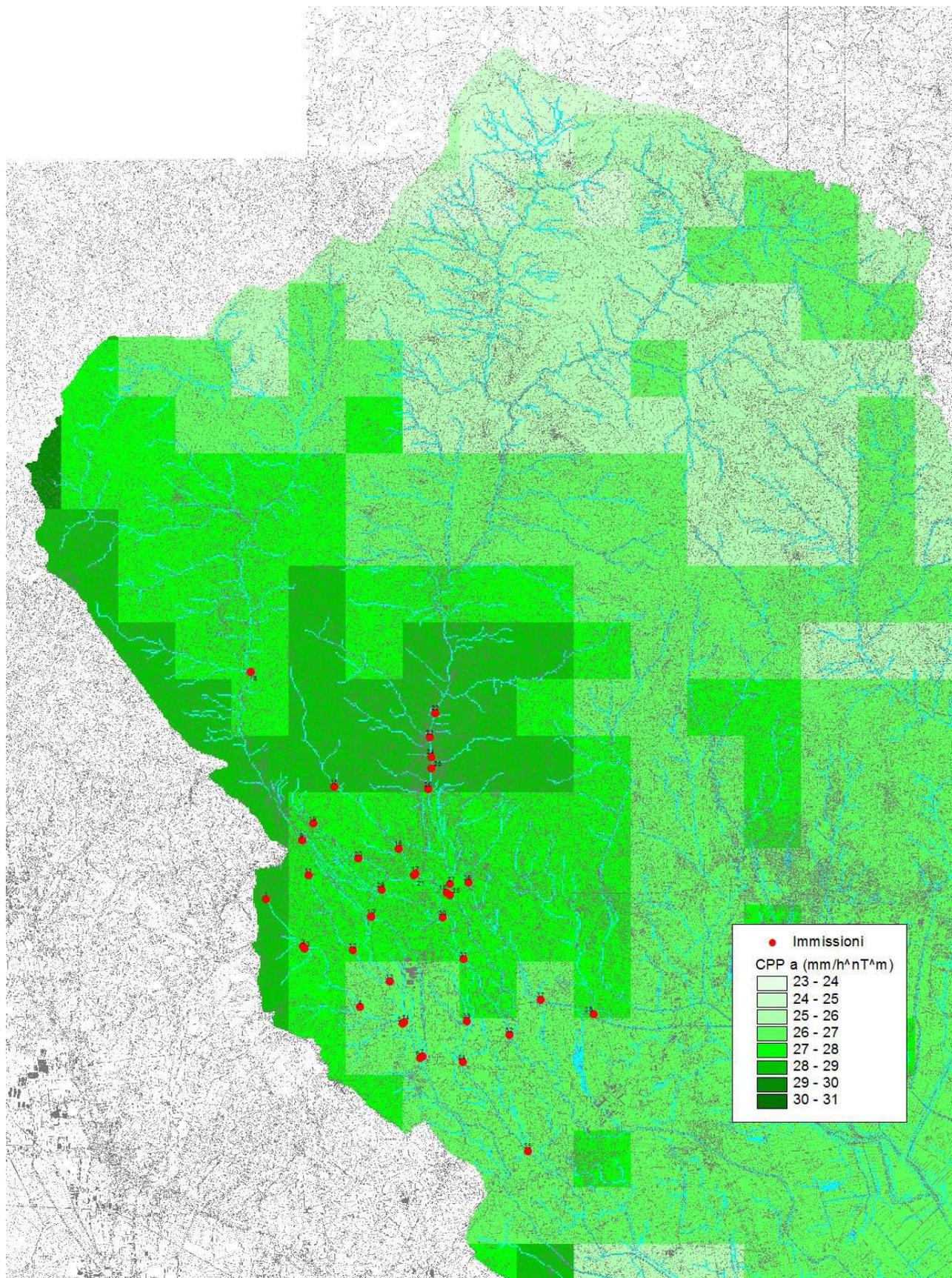


FIGURA 20. PARAMETRO A DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

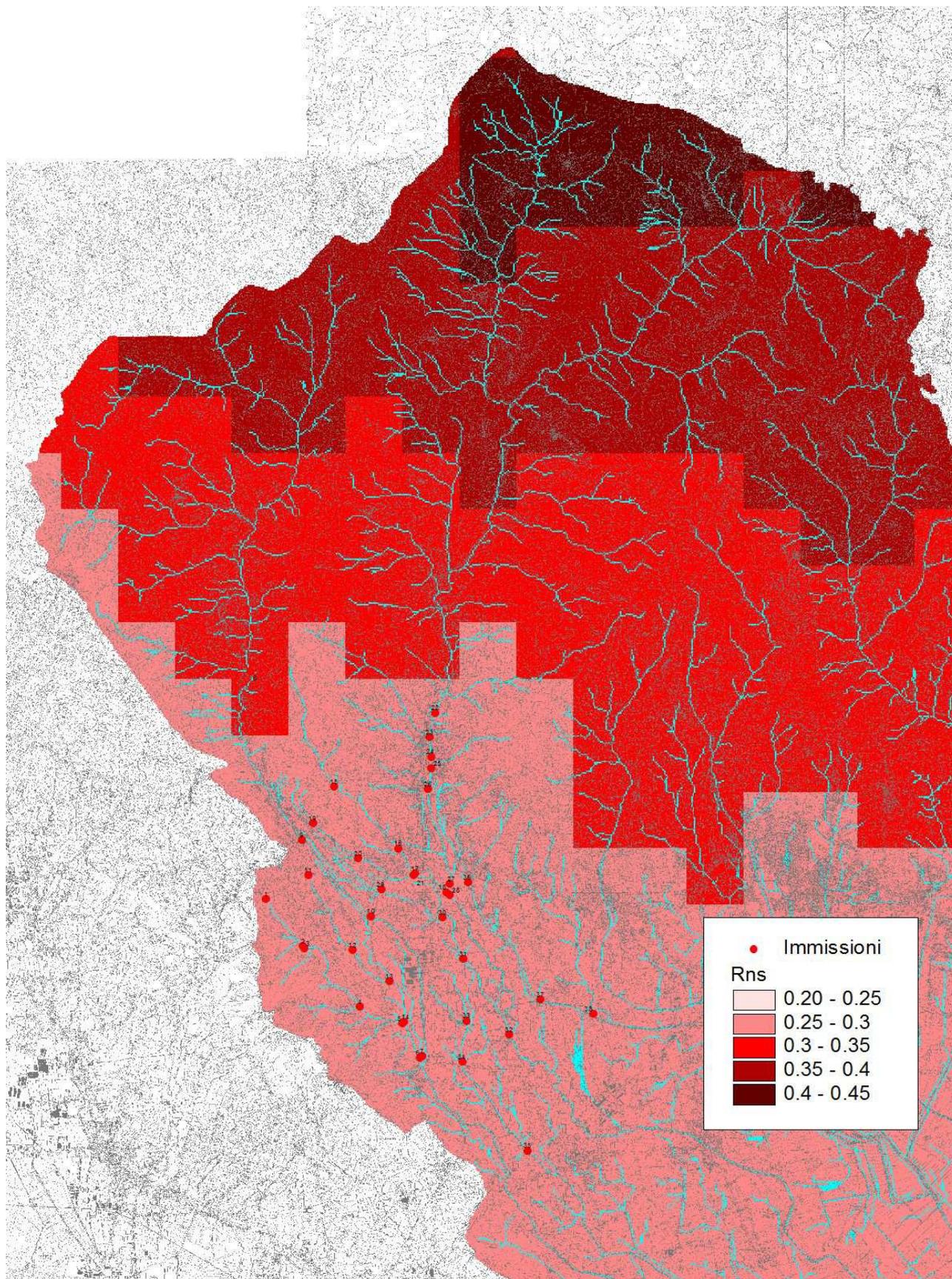


FIGURA 21. PARAMETRO N DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

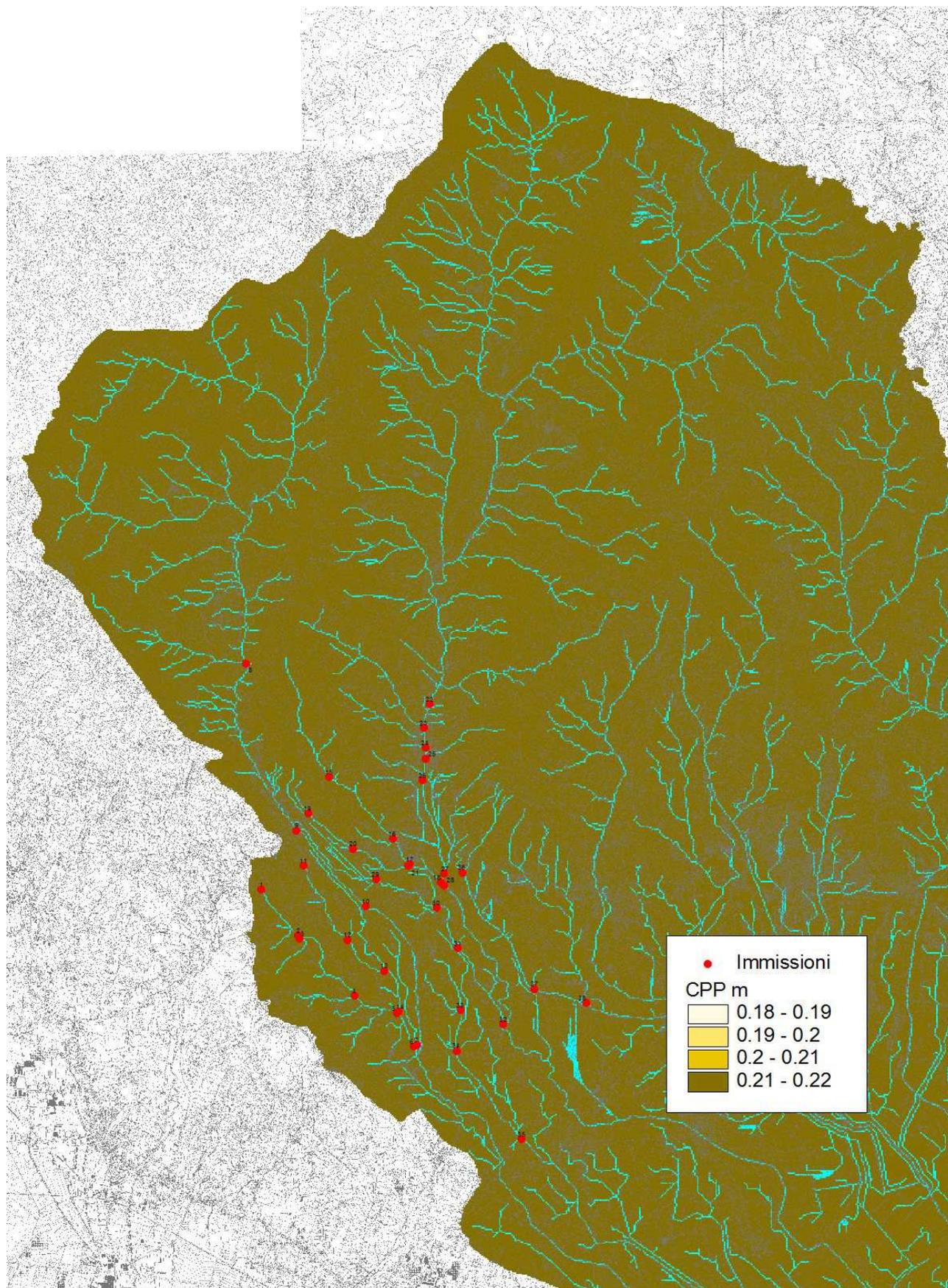


FIGURA 22. PARAMETRO M DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

5 ANALISI IDRAULICA

La modellazione idraulica è stata effettuata con il software Hec-Ras 5.0 che unisce alla classica modellazione mono-dimensionale dei corsi d'acqua la modellazione bi-dimensionale delle esondazioni a campagna.

Con il software Hec-Ras 5.0 è possibile modellare le aree di potenziale esondazione sulla base del DTM LIDAR suddividendo il territorio in celle di forma poligonale con un numero massimo di lati pari ad otto. A differenza di altri software bi-dimensionali, la singola cella creata in Hec-Ras 5.0 non presenta una superficie planare caratterizzata da un'unica quota di fondo costante ottenuta mediando le quote all'interno del suo perimetro, ma presenta la stessa superficie del DTM di base, che nel caso in esame ha una maglia di punti di 1m x 1m. I calcoli idraulici del passaggio dell'acqua da una cella a quella adiacente sono effettuati sulla base della geometria delle sezioni relative alle facce delle celle e delle curve d'invaso proprie delle singole celle.

Poiché la campitura finale delle aree allagate viene eseguita sulla base dei volumi d'invaso e di un unico valore del livello idrometrico per ogni cella, si può verificare che nella restituzione finale le celle caratterizzate da una pendenza significativa, che vengono interessate per la totalità della superficie dal transito dell'acqua, possono presentare la campitura della sola porzione più depressa. Per quanto sopra, ne consegue che su alcune aree di transito la restituzione grafica dei battenti può presentare discontinuità della campitura; di tale aspetto ne dovrà essere tenuto di conto nella redazione delle carte di pericolosità idraulica.

Di seguito si riporta la schematizzazione del reticolo oggetto di studio e delle aree di potenziale esondazione restituita sulla base DTM LIDAR e con l'indicazione del confine comunale.

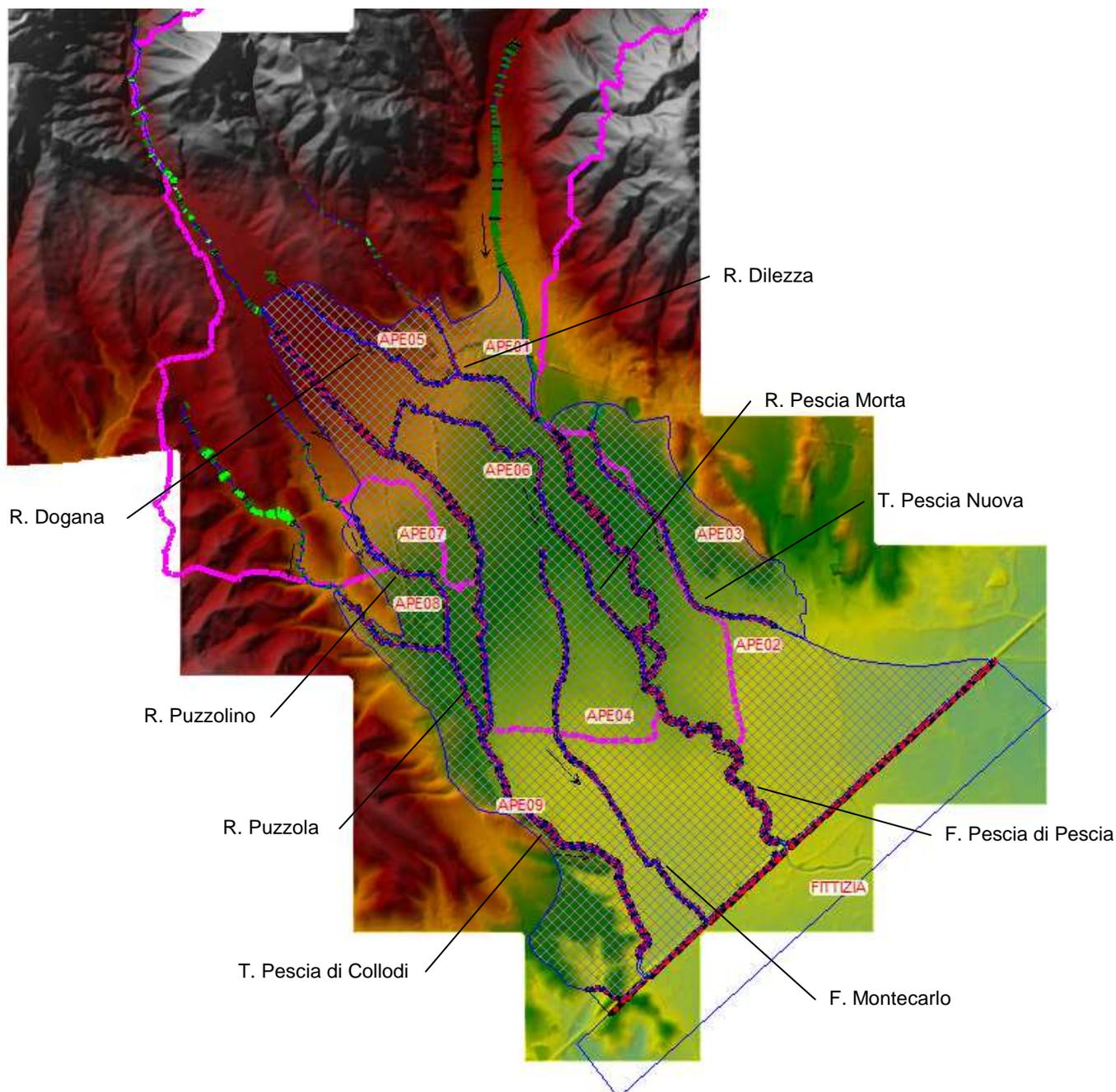


FIGURA 23. SCHEMATIZZAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO

I tratti dei corsi d'acqua che scorrono incassati nelle zone di fondovalle e che quindi durante un evento di piena non subiscono perdite di volume d'acqua, sono stati modellati estendendo, laddove necessario, le sezioni mediante l'utilizzo del DTM LIDAR. I tratti posti più a valle sono stati modellati posizionando gli sfioratori laterali sul ciglio di sponda o sulla sommità arginale, e collegando tali elementi alle celle dell'area di potenziale esondazione adiacente la sponda del corso d'acqua. Le aree di potenziale esondazione sono state suddivise in maglie di celle di ampiezza di 5 o 10 m. La maggior parte delle celle hanno forma quadrata, ad esclusione di quelle di bordo o quelle poste in corrispondenza di strade o rilevati in genere che hanno forma poligonale con numero di lati inferiore ad otto.

I corsi d'acqua oggetto del presente studio idrologico-idraulico sono stati modellati anche oltre il confine comunale, posizionando le sezioni di valle di chiusura delle aste analizzate del Fiume Pescia di Pescia, Torrente Pescia di Collodi e Fosso Montecarlo, a monte dell'autostrada A11, e del Torrente Pescia Nuova a monte della confluenza con il Rio Torto.

Le aree di potenziale esondazione denominate APE02, APE04 e APE09 terminano in corrispondenza del rilevato dell'autostrada A11 che fa da sbarramento ai transiti delle acque esondate a monte e sono state collegate a valle con la "storage area" denominata "FITTIZIA"; detta "storage area" è necessaria per "invasare" i volumi d'acqua che oltrepassano il rilevato autostradale. I collegamenti tra le aree di potenziale esondazione APE02, APE04, APE09 e la "storage area" "FITTIZIA" sono stati schematizzati con elementi di connessione creati con l'effettivo andamento del terreno posto a valle dell'autostrada sulla base del DTM LIDAR.

5.1 DATI D'INPUT DEL MODELLO IDRAULICO DI CALCOLO

I valori dei coefficienti di scabrezza (n di Manning) sono stati così assegnati:

- $0.035 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ per il Fiume Pescia di Pescia e per il Torrente Pescia di Collodi;
- $0.04 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ per tutti gli altri corsi d'acqua;
- $0.02 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ per i tratti di corsi d'acqua dove sono presenti rivestimenti in cls.

Per quanto riguarda le condizioni al contorno di monte e gli ingressi laterali relativi ai sottobacini individuati, sono stati assegnati gli idrogrammi riportati nell'elaborato All_01 ed ottenuti come descritto nel paragrafo "Analisi Idrologica".

Per quanto riguarda le condizioni al contorno di valle da assegnare al Fiume Pescia di Pescia, al Torrente Pescia di Collodi, al Fosso Montecarlo e al Torrente Pescia Nuova si è deciso di utilizzare la condizione "Normal Depth" assunta pari alla pendenza del fondo alveo nei tratti posti più a valle. Nel dettaglio sono stati assegnati i seguenti valori:

- 0.20% per il Torrente Pescia di Collodi, il Fosso Montecarlo e il Torrente Pescia Nuova;
- 0.13% per il Fiume Pescia di Pescia.

5.2 RISULTATI

Nell'elaborato All_02 sono riportati i risultati delle verifiche idrauliche per i sei scenari analizzati (TR30 e 200 anni e durate dell'evento pari a 1, 3 e 6 ore); nello specifico si riportano le tabelle di output relative alle sezioni e i profili longitudinali. Per i risultati delle perimetrazioni delle aree allagate si rimanda alle apposite tavole grafiche (Tav_01-Tav_06).

6 ANALISI DEI RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

Sulla base dei risultati dello studio è emerso che, per il territorio del Comune di Montecarlo:

Torrente Pescia di Collodi

Le tracimazioni spondali lungo il Torrente Pescia di Collodi si verificano sia per eventi con Tr 30 anni che 200 anni in corrispondenza della sponda destra nei seguenti tratti:

- da sezione n.32 a sezione n.25 (ponte della ferrovia);
- da sezione n.20 (in corrispondenza della vetreria in Comune di Pescia) a sezione n.7 (a monte della confluenza con il Rio Puzzola);
- da sezione n.6 (a valle della confluenza con il Rio Puzzola) a sezione n.1 (presso il ponte sulla Strada Provinciale 33);
- da sezione n.0.5 a sezione n.3 (ultima sezione all'interno del confine comunale).

Lungo la sponda sinistra si verificano tracimazioni sia per eventi con Tr 30 anni che 200 anni in corrispondenza dei seguenti tratti:

- da sezione n.7 (a monte della confluenza con il Rio Puzzola) a sezione n.1 (presso il ponte sulla Strada Provinciale 33).

Si segnala che le acque esondate vanno ad interessare, anche con battenti elevati, parte del nucleo abitato di San Salvatore e l'area rurale con presenza di edifici sparsi presente più a monte di detto abitato.

Rio Puzzola

Nel tratto di Rio Puzzola che scorre all'interno del territorio del Comune di Montecarlo si segnalano allagamenti a partire da eventi con Tr 30 anni nei seguenti tratti:

- da sezione n.21 a sezione n.7 (ponte della ferrovia) prevalentemente lungo la sponda destra;
- dalla confluenza con il Rio Puzzolino fino alla confluenza con il Torrente Pescia di Collodi.

Rio Puzzolino

Nel tratto di Rio Puzzolino che scorre all'interno del territorio del Comune di Montecarlo risultano allagamenti a partire da eventi con Tr 30 anni in particolare nei tratti immediatamente a monte dei vari attraversamenti presenti. Per eventi di piena con Tr 200 anni si segnala che le aree limitrofe al Rio Puzzolino, compreso il fosso stesso, vengono interessate dalle acque tracimate più a monte lungo la sponda destra del Torrente Pescia di Collodi, e una quota parte passa dagli attraversamenti stradali presenti lungo la linea ferroviaria Firenze-Lucca.

Fosso Montecarlo

Il fosso Montecarlo presenta problematiche di esondazioni a partire da eventi con Tr 30 anni nel tratto che va dalla sezione n.2475.028, posta presso il confine con il Comune di Pescia, fino alla sezione n.787.9942, posta presso il confine con il Comune di Chiesina Uzzanese. Gli allagamenti che dalle carte risultano per le aree rurali poste in sponda destra sono sostanzialmente effetto delle tracimazioni lungo il sistema Pescia di Pescia/Pescia Morta e lungo la sponda sinistra del Torrente Pescia di Collodi. Per eventi con Tr 200 anni le esondazioni del sistema Pescia di Pescia/Pescia Morta e del Torrente Pescia di Collodi sono nettamente predominanti rispetto a quelle che si vengono a verificare per effetto di tracimazioni lungo le sponde del fosso stesso.