

## Appendice 3: Soglie idrometriche sperimentali

## Sommario

1. Bacini strumentati: soglie idrometriche derivate da modello idrologico-idraulico implementato nel bacino .....	3
1.1 Fiume Fortore.....	3
1.1.1 Torrente Tona - P.te SP118.....	6
1.1.2 Torrente Staina - P.te SP9 .....	8
1.1.3 Fiume Fortore - P.te SP5 (P.te Casale - ex P.te del Littorio).....	10
1.1.4 Fiume Fortore - P.te SP46.....	12
1.1.5 Fiume Fortore - P.te SP142 (Civitate) .....	14
1.1.6 Fiume Fortore - P.te SP41b (Ripalta).....	16
1.1.7 Fiume Fortore - P.te SP42b (Colle d'Arena) .....	18
1.2 Torrente Candelaro .....	20
1.2.1 Canale S. Maria - P.te SP12.....	24
1.2.2 Torrente Triolo - P.te SP12 .....	26
1.2.3 Torrente Casanova - P.te SS17 .....	28
1.2.4 Torrente Salsola - P.te SP18 .....	30
1.2.5 Torrente Vulcano - P.te SP109 .....	32
1.2.6 Torrente Salsola - P.te SS16 .....	34
1.2.7 Torrente Celone - P.te SP113 (S. Vincenzo) .....	36
1.2.8 Torrente Celone - P.te SP116 (S. Giusto) .....	38
1.2.9 Torrente Celone - SS16.....	40
1.2.10 Torrente Candelaro - P.te SS272.....	42
1.2.11 Torrente Candelaro - P.te SP60 (ex 13 luci) .....	44
1.3 Dati morfometrici delle sezioni di misura e soglie idrometriche .....	45
2. Bacini strumentati: soglie idrometriche derivate da analisi statistica e/o da considerazioni geometriche .....	48
2.1 Metodologia di analisi statistica dei massimi annuali di portata al colmo.....	48
2.2 Torrente Carapelle.....	50
2.2.1 Torrente Carapelle – P.te SR01.....	50
2.2.2 Torrente Carapelle - SS161 (P.te vecchio Ordona-Castelluccio dei Sauri) .....	52
2.3 Torrente Cervaro .....	55
2.3.1 Torrente Cervaro – P.te SP106 .....	55
2.3.2 Torrente Cervaro - Z.I. Incoronata.....	57
2.4 Fiume Ofanto .....	60
2.4.1 Fiume Ofanto - SP155 (Monteverde scalo - P.te dell'Olio) .....	60
2.4.2 Fiume Ofanto - P.te SS529 (Gaudiano) .....	63
2.4.3 Fiume Ofanto - S. Samuele di Cafiero .....	65

2.5 Fiume Lato .....	67
2.5.1 Fiume Lato - P.te SP13 .....	67
2.5.2 Fiume Lato - P.te SP14 .....	69
2.5.3 Fiume Lato – SS106.....	71
2.6 Torrente Lognone – P.te SP2 .....	73
2.7 Torrente Calena – P.te SS89 .....	75
2.8 Canale Macinino – P.te SS89.....	77
2.9 Torrente Saccione – P.te SS16ter.....	79
2.10 Dati morfometrici delle sezioni di misura e soglie idrometriche.....	81

## 1. Bacini strumentati: soglie idrometriche derivate da modello idrologico-idraulico implementato nel bacino

I sistemi modellistici implementati sul fiume Fortore e sul torrente Candelaro si basano su:

- un modulo idrodinamico per la simulazione di livelli e portate nel corso d'acqua;
- un modulo idrologico per la trasformazione afflussi - deflussi, direttamente collegato alla componente idrodinamica;
- un modulo di assimilazione delle osservazioni idrometriche, utilizzato per la correzione in tempo reale degli errori;
- un modulo per la simulazione di organi mobili e di controllo e opere di sbarramento.

I modelli sono stati costruiti sulla base della geometria delle sezioni e la morfologia del bacino e sono stati calibrati sulla base dei dati delle centraline idro-meteo-pluviometriche della rete fiduciaria del centro Funzionale Decentrato della Regione Puglia.

### 1.1 Fiume Fortore

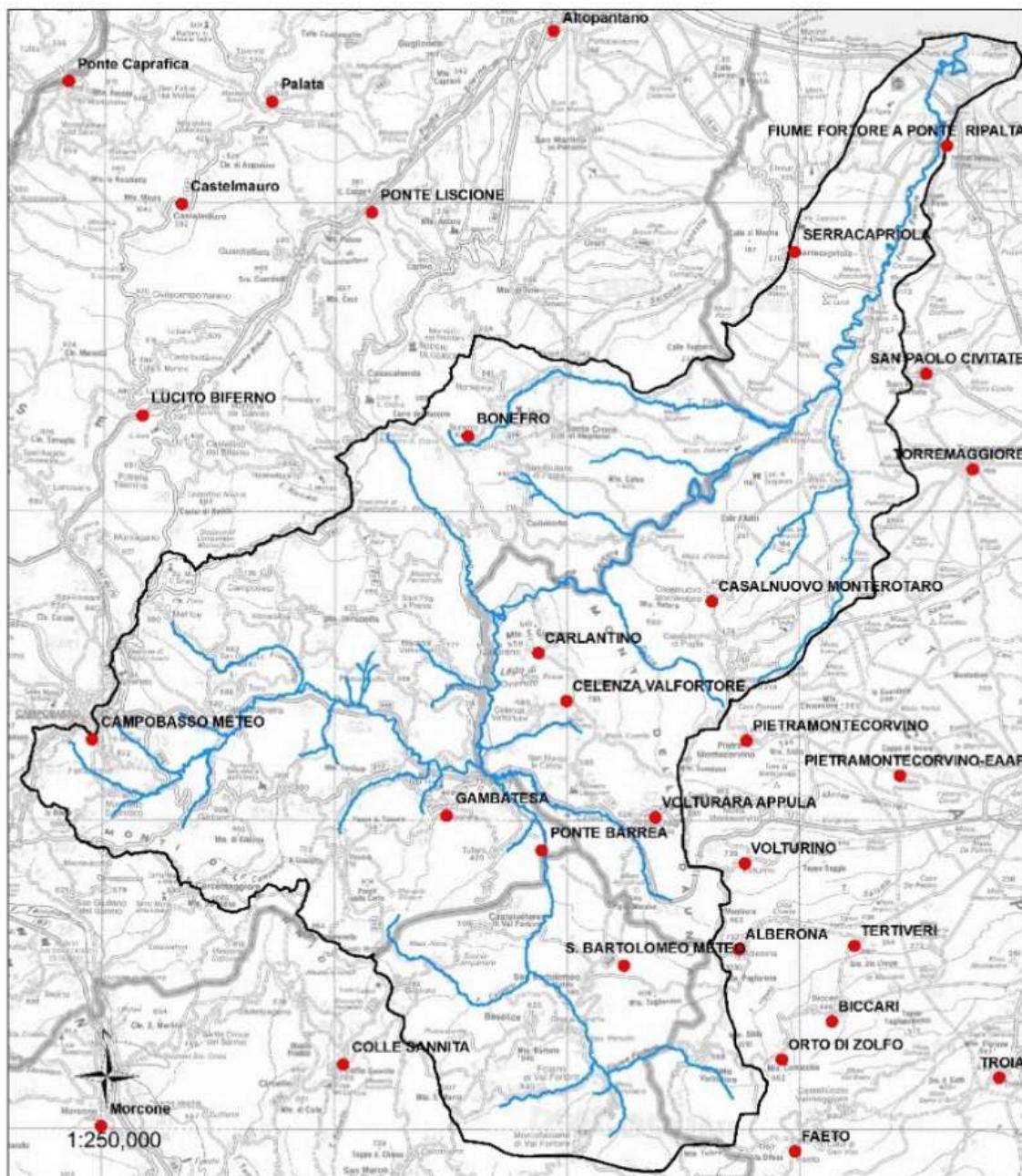
L'implementazione del modello ha previsto:

- la raccolta e analisi dei dati idrologici a disposizione;
- la suddivisione dei sottobacini idrologici utili alla schematizzazione del modello afflussi-deflussi;
- la costruzione dell'input pluviometrico e termometrico per ogni bacino;
- la definizione delle geometrie d'alveo, a partire dal rilievo LIDAR di dettaglio disponibile, con l'aggiornamento delle sezioni a seguito della risagomatura dell'alveo ultimata nel 2013;
- la schematizzazione dell'invaso di Occhito e del funzionamento dei suoi scarichi e derivazioni;
- l'implementazione del modello idrodinamico sull'asta principale del Fortore a valle della Diga di Occhito e sui torrenti Staina e Tona;
- la calibrazione e taratura del modello idrologico-idraulico;
- l'implementazione del modulo di auto-correzione;
- l'elaborazione della scala di deflusso relativa alle stazioni idrometriche P.te SP5 (P.te Casale - ex P.te del Littorio), P.te SP46, P.te SP142 (Civitate), P.te SP41b (Ripalta) e P.te SP42b (Colle d'Arena);
- l'individuazione delle soglie di allertamento per ogni tronco fluviale;
- l'implementazione in tempo reale del sistema modellistico.

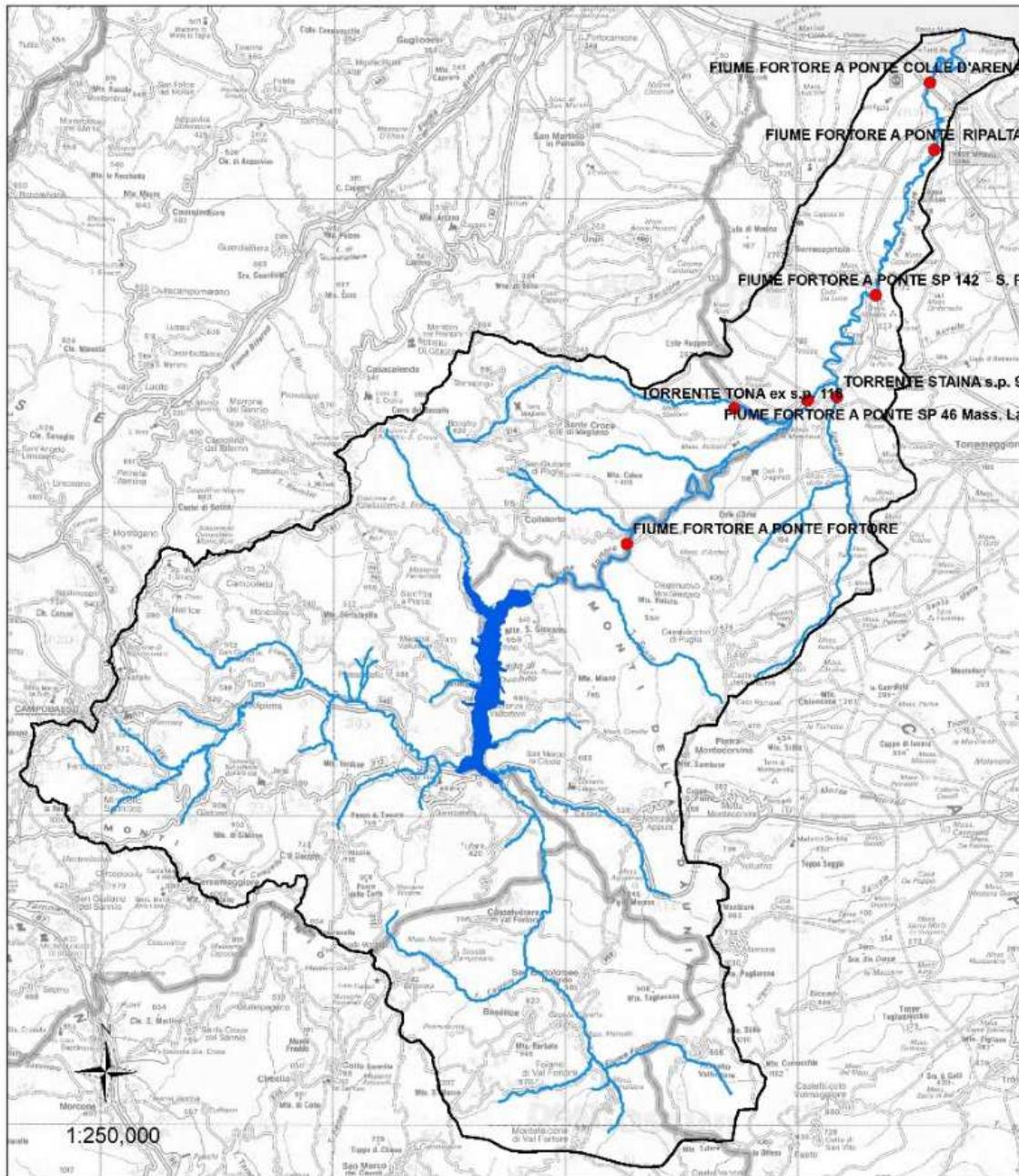
Per l'implementazione del modello numerico sono stati utilizzati i seguenti dati:

- il rilievo aereo con tecnologia LIDAR a maglia quadrata di lato 1 m per una fascia ristretta dell'asta del Fortore e di tutti i suoi affluenti, utilizzato per l'estrazione delle informazioni di tipo topografico;
- la geometria delle sezioni risagomate, da P.te SP41b (Ripalta) sino alla foce, a seguito dell'intervento di sistemazione idraulica ultimato nel 2013;
- il rilievo aereo con tecnologia LIDAR a maglia quadrata di lato 8 m sull'intero bacino idrografico del Fortore, utilizzato per la suddivisione in sottobacini elementari;
- il tematismo vettoriale relativo alla perimetrazione del bacino del Fortore;
- il tematismo vettoriale relativo alla localizzazione delle stazioni meteorologiche e idrometriche;

- i dati storici relativi alla diga di Occhito, con particolare riferimento alle misure in continuo di variazione idrometrica dell'invaso, disponibili dal 2005.



**Fig. 1 - Stazioni termo-pluviometriche utilizzate per la ricostruzione delle serie di input al modello idrologico.**

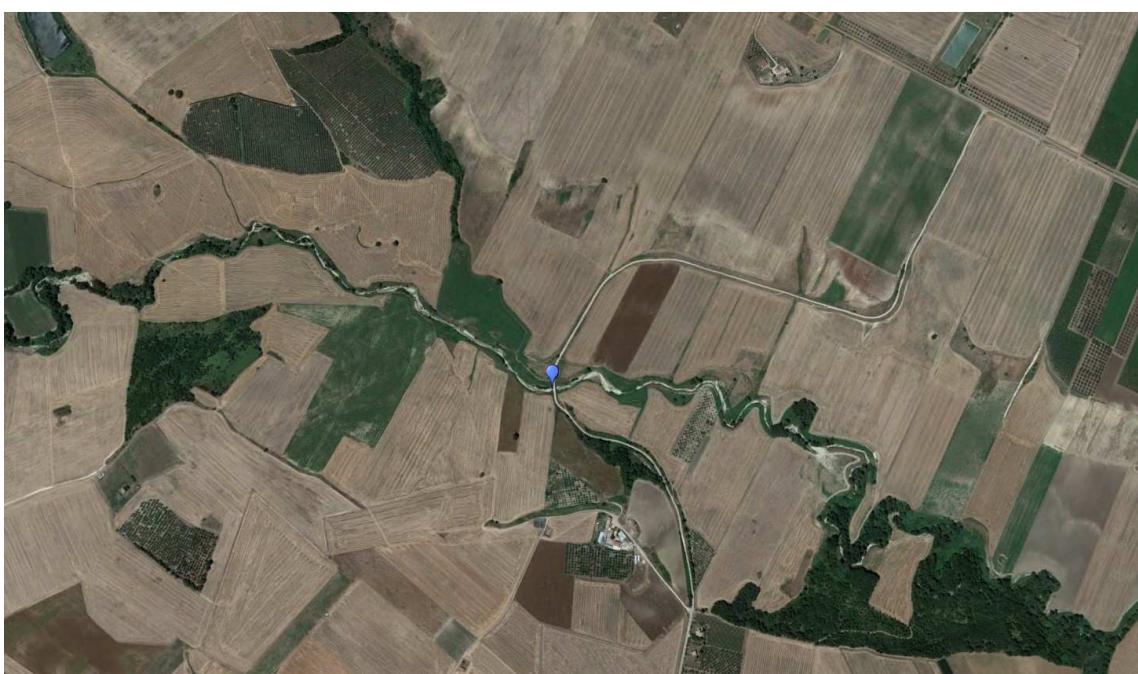
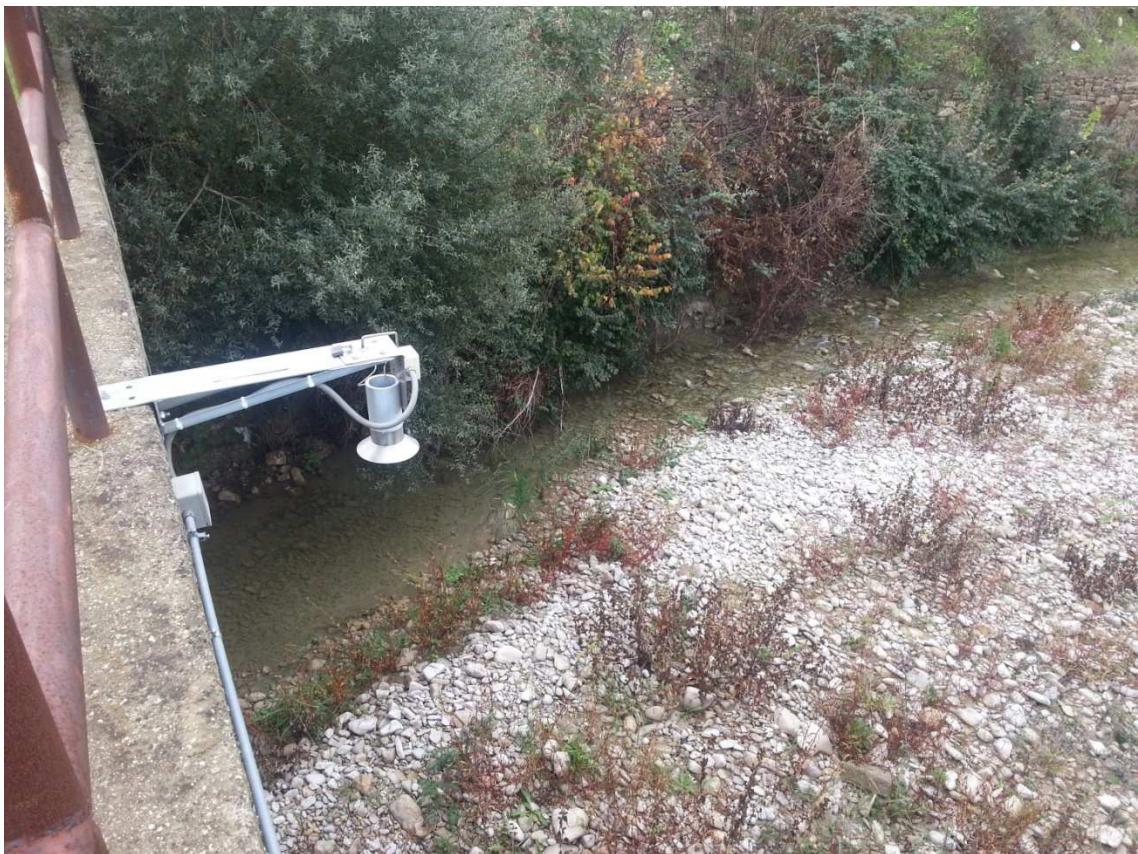


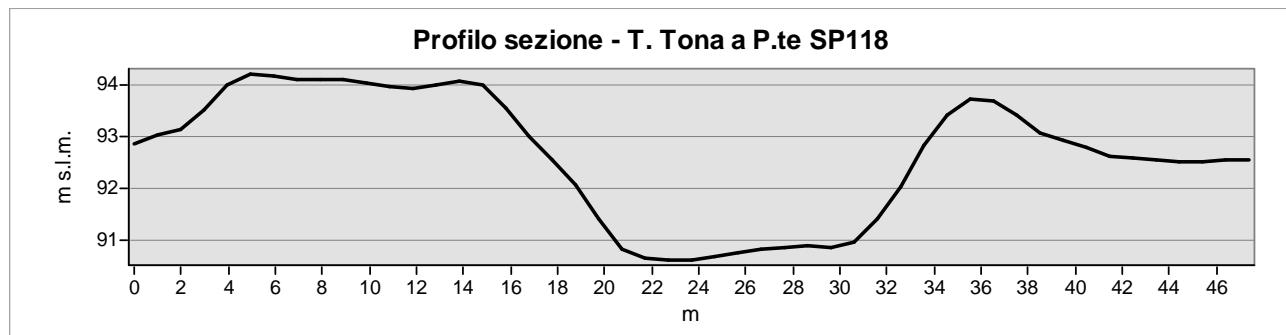
**Fig. 2 - Stazioni idrometriche utilizzate per la ricostruzione delle serie di input al modello idrologico.**

Segue una serie di brevi schede informative relative alle sezioni monitorate in telemisura in cui vengono indicati:

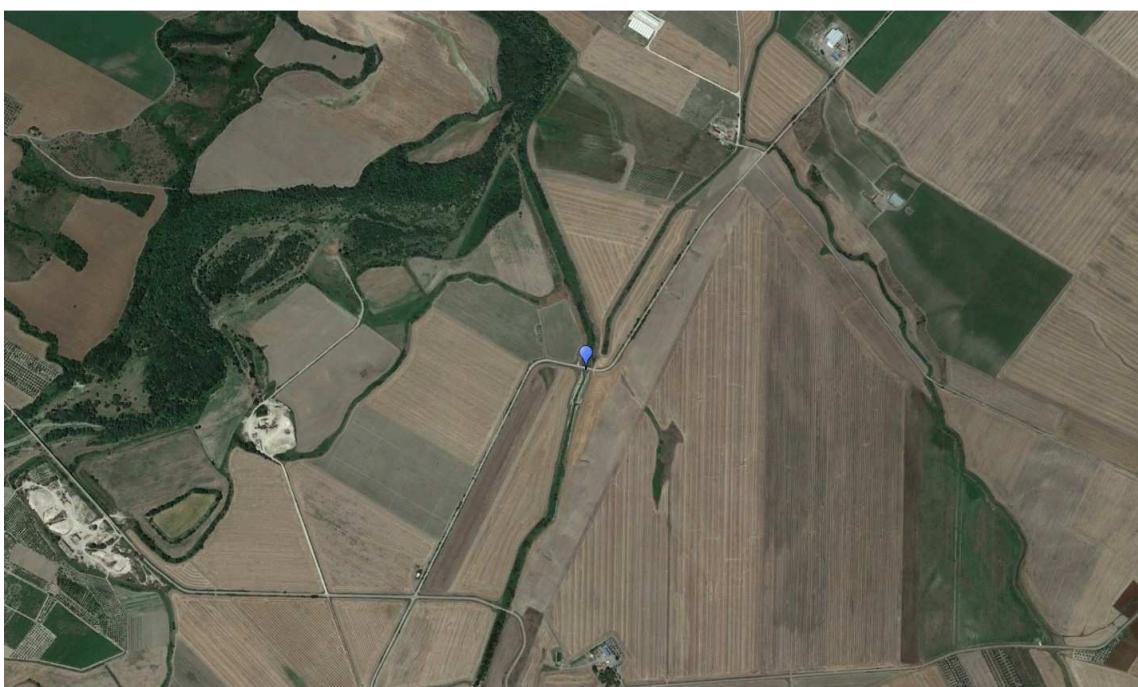
- una fotografia della sezione;
- l'ubicazione della stazione su ortofoto;
- il bacino idrografico sotteso alla sezione (elaborazione ottenuta dal DTM 8x8 m) – ove disponibile;
- il grafico della sezione rilevata ottenuto da rilievo LiDAR 1x1 m.

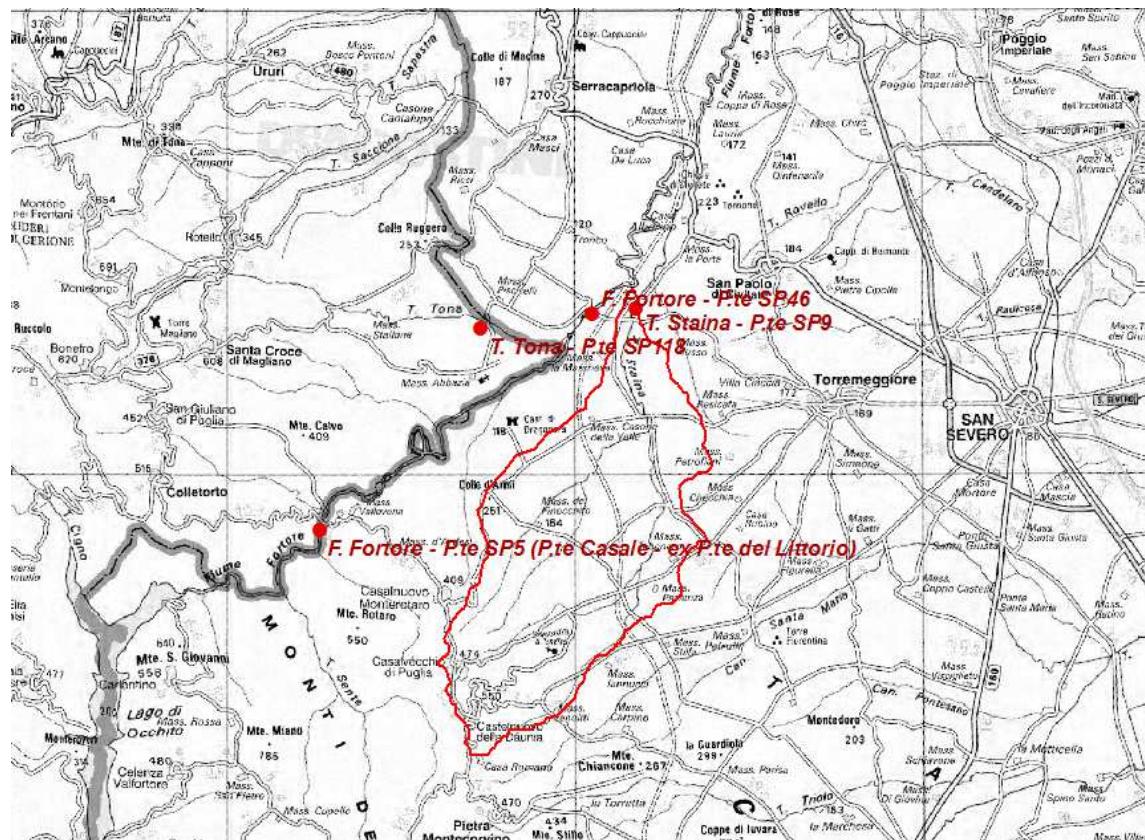
### 1.1.1 Torrente Tona - P.te SP118



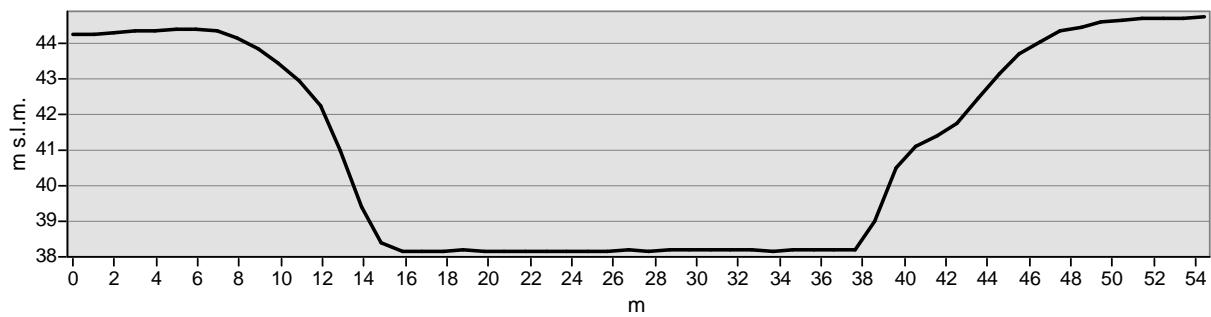


### 1.1.2 Torrente Staina - P.te SP9



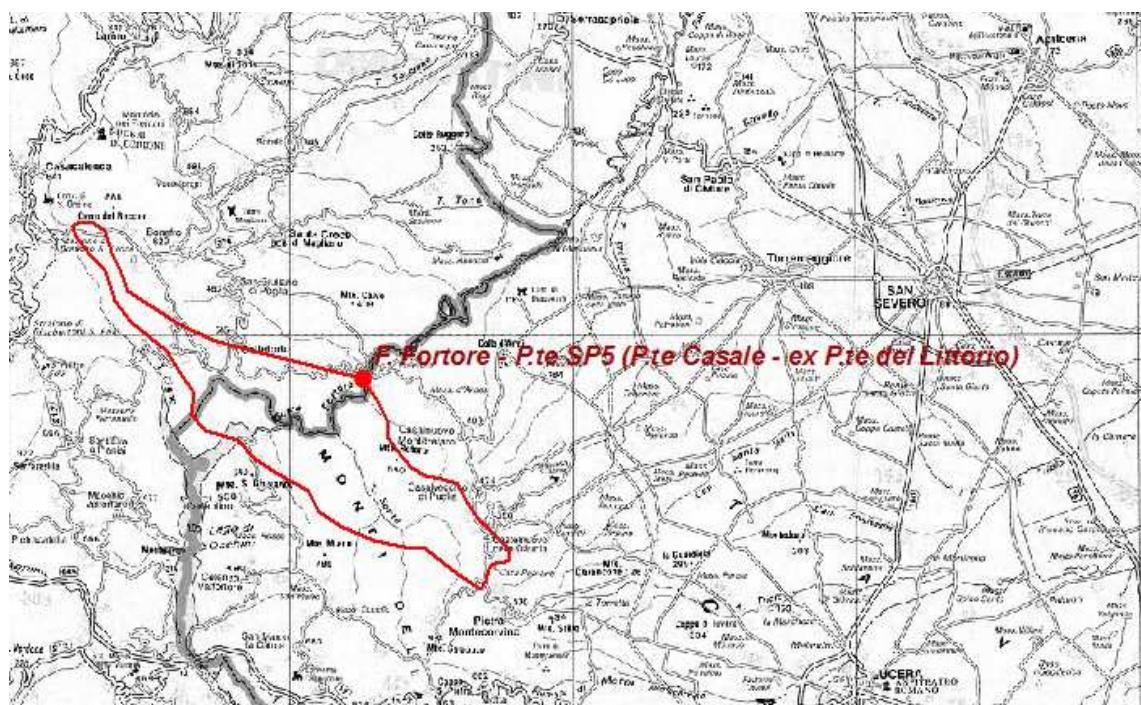
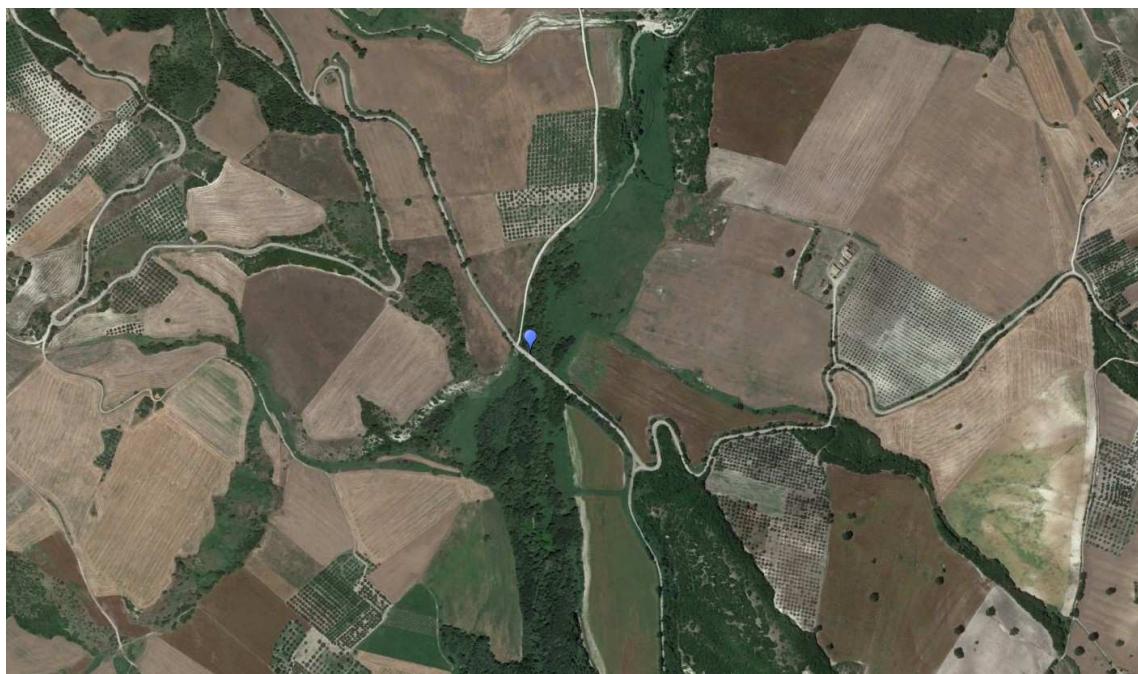


**Profilo sezione - T. Staina a P.te SP9**

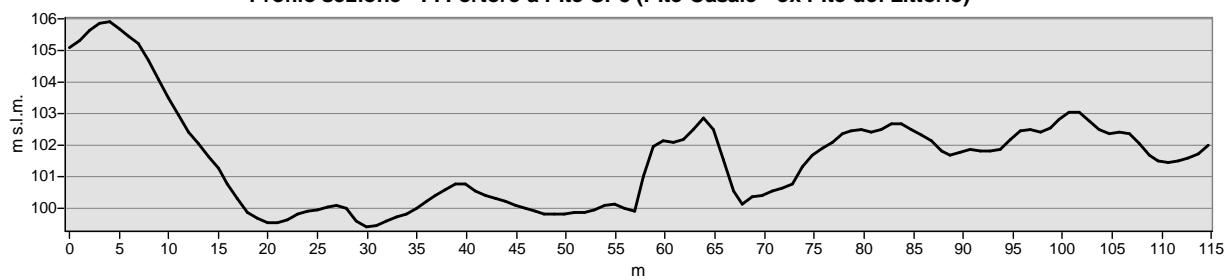


1.1.3 Fiume Fortore - P.te SP5 (P.te Casale - ex P.te del Littorio)

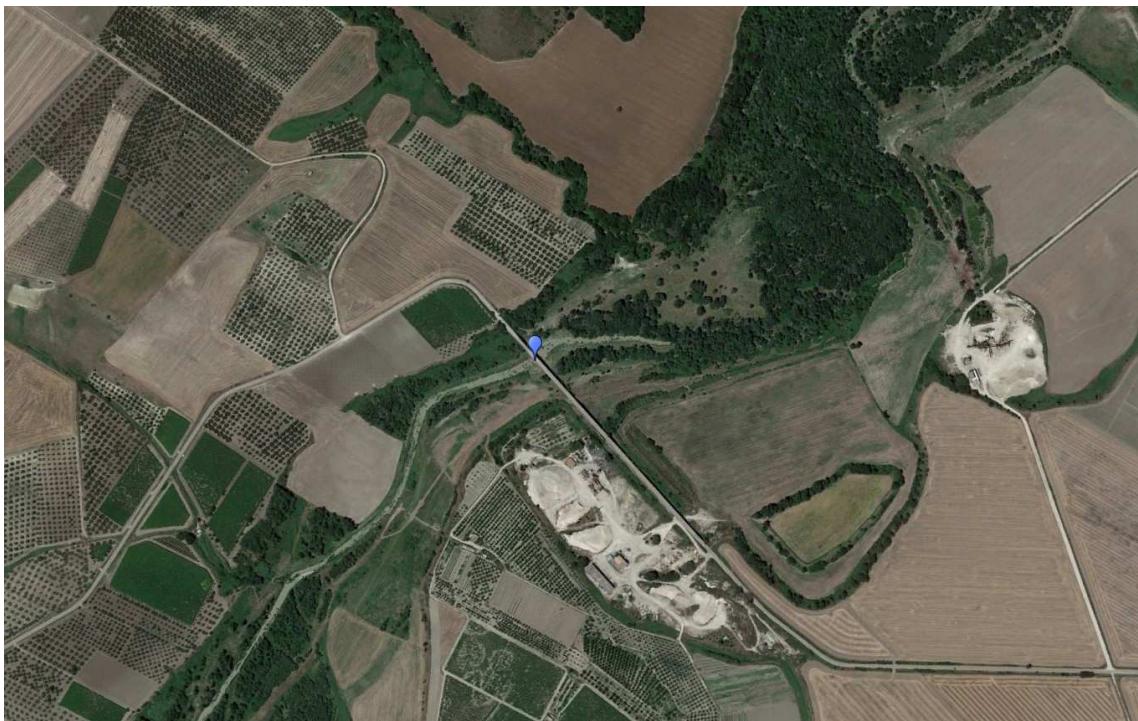


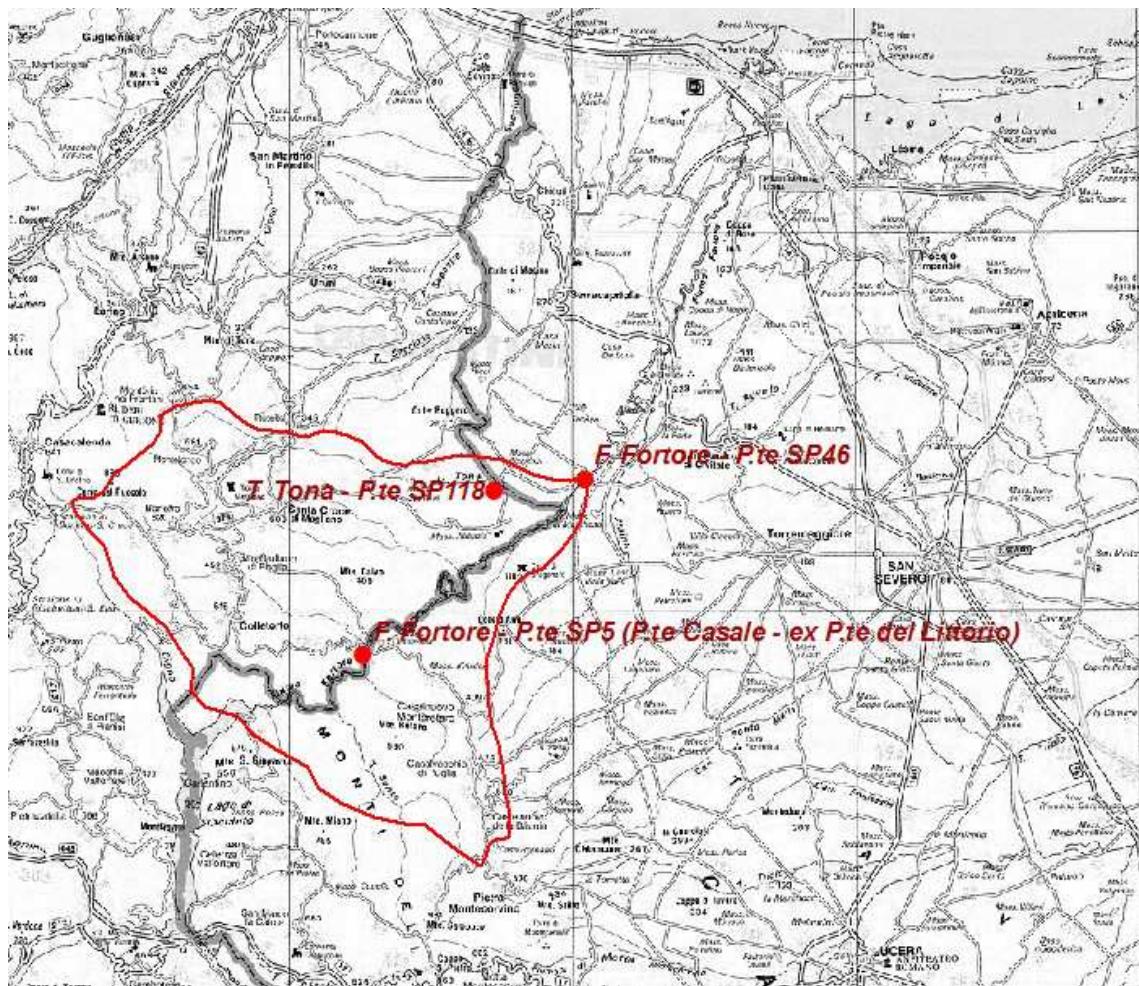


Profilo sezione - F. Fortore a P.te SP5 (P.te Casale - ex P.te del Littorio)

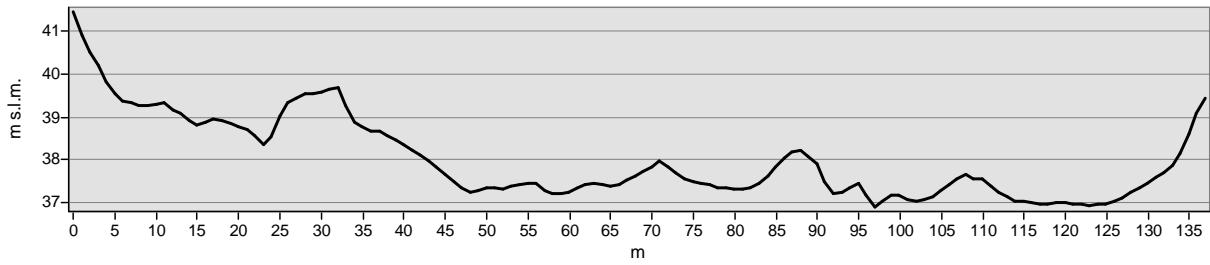


#### 1.1.4 Fiume Fortore - P.te SP46

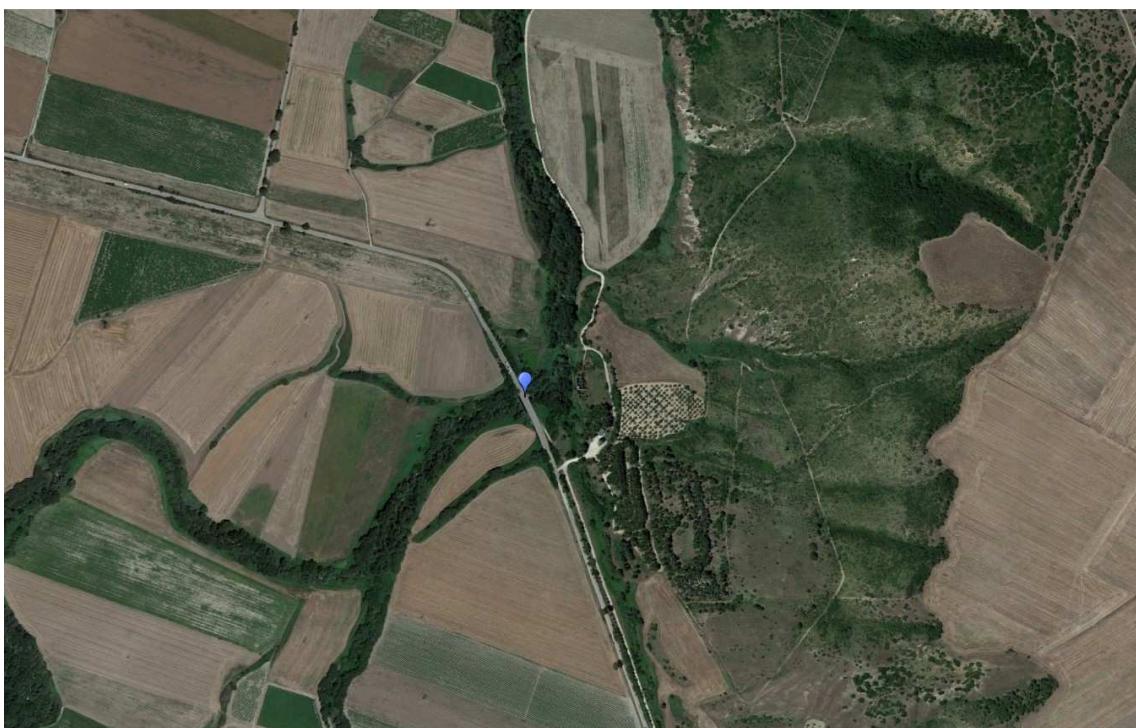


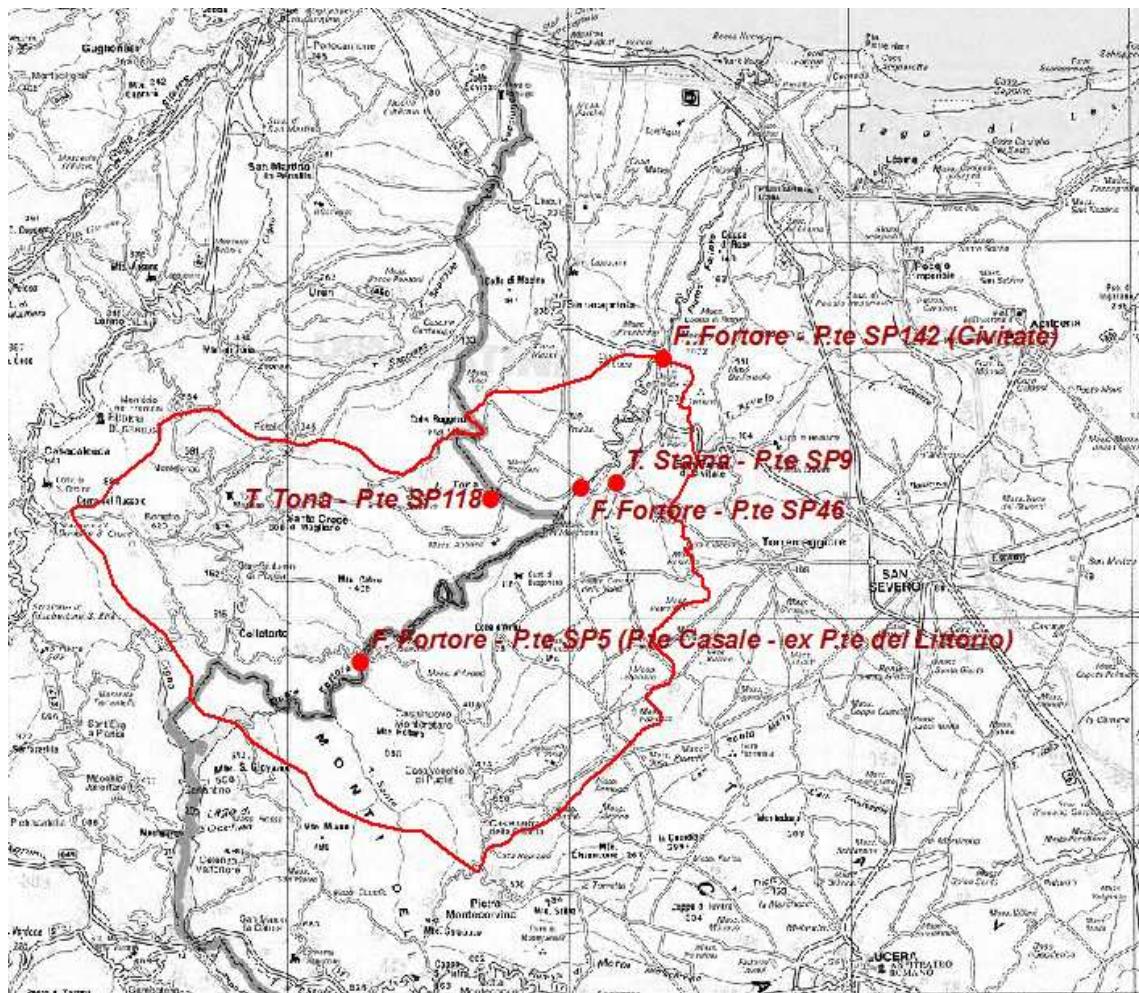


Profilo sezione - F. Fortore a P.te SP46

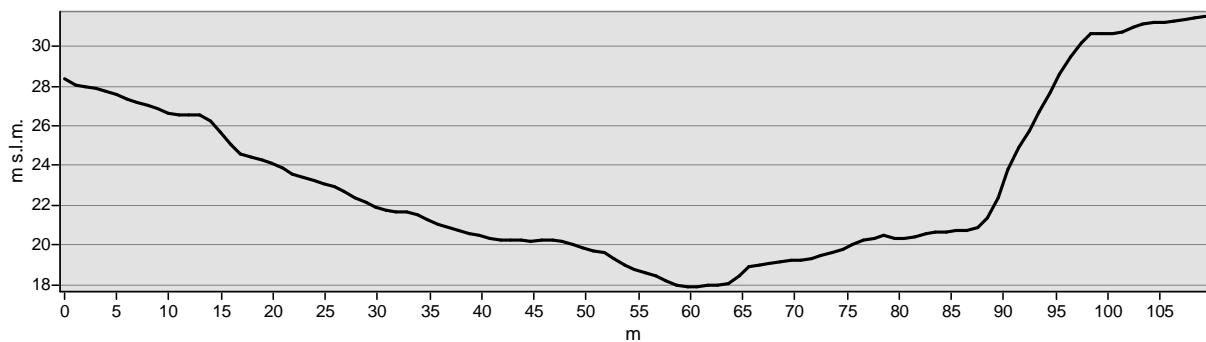


*1.1.5 Fiume Fortore - P.te SP142 (Civitate)*





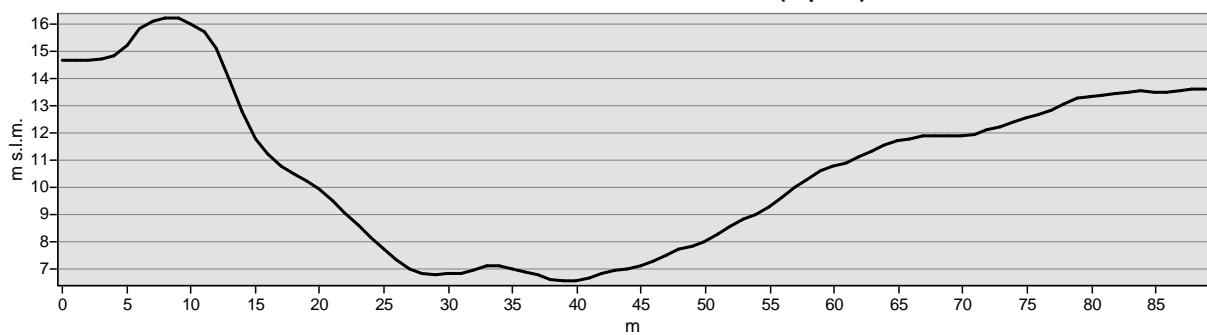
Profilo sezione - F. Fortore a P.te SP142 (Civitate)

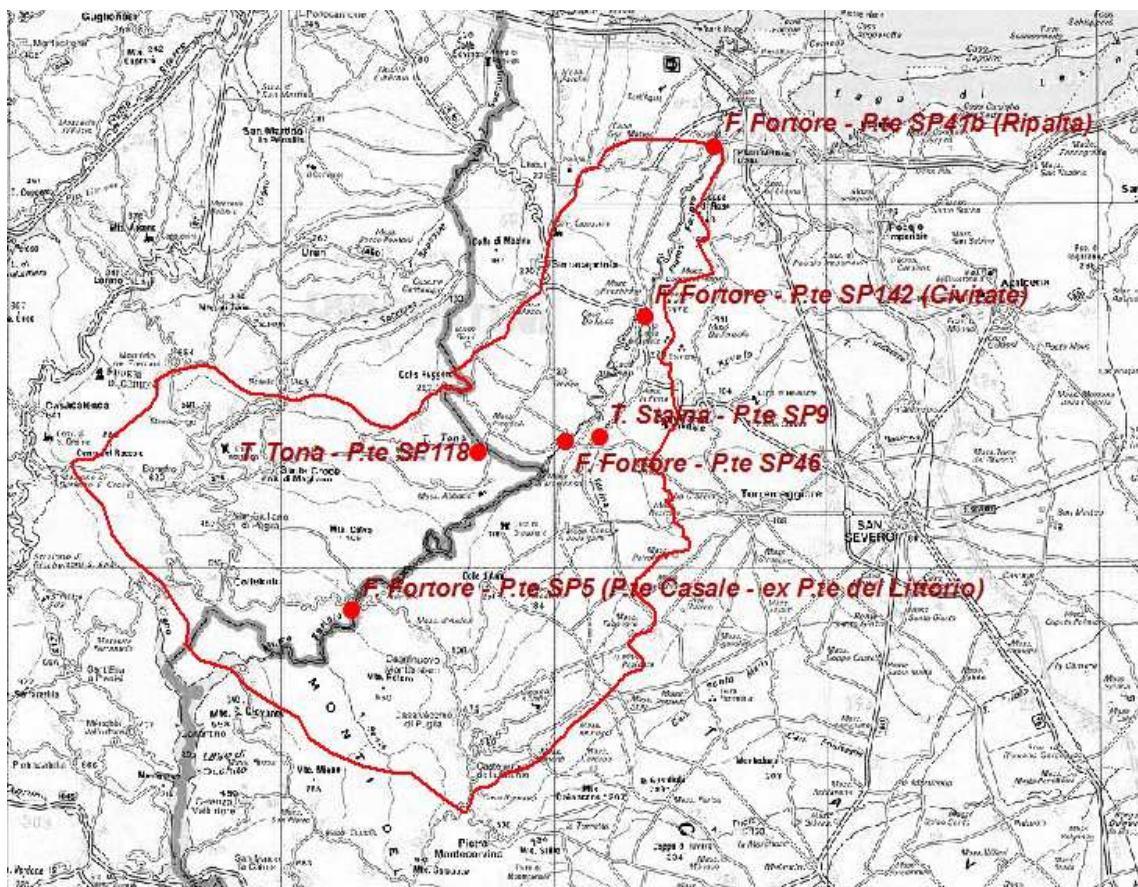
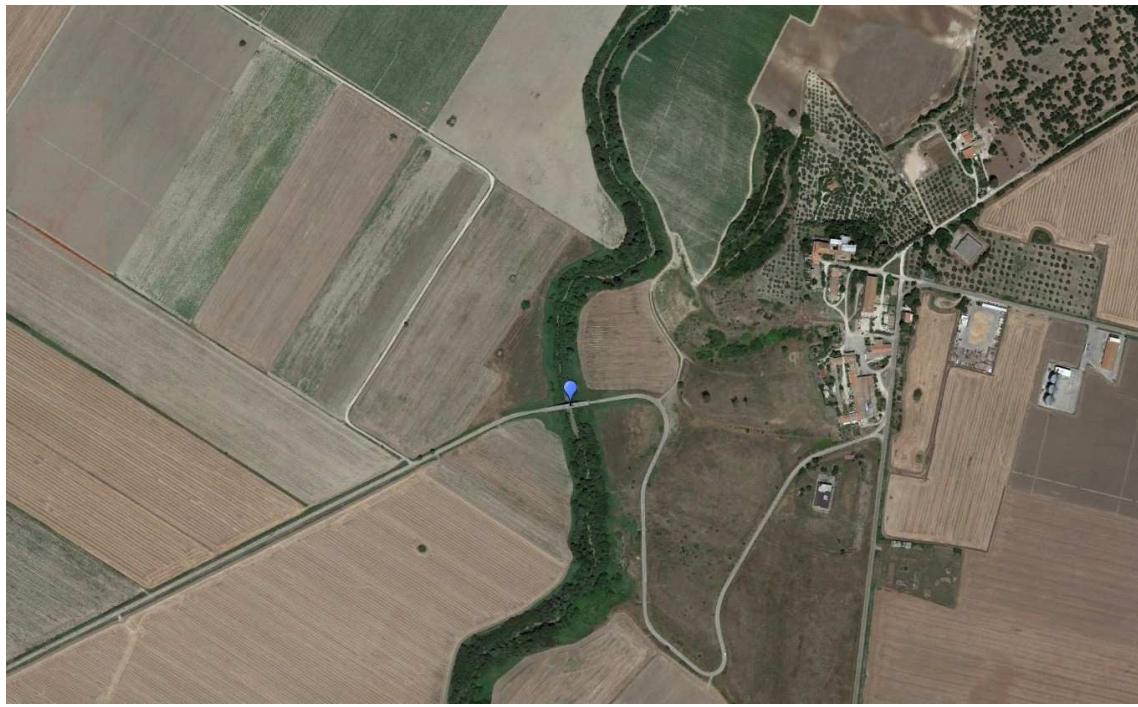


### 1.1.6 Fiume Fortore - P.te SP41b (Ripalta)

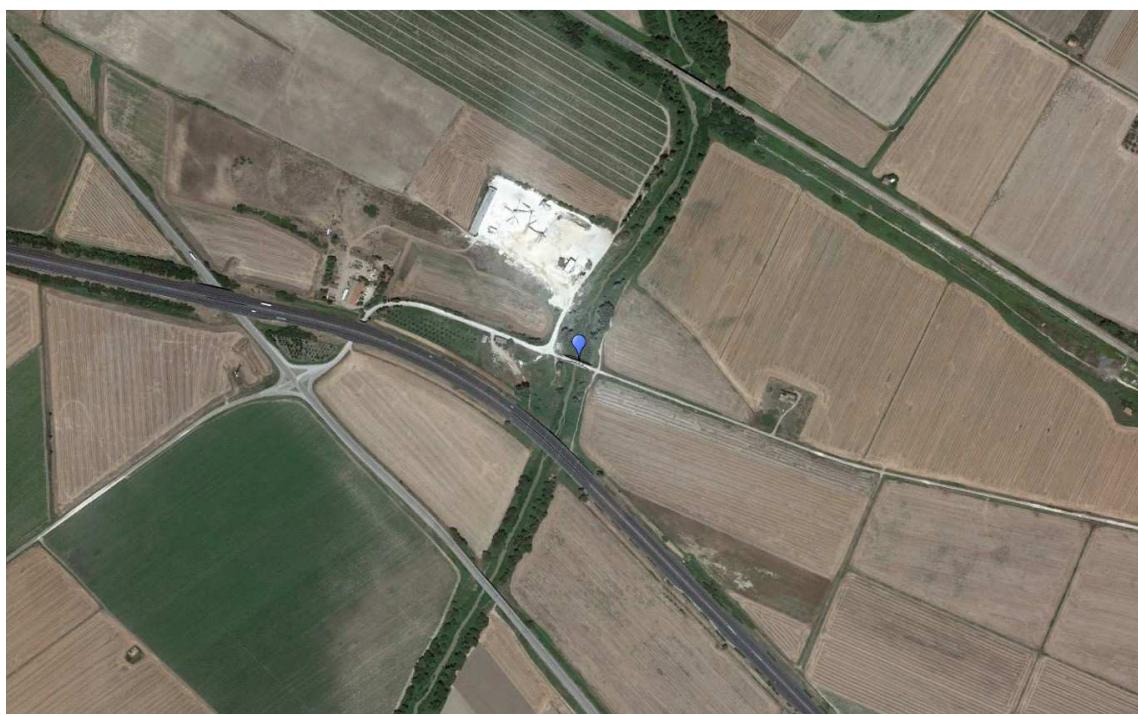
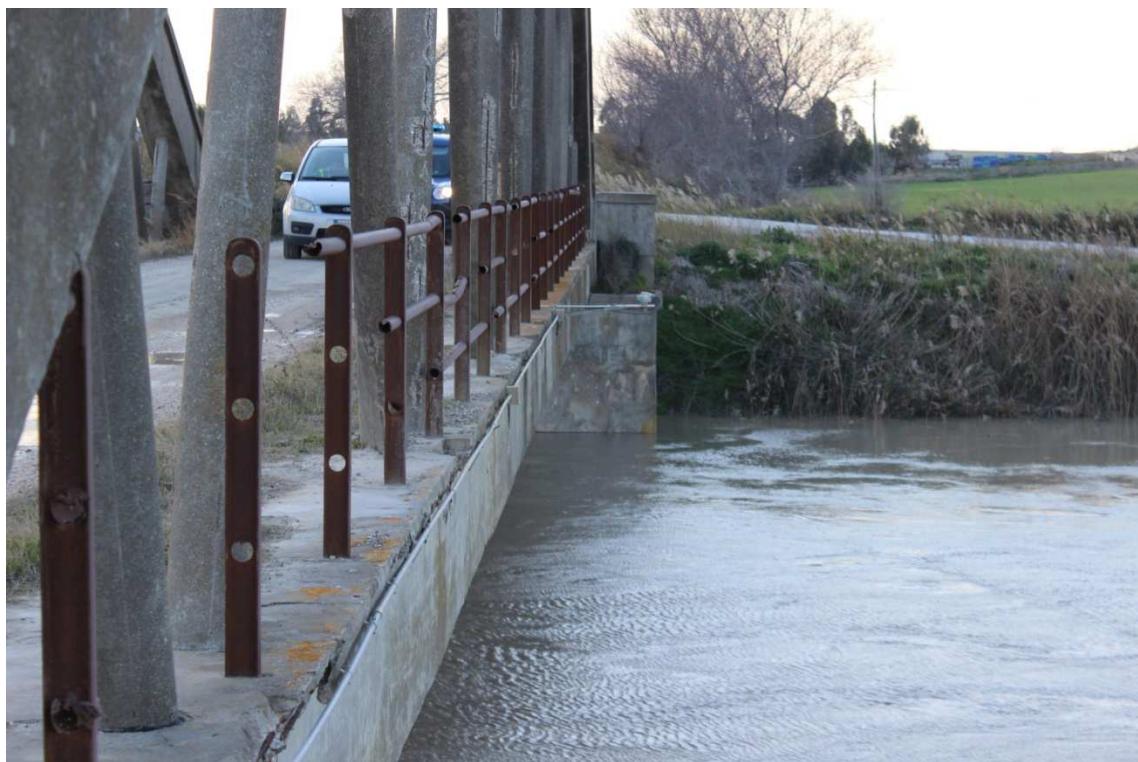


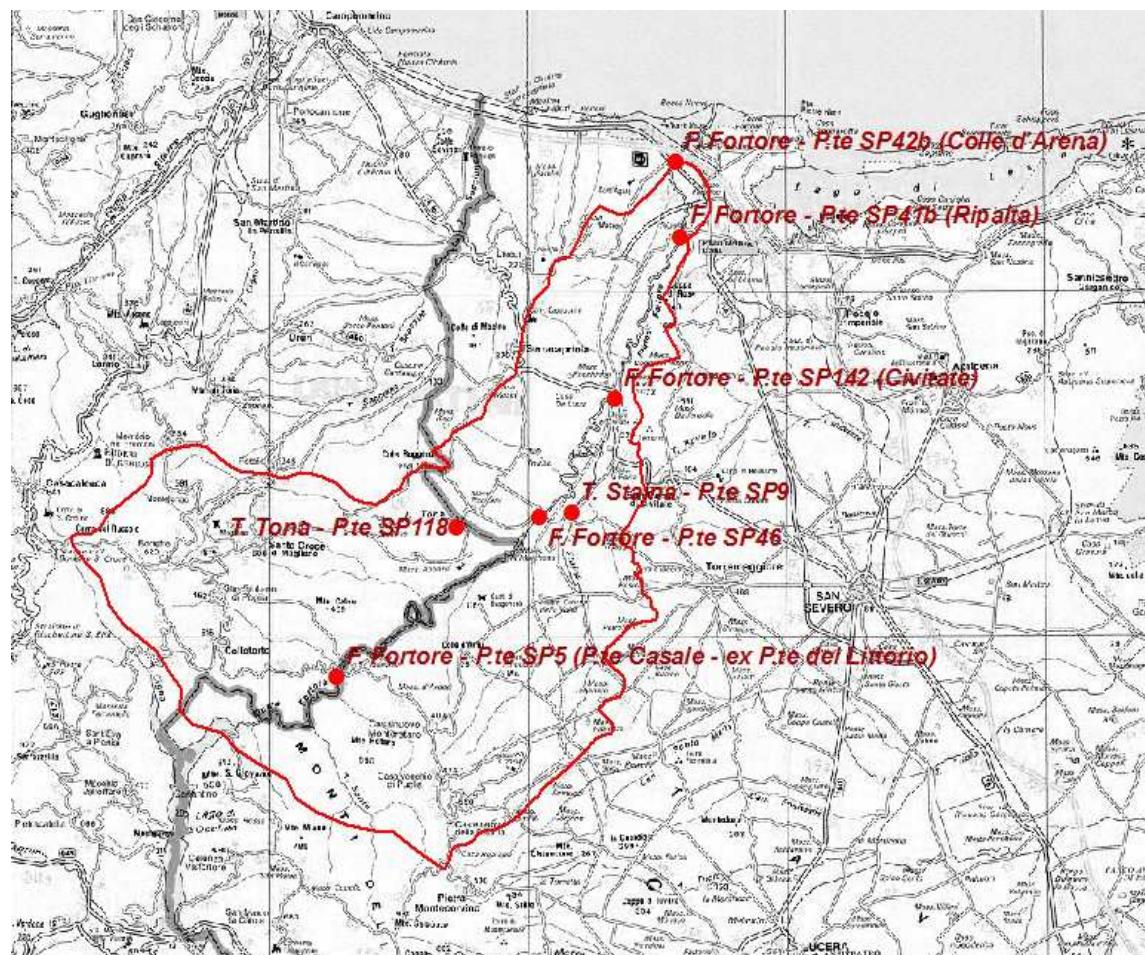
Profilo sezione - F. Fortore a P.te SP41b (Ripalta)



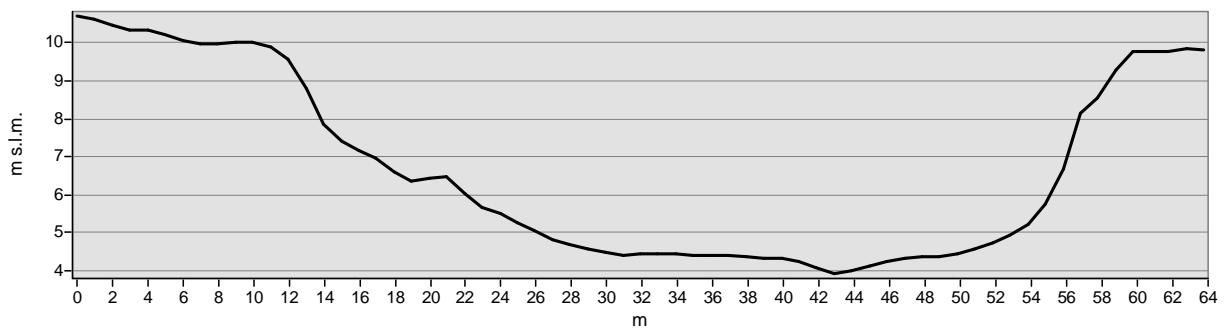


*1.1.7 Fiume Fortore - P.te SP42b (Colle d'Arena)*





Profilo sezione - F. Fortore a P.te SP42b (Colle d'Arena)



## 1.2 Torrente Candelaro

L'implementazione del modello ha previsto:

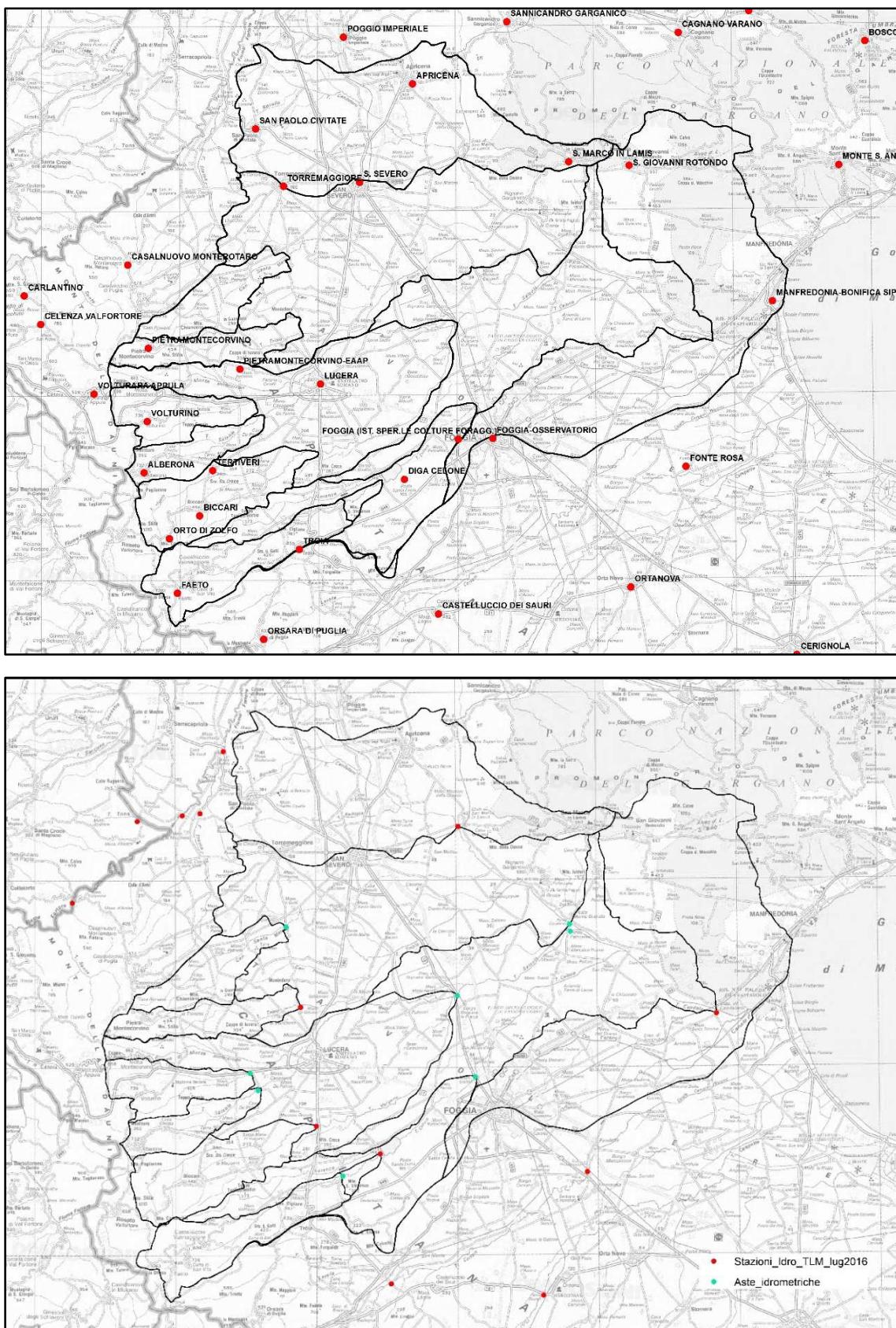
- la raccolta e analisi dei dati idrologici a disposizione;
- la suddivisione dei sottobacini idrologici utili alla schematizzazione del modello afflussi-deflussi;
- la costruzione dell'input pluviometrico e termometrico per ogni bacino;
- la definizione delle geometrie d'alveo a partire dal rilievo LIDAR di dettaglio disponibile;
- la schematizzazione dell'invaso di Capaccio sul torrente Celone e del funzionamento dei suoi scarichi e derivazioni;
- l'implementazione del modello idrodinamico sull'asta principale del Candelaro e sui torrenti Celone, Vulcano, Triolo e Salsola e dei canali Santa Maria e Contessa;
- la calibrazione e taratura del modello idrologico-idraulico;
- l'implementazione del modulo di auto-correzione;
- l'elaborazione di massima della scala di deflusso relativa alle stazioni idrometriche di P.te SS272 e P.te SP60 (P.te ex 13 luci) sul Candelaro e di P.te SP116 (S. Giusto) sul Celone;
- l'individuazione per ogni tronco fluviale delle soglie di allertamento;
- l'implementazione in tempo reale del sistema modellistico.

Per l'implementazione del modello numerico sono stati utilizzati i seguenti dati:

- il rilievo aereo con tecnologia LIDAR a maglia quadrata di lato 1 m per una fascia ristretta dell'asta del torrente Candelaro e di tutti i suoi affluenti, utilizzato per l'estrazione delle informazioni di tipo topografico;
- il rilievo aereo con tecnologia LIDAR a maglia quadrata di lato 8 m sull'intero bacino idrografico del Candelaro, utilizzato per la suddivisione in sottobacini elementari;
- il tematismo vettoriale relativo alla perimetrazione del bacino del Candelaro;
- il tematismo vettoriale relativo alla localizzazione delle stazioni meteorologiche e idrometriche;
- i dati storici relativi alla diga di Capaccio sul torrente Celone con particolare riferimento alle letture in continuo di variazione idrometrica dell'invaso, disponibili dal 2001;
- le portate mensili derivate dal torrente Vulcano, disponibili dal 2003;
- i dati idrometrici alle stazioni dotate di idrometrografo per i principali eventi occorsi negli anni di disponibilità dei dati storici, anche di pioggia e temperatura.

Per la calibrazione e validazione del modello idrologico sono acquisiti direttamente dalla piattaforma i dati idrometrici relativi alle seguenti sezioni di misura dotate di idrometro in telemisura:

1. T. Candelaro - P.te SS272;
2. T. Candelaro - P.te SP60 (P.te ex 13 luci);
3. T. Triolo - P.te SP12;
4. T. Vulcano - P.te SP109;
5. T. Celone - P.te SP116 (S. Giusto).



**Fig. 2 - Stazioni termo-pluviometriche e idrometriche utilizzate per la ricostruzione delle serie di input al modello idrologico.**

L'intero bacino del Candelaro è inoltre monitorato attraverso ulteriori stazioni, non in telemisura, dotate di idrometrografo meccanico:

1. Can. S. Maria - P.te SP12;
2. T. Celone - P.te SP113 (S. Vincenzo);
3. T. Casanova - P.te SS17;
4. T. Salsola - P.te SP18;
5. T. Celone - SS16;
6. T. Salsola - P.te SS16.

Per tali stazioni il Centro Funzionale ha reso disponibili le serie idrometriche registrate durante i principali eventi di piena occorsi nel periodo 2008-2015 e gli annali idrologici che riportano le relazioni analitiche tra le portate e le altezze idrometriche rilevate ad ogni sezione di misura.

Oltre che dalle sezioni topografiche, gli alvei sono stati caratterizzati in base al parametro di scabrezza, assunto costante lungo la progressiva curvilinea del modello e variabile, trasversalmente, tra alveo inciso e golena. Il parametro di scabrezza è stato definito, in fase di calibrazione, sia a partire da una valutazione dei livelli di deflusso osservati alle stazioni idrometriche che in base ai tempi di traslazione delle onde di piena; il valore assunto è pari a  $15-20 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$  sugli affluenti e  $35 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$  sull'asta principale del Candelaro.

Come condizioni al contorno del modello sono state inserite anche le serie storiche di derivazione dal torrente Vulcano verso la diga di Capaccio.

Inoltre, il modello idrodinamico è stato collegato direttamente al modulo idrologico precedentemente descritto. Gli apporti idrologici calcolati da ogni bacino elementare del modello idrologico in termini di deflusso superficiale, ipodermico e di falda sono quindi collegati ai diversi tratti del modello idrodinamico in modo concentrato in un'unica sezione o distribuito lungo un tratto di asta.

L'unica opera di regolazione inserita nel modello è la diga di Capaccio sul Celone ( $16 \text{ Mm}^3$  di capacità d'invaso) schematizzata utilizzando la curva di invaso della diga, relativamente ai volumi utili, estrapolata dal foglio di condizioni per l'esercizio e la manutenzione reso disponibile dal Centro Funzionale.

La diga di Capaccio è caratterizzata da due scarichi, uno di fondo e uno di superficie, oltre che da una condotta di derivazione irrigua. In assenza di dati relativi al reale funzionamento dello scarico di fondo e sulla base delle indicazioni ricevute dal Centro Funzionale si è assunto tale scarico come sempre chiuso. Lo scarico di superficie è costituito da tre ordini di soglie sfioranti a superficie libera. Il funzionamento dell'organo complessivo è stato schematizzato mediante una scala di deflusso costante nel tempo secondo cui la portata sfiorante è funzione diretta del livello della diga.

La diga di Capaccio viene inoltre alimentata durante la stagione invernale dal contributo di portata derivata dal torrente Vulcano, per un incremento massimo delle dotazioni della diga di  $6.5 \text{ Mm}^3$ . La derivazione è stata schematizzata attraverso uno specifico ramo del modello idrodinamico che connette la sezione sul torrente Vulcano in località Mezzana Grande, dove avviene il prelievo, e la diga di Capaccio, dove è impostato il rilascio. La portata derivata è regolata in funzione delle portate massime derivabili e del deflusso minimo vitale di rilascio a valle della traversa, definito pari a  $35 \text{ l/s}$  in accordo con quanto stabilito dal progetto esecutivo della traversa.

La verifica della performance del modello è stata condotta in riferimento ai principali eventi occorsi durante il periodo di disponibilità dei dati pluvio-termometrici e di osservazione idrometrica (2011- 2016). La calibrazione del modello si pone l'obiettivo di riprodurre adeguatamente gli idrogrammi di portata registrati in corrispondenza delle stazioni idrometriche oltre che alla rappresentazione dei tempi di traslazione in alveo.

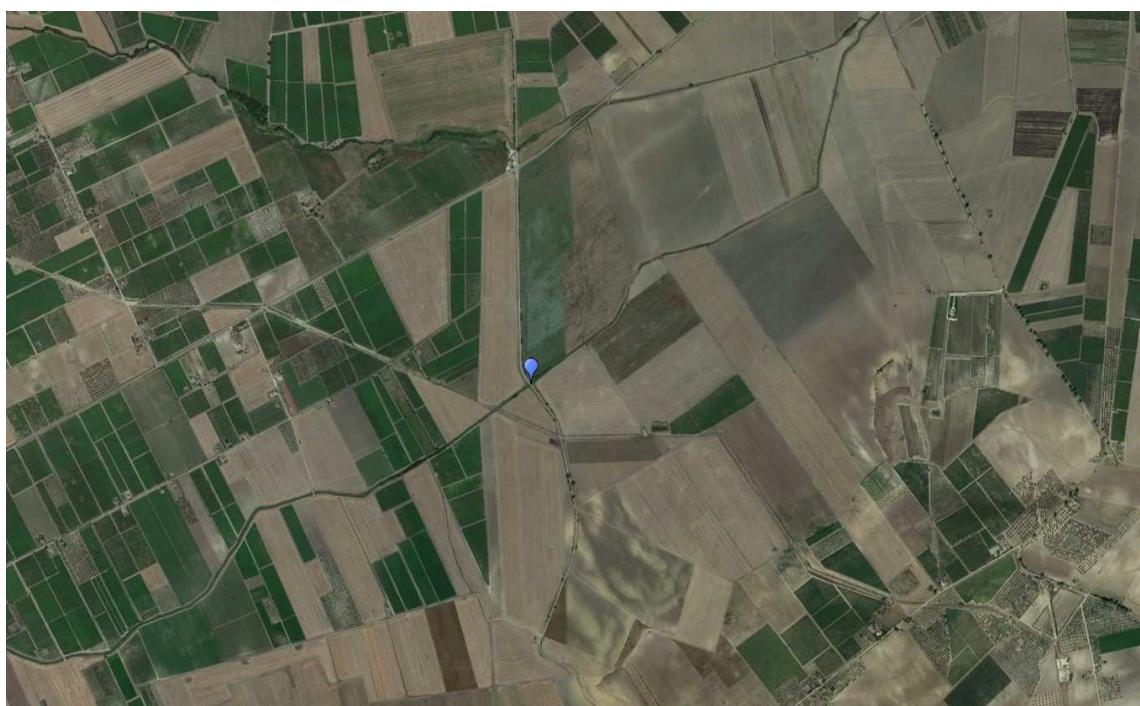
Per il bacino del Candelaro è stata condotta, inoltre, un'attività finalizzata ad individuare la capacità di portata dei tronchi fluviali e la relativa definizione delle soglie di allertamento. Il reticolo idrografico del Candelaro è stato suddiviso in tratti omogenei, ognuno dei quali è monitorato in riferimento della stazione strumentata che ricade all'interno dello specifico tratto di competenza.

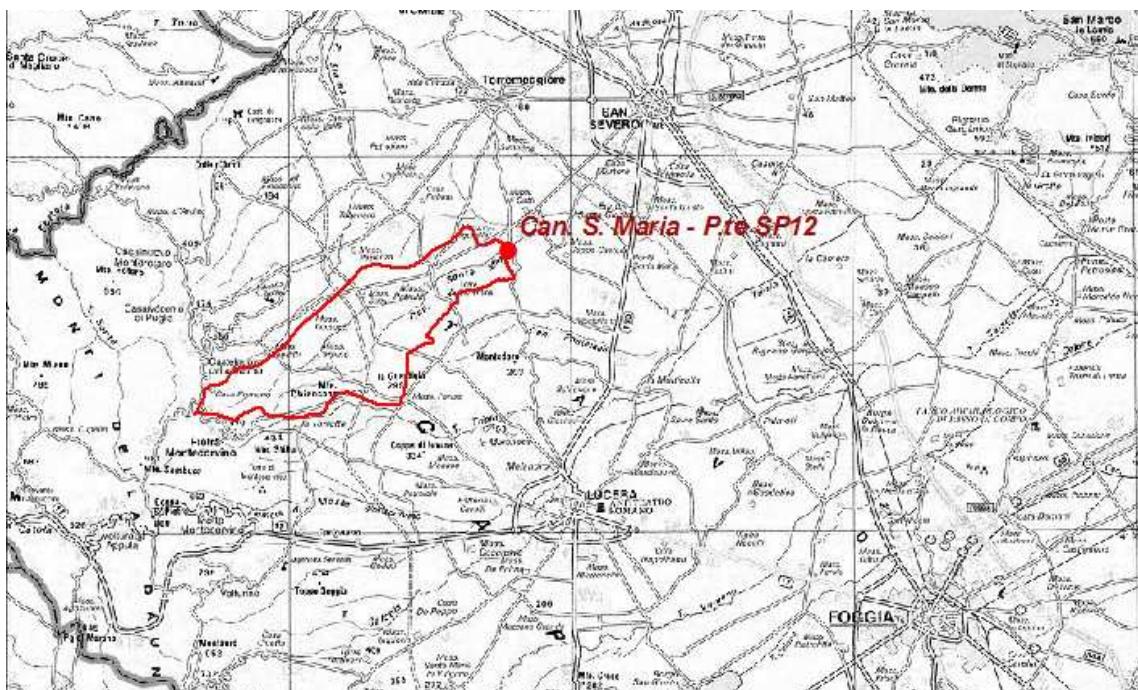
Per la determinazione delle soglie di allertamento lungo le aste del Candelaro sono state considerate le piene significative registrate negli anni di calibrazione del modello numerico, con riferimento ai livelli idrometrici simulati rispetto alle difese spondali in corrispondenza delle sezioni critiche su ogni tratto individuato.

Nel seguito sono riportate delle brevi schede informative relative alle sezioni strumentate dell'asta principale del Candelaro e dei suoi affluenti, in cui vengono indicati:

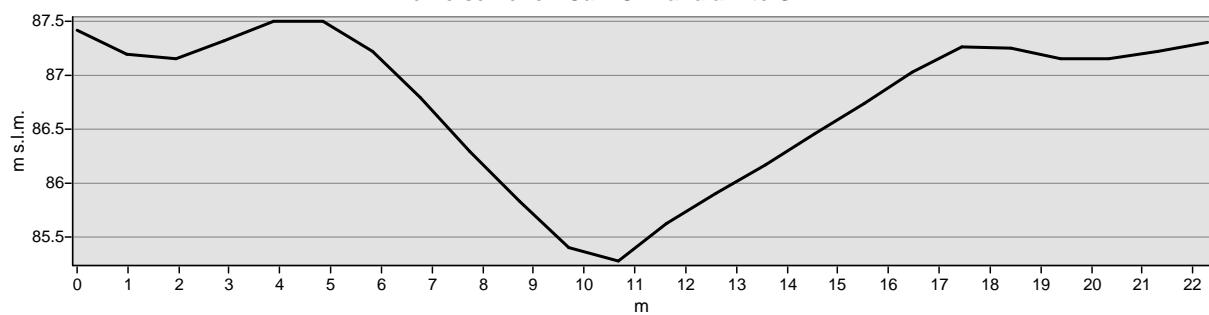
- una fotografia della sezione;
- l'ubicazione della stazione su ortofoto;
- il bacino idrografico sotteso alla sezione (elaborazione ottenuta dal DTM 8x8 m);
- il grafico della sezione rilevata ottenuto da rilievo LiDAR 1x1 m.

*1.2.1 Canale S. Maria - P.te SP12*



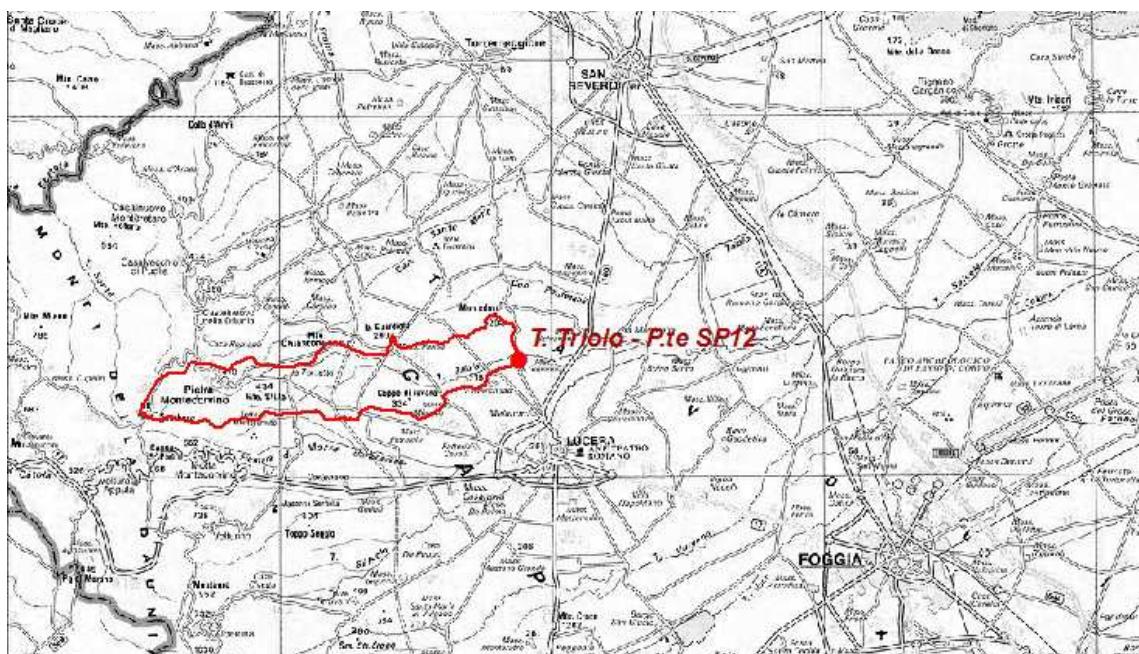
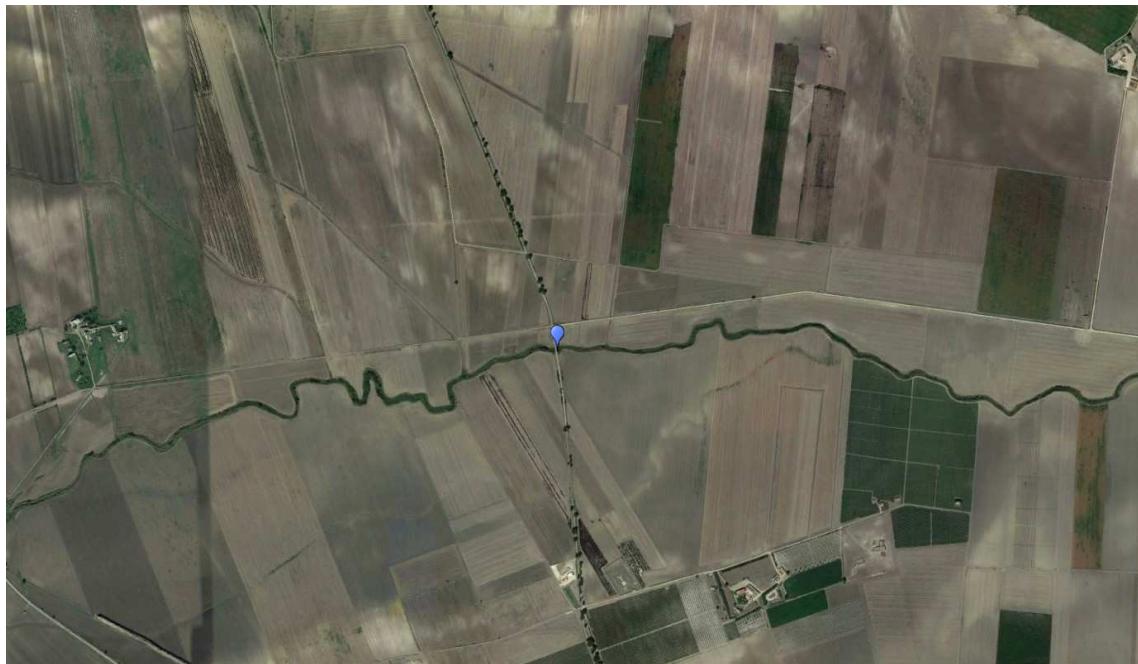


**Profilo sezione - Can. S. Maria a P.te SP12**

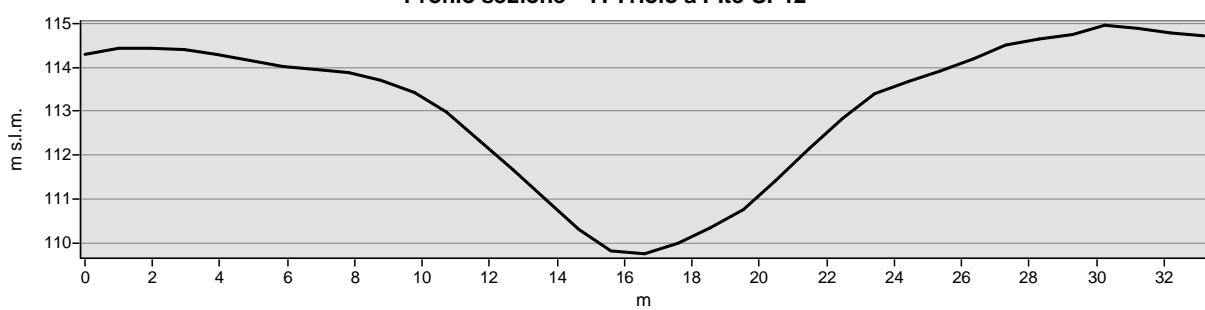


1.2.2 Torrente Triolo - P.te SP12



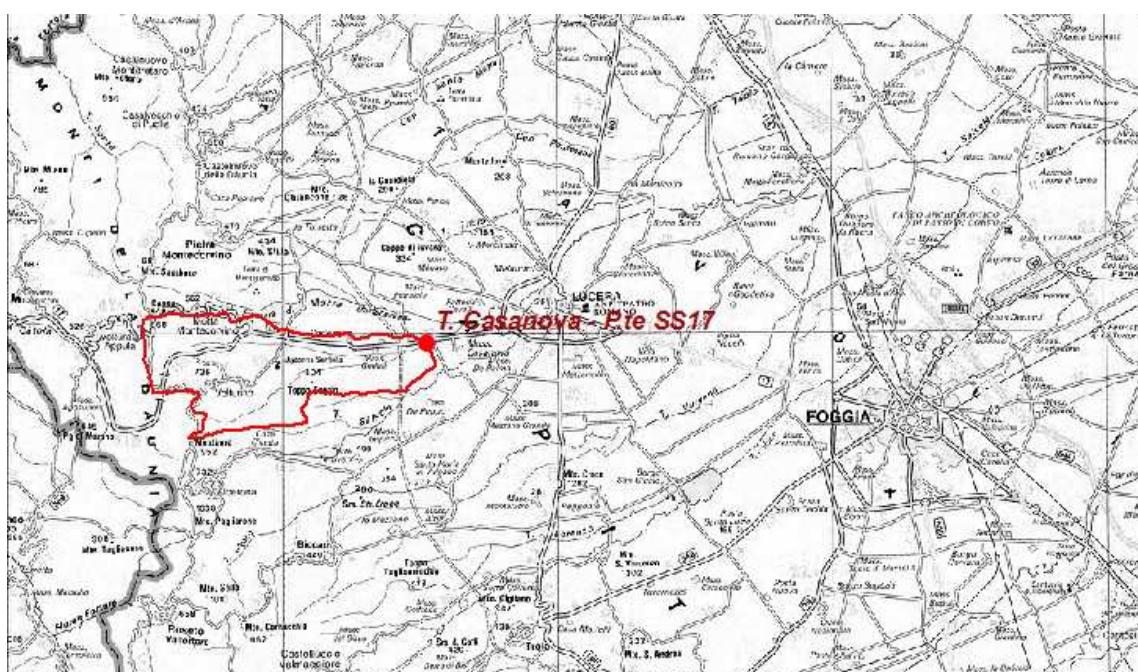
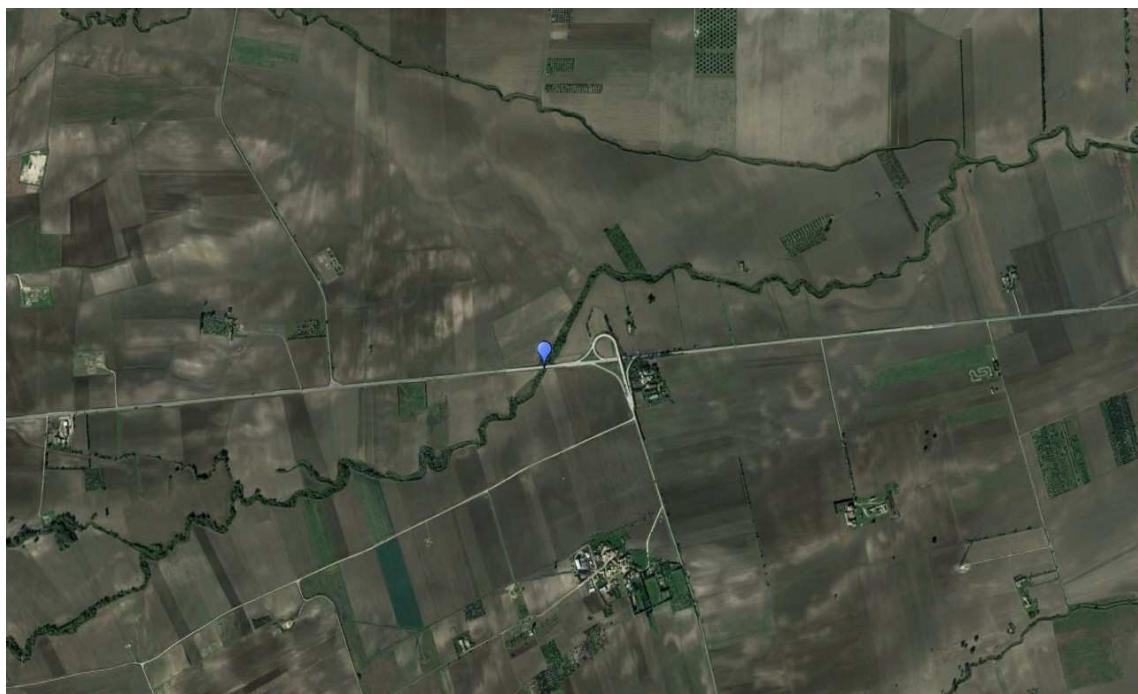


Profilo sezione - T. Triolo a P.te SP12

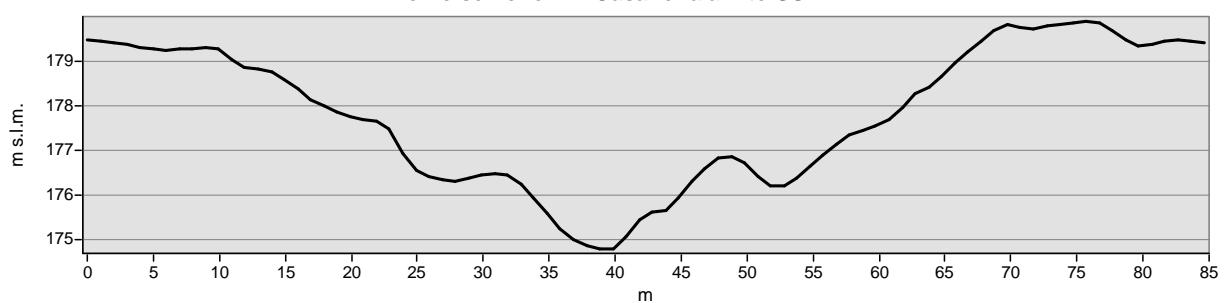


1.2.3 Torrente Casanova - P.te SS17

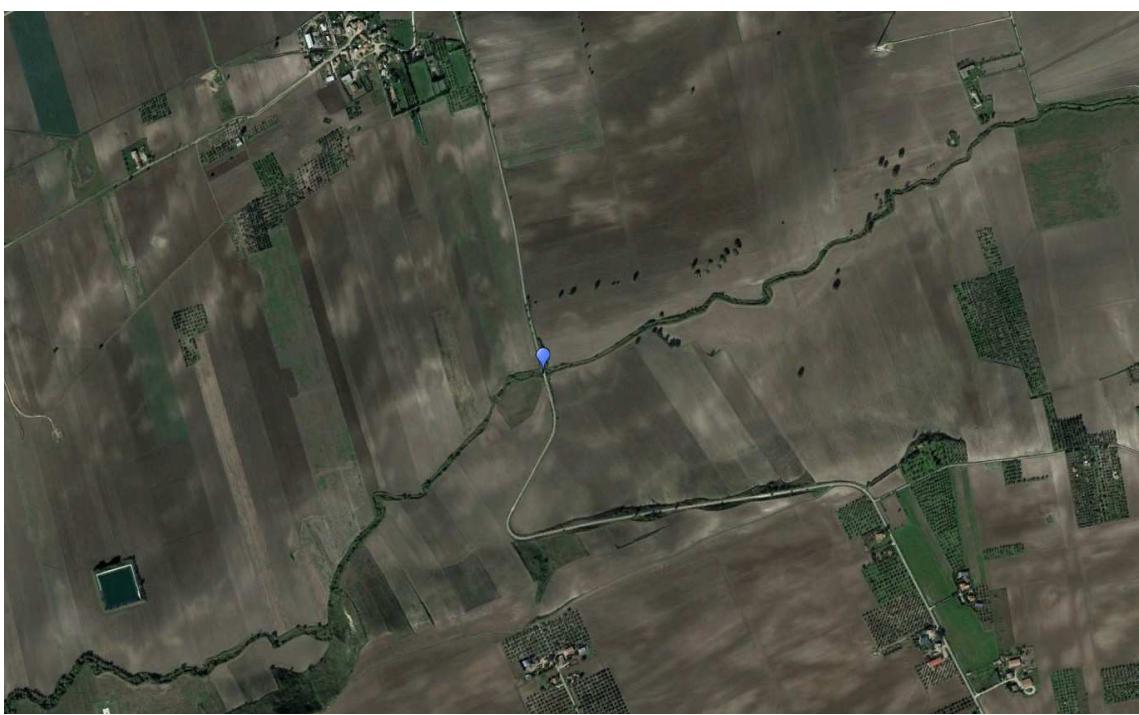


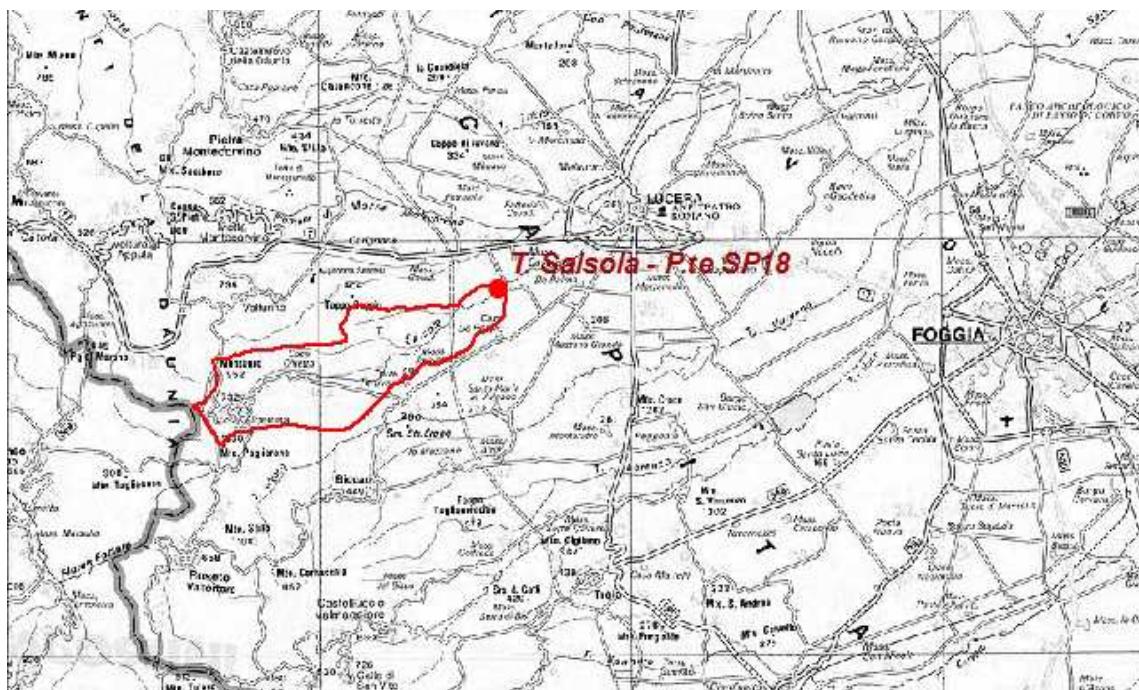


Profilo sezione - T. Casanova a P.te SS17

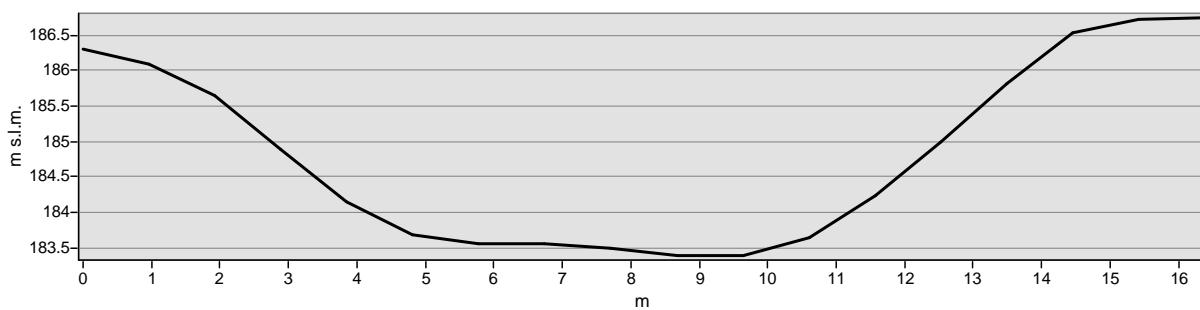


#### 1.2.4 Torrente Salsola - P.te SP18



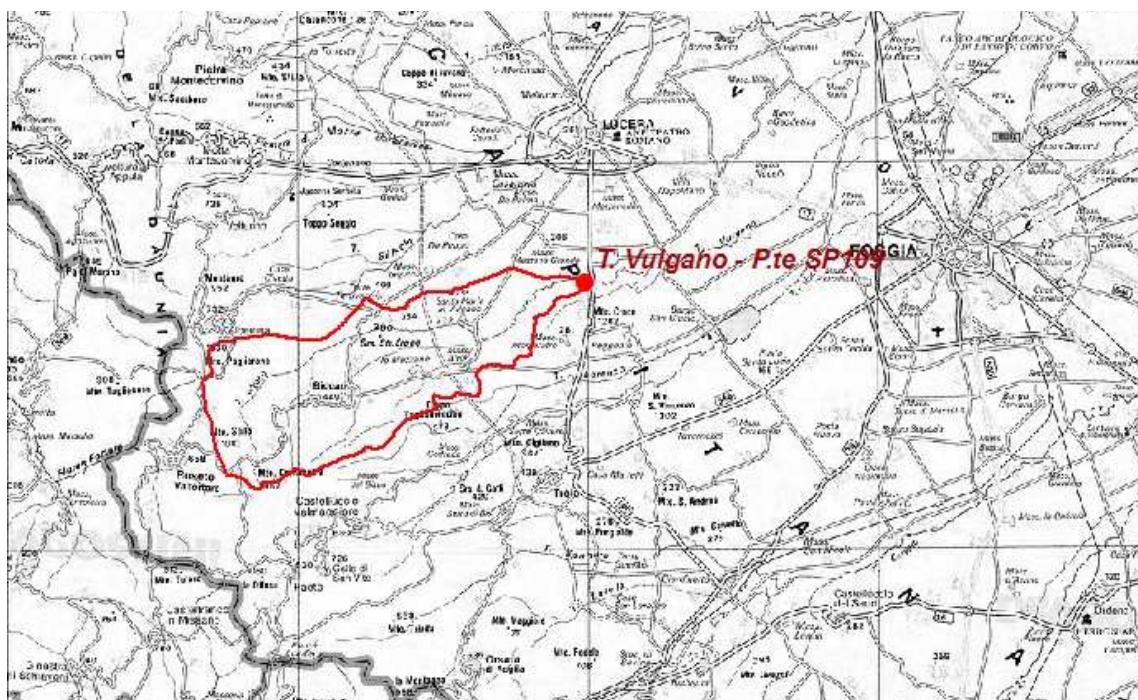
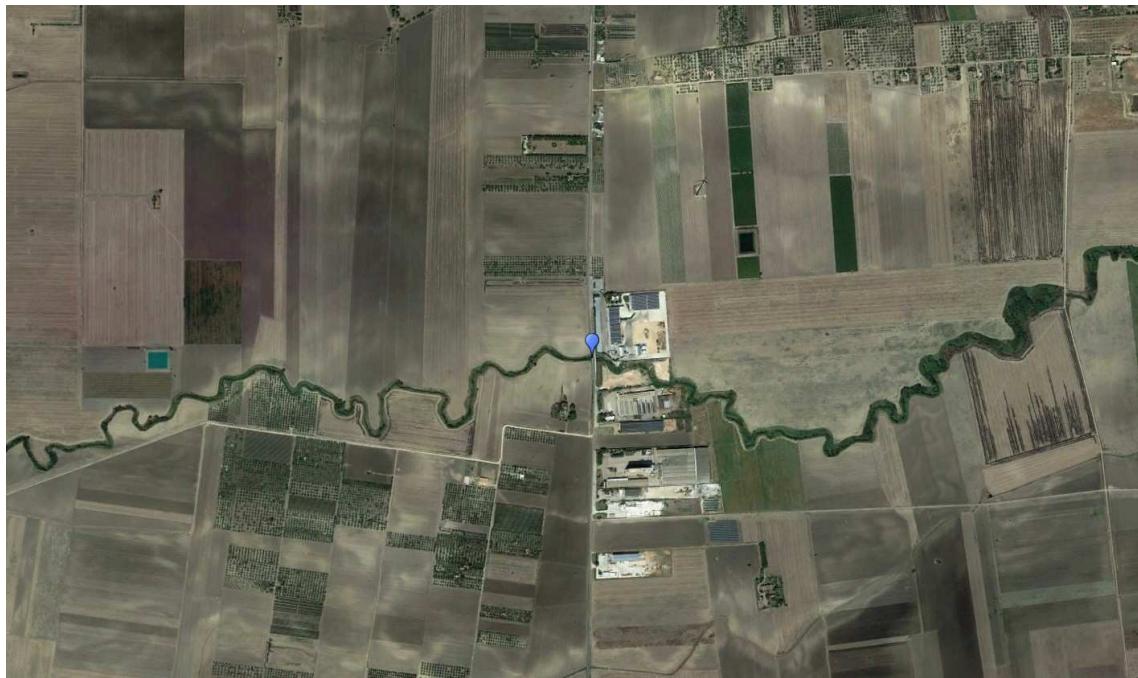


Profilo sezione - T. Salsola a P.te SP18

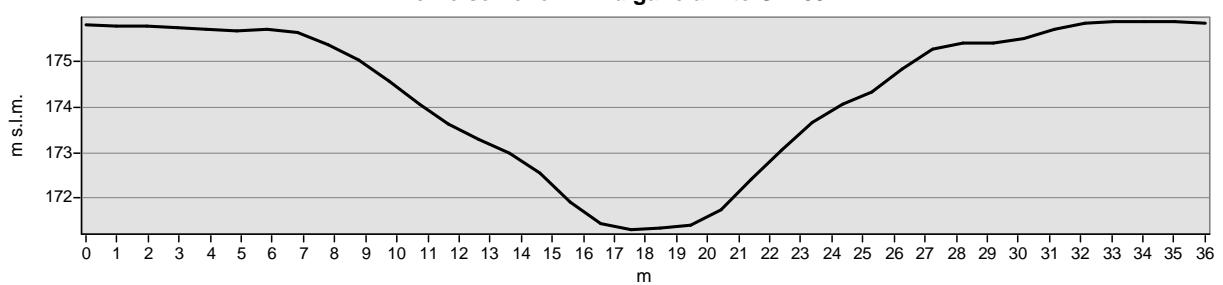


1.2.5 Torrente Vulcano - P.te SP109

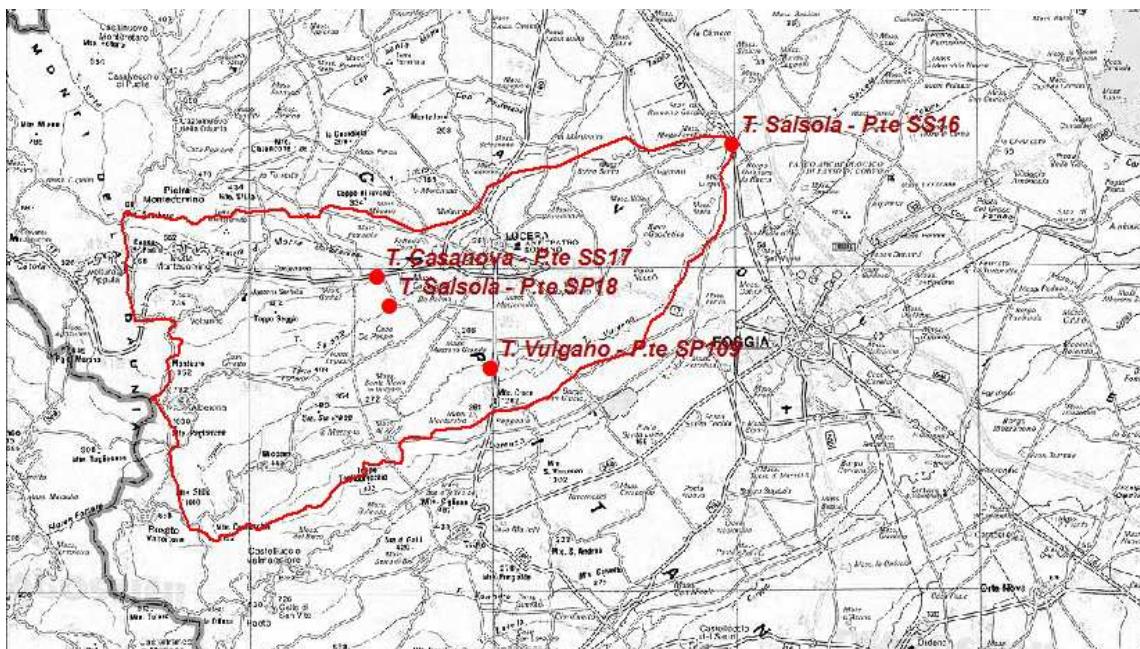
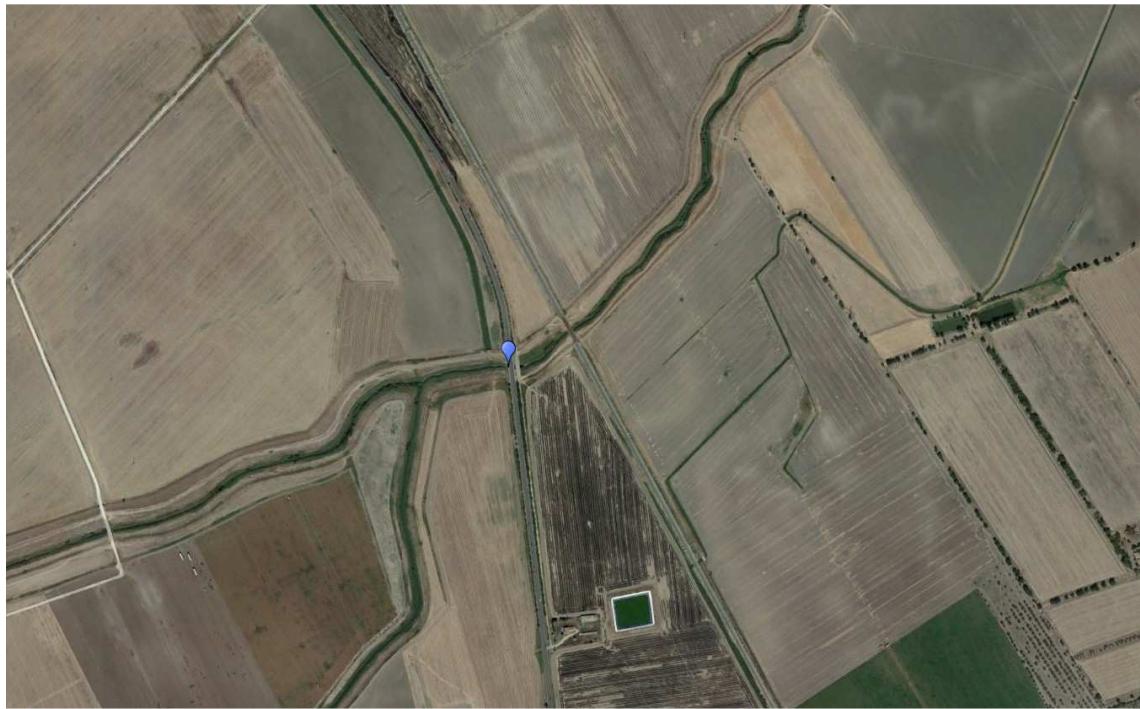




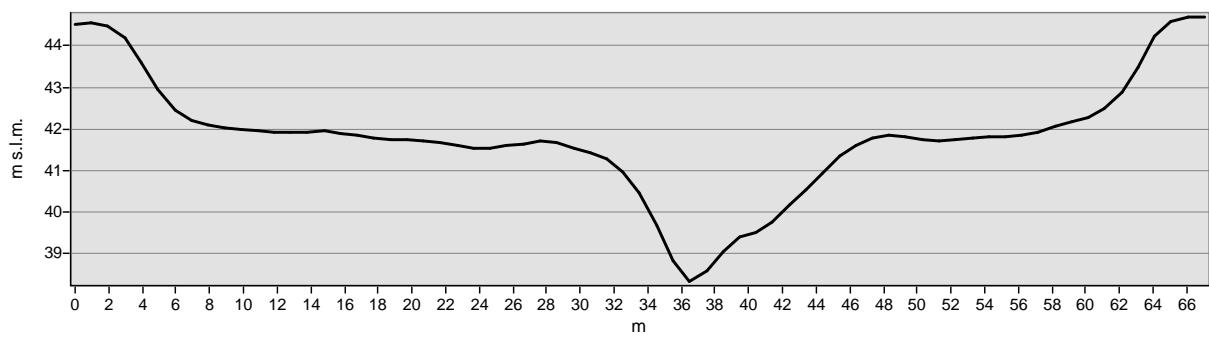
Profilo sezione - T. Vulcano a P.te SP109



### 1.2.6 Torrente Salsola - P.te SS16

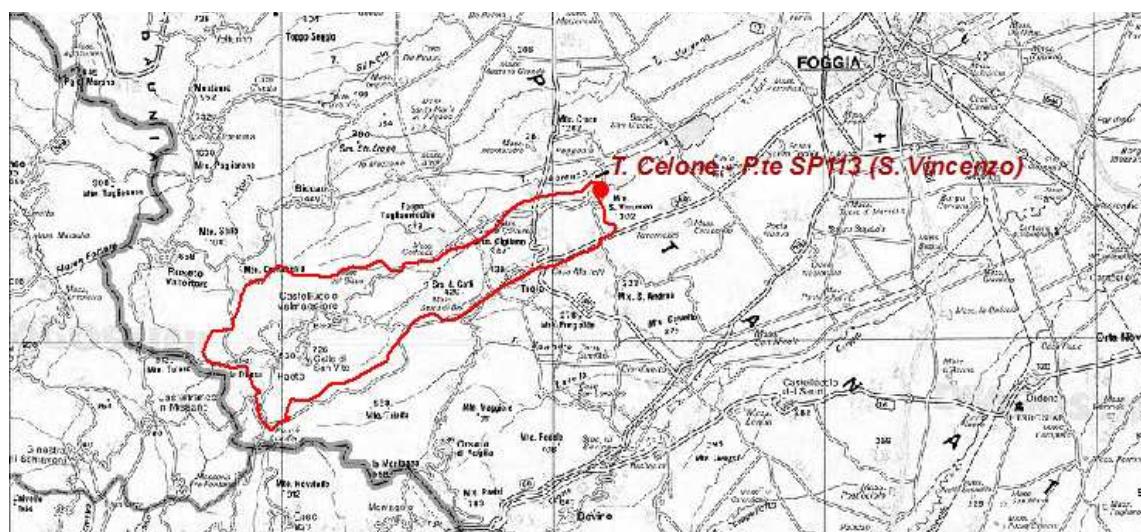
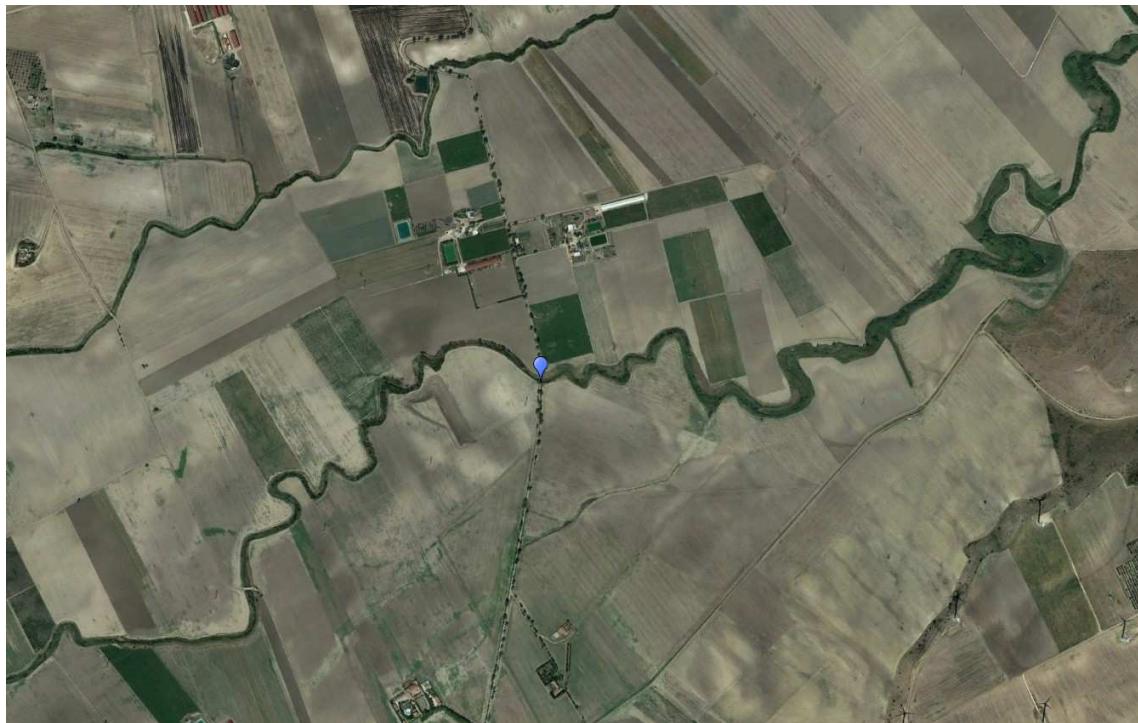


**Profilo sezione - T. Salsola a P.te SS16**

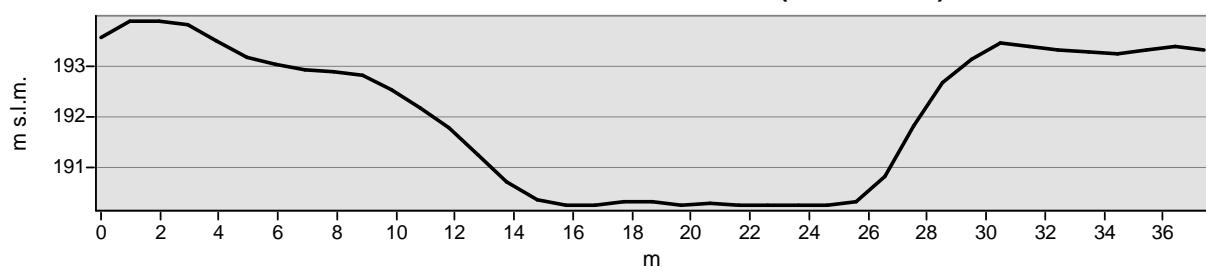


1.2.7 Torrente Celone - P.te SP113 (S. Vincenzo)



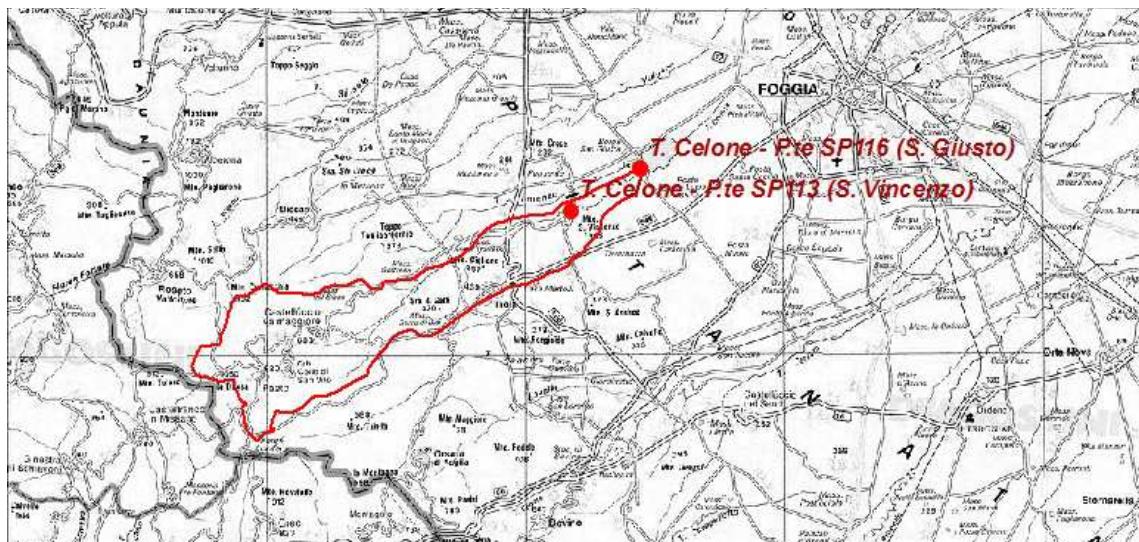


**Profilo sezione - T. Celone a P.te SP113 (S. Vincenzo)**

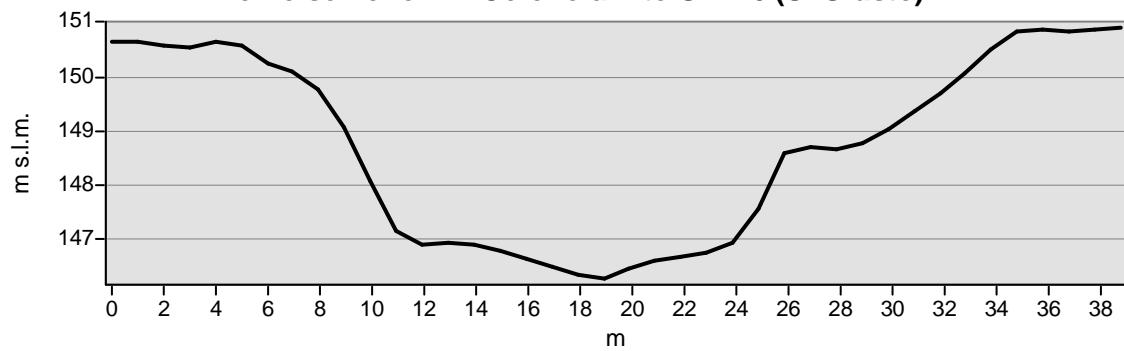


#### 1.2.8 Torrente Celone - P.te SP116 (S. Giusto)

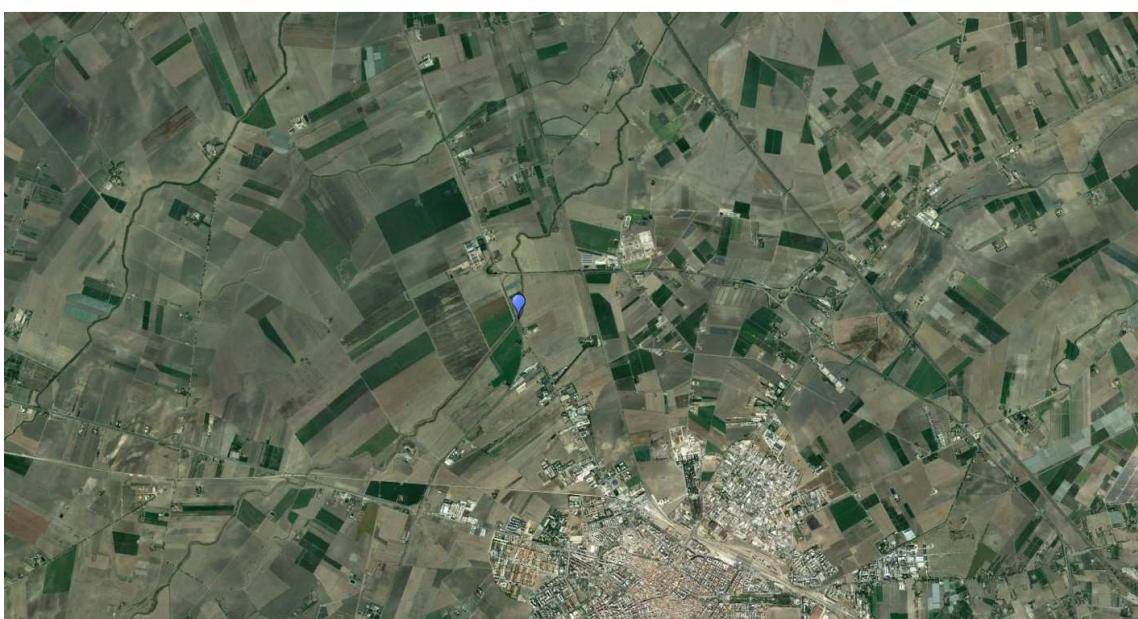


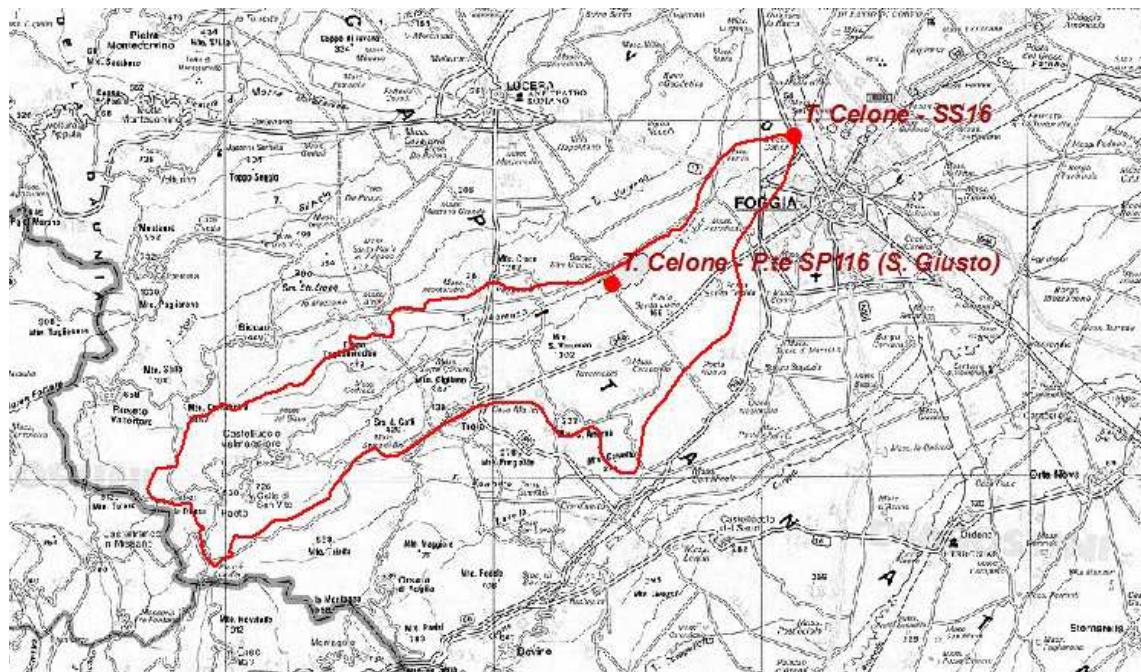


**Profilo sezione - T. Celone a P.te SP116 (S. Giusto)**

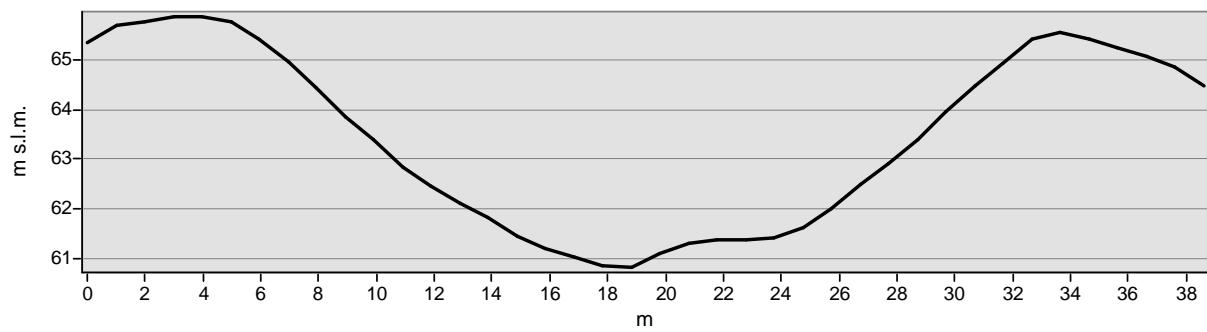


### 1.2.9 Torrente Celone - SS16

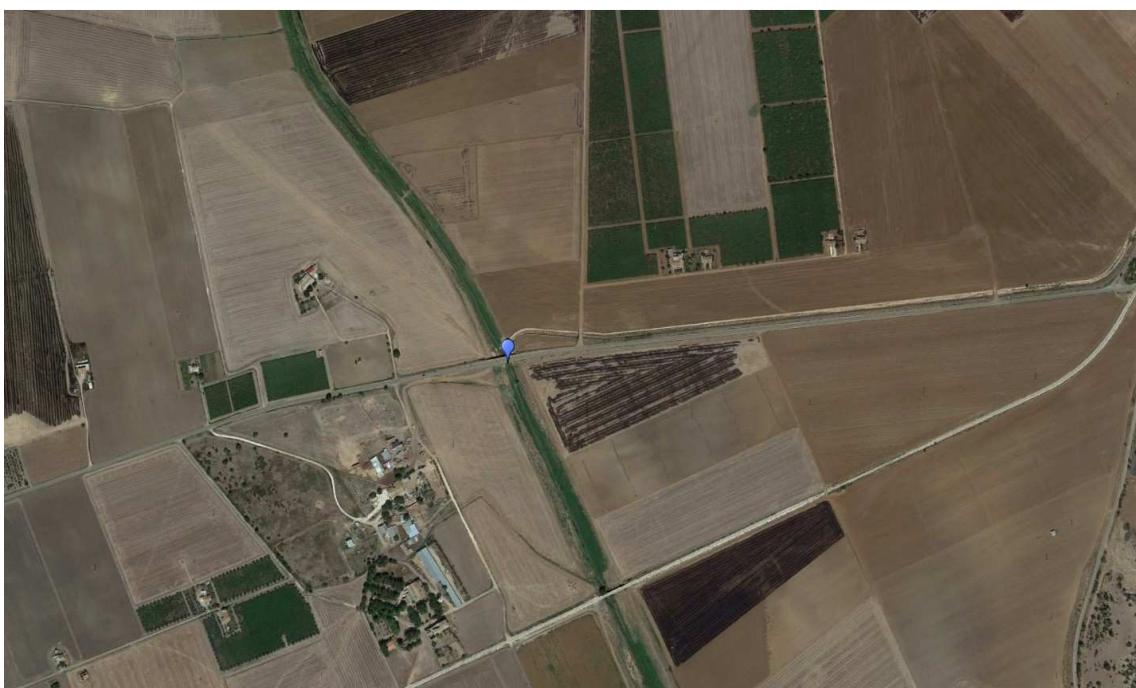


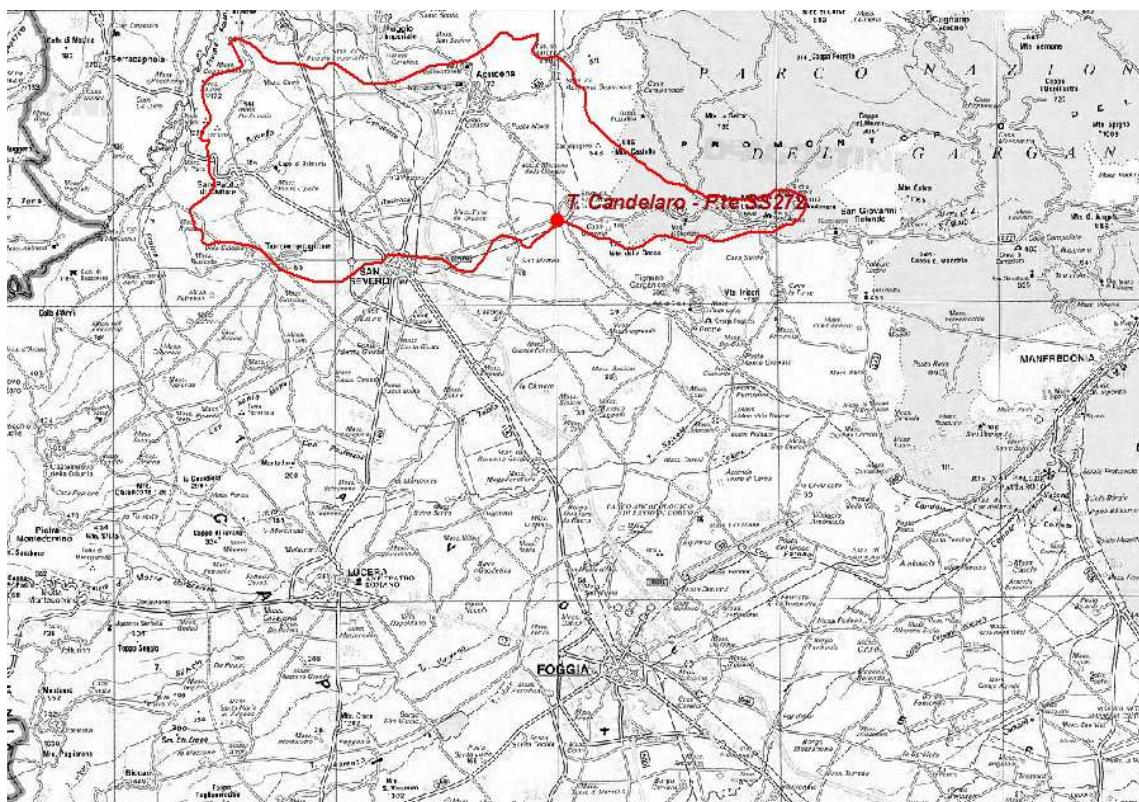


**Profilo sezione - T. Celone a SS16**

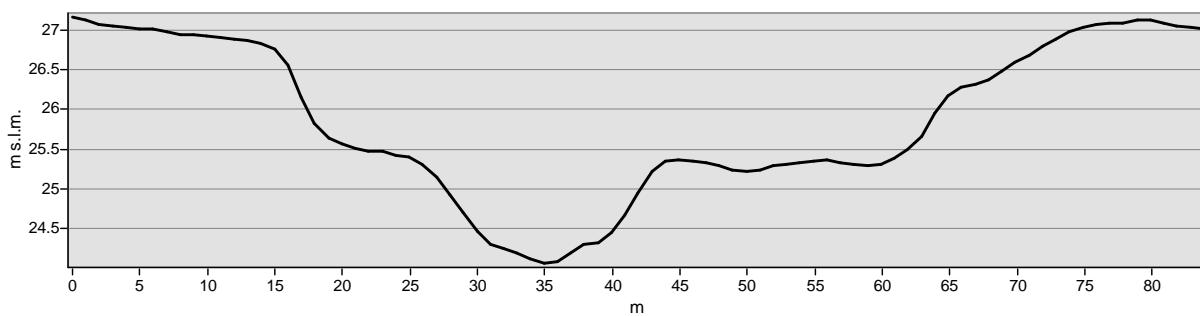


1.2.10 Torrente Candelaro - P.te SS272

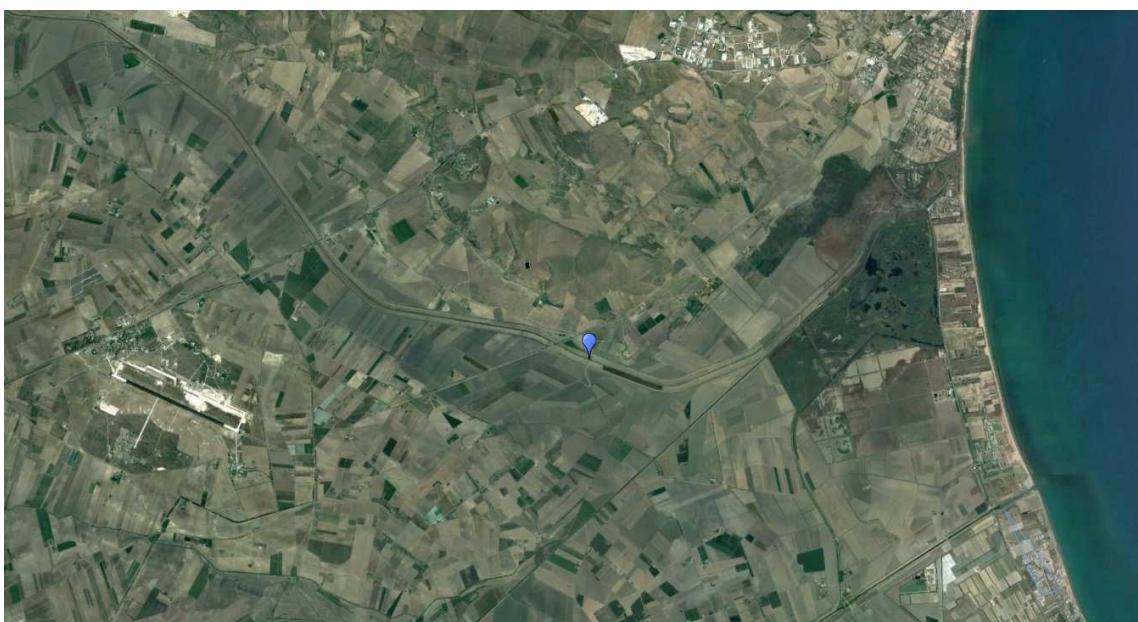


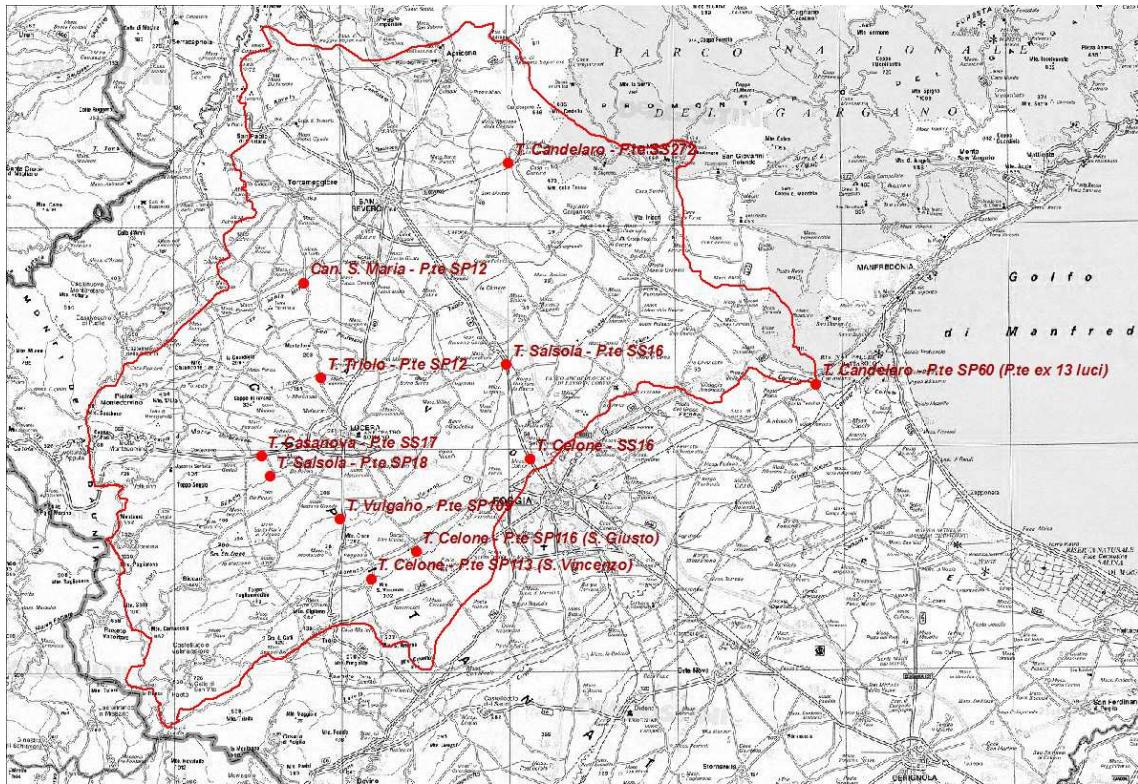


Profilo sezione - T. Candelaro a P.te SS272

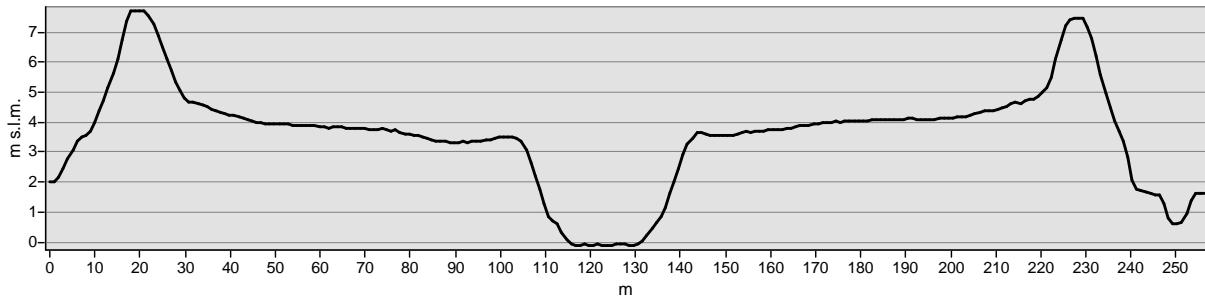


1.2.11 Torrente Candelaro - P.te SP60 (ex 13 luci)





Profilo sezione - T. Candelaro a P.te SP60 (P.te ex 13 luci)



### 1.3 Dati morfometrici delle sezioni di misura e soglie idrometriche

Per ogni stazione idrometrica di riferimento si definiscono tre diverse soglie a crescente criticità idraulica, classificate secondo la gradazione cromatica giallo-arancio-rosso:

- Allerta gialla - acqua solo nell'alveo inciso, senza allagamenti nemmeno dei campi e ponti non sormontati;
- Allerta arancio - possibili allagamenti dei campi e attraversamenti minori in possibile crisi;
- Allerta rossa - allagamento di aree ampia con livelli elevati e interessamento delle grandi opere. Rischio per la popolazione.

I valori soglia (Tab. 1) sono stati quindi definiti sulla base delle risultanze delle simulazioni, in termini di portata associata, per ogni stazione, ai livelli di criticità individuati.

Oltre alle verifiche sul modello idraulico aggiornato, le soglie idrometriche sono state confrontate con lo studio probabilistico eseguito dal centro Funzionale Decentrato e riportato nella D.G.R. 2181 del 26/11/2013.

**Tab. 1 – Dati morfometrici.**

BACINO	SOTTOBACINO	STRUMENTAZIONE	ZERO IDROMETRICO (m s.l.m.)	Superficie (Km <sup>2</sup> )	H <sub>min</sub> (m s.l.m.)	H <sub>med</sub> (m s.l.m.)	H <sub>max</sub> (m s.l.m.)	Pendenza media del bacino (%)	Lunghezza asta principale (Km)
FORTORE	Torrente Tona - P.te SP118	Teleidrometro	89,5						
	Torrente Staina - P.te SP9	Teleidrometro	37,7	99	37	192	675	4,4	25
	Fiume Fortore - P.te SP5 (P.te Casale - ex P.te del Littorio)	Teleidrometro	98,3	88	99	392	762	14,7	10
	Fiume Fortore - P.te SP46	Teleidrometro	36,4	312	38	347	831	11,1	29
	Fiume Fortore - P.te SP142 (Civitate)	Teleidrometro	17,3	483	27	275	831	8,6	43
	Fiume Fortore - P.te SP41b (Ripalta)	Teleidrometro	4,6	552	13	251	831	8,1	56
	Fiume Fortore - P.te SP42b (Colle d'Arena)	Teleidrometro	2,4	567	6	246	831	4,5	62
CANDELARO	Torrente Candelaro - P.te SP60 (P.te ex 13 luci)	Teleidrometro	1,2	1856	5	192	1128	6,0	66
	Torrente Candelaro - P.te SS272	Teleidrometro	22,8	337	30	147	1014	7,1	28
	Canale S. Maria - P.te SP12	Idrometrografo	84,1	60	88	196	697	6,5	20
	Torrente Triolo - P.te SP12	Idrometrografo Teleidrometro	110,0	55	114	294	919	9,0	22
	Torrente Casanova - P.te SS17	Idrometrografo	175,4	58	180	424	886	12,4	15
	Torrente Salsola - P.te SP18	Idrometrografo	183,1	44	183	426	1025	13,7	17
	Torrente Salsola - P.te SS16	Teleidrometro	38,0	448	44	290	1128	7,6	55
	Torrente Vulcano - P.te SP109	Teleidrometro Idrometrografo	171,5	95	178	470	1128	12,6	24
	Torrente Celone - P.te SP113 (S. Vincenzo)	Idrometrografo	188,9	89	189	552	1128	15,7	25
	Torrente Celone - P.te SP116 (S. Giusto)	Teleidrometro	-	94	148	524	1134	12,4	33
	Torrente Celone - SS16	Idrometrografo	60,7	219	65	345	1128	8,7	44

**Tab. 2** - Soglie idrometriche derivate da modello idrologico-idraulico.

Stazione idrometrica	Indicatore	Allerta gialla	Allerta arancione	Allerta rossa
T. Tona - P.te SP118	Livello idrometrico (m)	2.0	2.5	3.0
	Livello idrometrico (m)	3.0	4.0	5.0
F. Fortore - P.te SP5 (P.te Casale - ex P.te del Littorio)	Livello idrometrico (m)	2.5	3.0	3.5
	Portata (m <sup>3</sup> /s)	30	65	120
F. Fortore - P.te SP46	Livello idrometrico (m)	2.0	2.5	2.8
	Portata (m <sup>3</sup> /s)	50	100	150
F. Fortore - P.te SP142 (Civitate)	Livello idrometrico (m)	5.0	6.0	7.0
	Portata (m <sup>3</sup> /s)	70	100	150
F. Fortore - P.te SP41b (Ripalta)	Livello idrometrico (m)	5.0	6.0	7.0
	Portata (m <sup>3</sup> /s)	100	150	200
F. Fortore - P.te SP42b (Colle d'Arena)	Livello idrometrico (m)	3.5	4.0	4.5
	Portata (m <sup>3</sup> /s)	100	135	170
Can. S. Maria - P.te SP12	Livello idrometrico (m)	2,1	2,6	3,1
	Portata (m <sup>3</sup> /s)	20	40	55
T. Triolo - P.te SP12	Livello idrometrico (m)	2,5	3,5	4
	Portata (m <sup>3</sup> /s)	30	75	120
T. Casanova - P.te SS17	Livello idrometrico (m)	0,5	1,5	2,2
	Portata (m <sup>3</sup> /s)	10	35	60
T. Salsola - P.te SP18	Livello idrometrico (m)	1,4	2,4	2,9
	Portata (m <sup>3</sup> /s)	15	50	75
T. Vulcano - P.te SP109	Livello idrometrico (m)	2,2	3,2	3,7
	Portata (m <sup>3</sup> /s)	75	135	180
T. Salsola - P.te SS16	Livello idrometrico (m)	3,4	4,9	5,9
	Portata (m <sup>3</sup> /s)	50	117	173
T. Celone - P.te SP113 (S. Vincenzo)	Livello idrometrico (m)	2,8	3,8	4,3
	Portata (m <sup>3</sup> /s)	40	100	150
T. Celone - P.te SP116 (S. Giusto)	Livello idrometrico (m)	2,7	3,4	3,8
	Portata (m <sup>3</sup> /s)	40	100	150
T. Celone - SS16	Livello idrometrico (m)	2,1	3,1	3,6
	Portata (m <sup>3</sup> /s)	50	100	130
T. Candelaro - P.te SS272	Livello idrometrico (m)	2,8	3,3	3,8
	Portata (m <sup>3</sup> /s)	35	60	90
T. Candelaro - P.te SP60 (ex 13 luci)	Livello idrometrico (m)	2,3	2,8	3,3
	Portata (m <sup>3</sup> /s)	100	200	325

## 2. Bacini strumentati: soglie idrometriche derivate da analisi statistica e/o da considerazioni geometriche

Per l'individuazione delle soglie di allertamento si è proceduto, attraverso uno studio di tipo probabilistico, alla determinazione delle portate massime e dei corrispondenti livelli idrometrici associati ad alcuni valori di tempo di ritorno. Sono state così definite:

- una soglia ordinaria (allerta gialla): l'altezza di piena ordinaria, ovvero il livello di piena che, rispetto alla serie storica dei massimi livelli annuali, è uguagliata o superata nel 75% dei casi (in  $\frac{3}{4}$  degli anni di osservazione) - "Memorie e studi idrografici", Ministero LL.PP., Sconsiglio Superiore LL.PP., Servizio Idrografico, 1928;
- una soglia moderata (allerta arancione): l'altezza di piena corrispondente a tempi di ritorno  $T_R$  compresi tra 5 anni e 20 anni ( $5 \text{ anni} \leq T_R < 20 \text{ anni}$ );
- una soglia elevata (allerta rossa): l'altezza di piena corrispondente a tempi di ritorno  $T_R \geq 20 \text{ anni}$ .

Le stazioni della rete idrometrica del Centro Funzionale della Puglia sono raggruppabili in tre classi:

- stazioni di misura dotate di idrometrografo;
- stazioni di misura dotate di idrometro in telemisura;
- stazioni di misura dotate di entrambi gli strumenti.

Nelle sezioni in telemisura di recente installazione, non disponendo di serie storiche di dati per effettuare valutazioni statistiche, sono stati individuati in via speditiva, sulla base di informazioni relative ad eventi di piena recentemente occorsi e di considerazioni geometriche riguardanti la sezione, valori di soglia di livello idrometrico in corrispondenza dei quali possono prefigurarsi predeterminati scenari di esondazione.

### 2.1 Metodologia di analisi statistica dei massimi annuali di portata al colmo

Mediante l'analisi di frequenza di una variabile idrologica è possibile studiare e interpretare le registrazioni degli eventi verificatesi in passato in termini di probabilità che questi stessi possano riproporsi in futuro, ovvero la probabilità di accadimento per un prefissato tempo di ritorno.

Considerando la probabilità di non superamento  $P(x)$  della variabile idrologica  $x$ , si può definire come *tempo di ritorno* della variabile il numero di anni  $T$  in cui la variabile  $x$  è superata o raggiunta mediamente una sola volta. Indicando la probabilità di non superamento come  $1-P(x)$  è possibile scrivere la relazione che lega la stessa e il tempo di ritorno:

$$1 - P(x) = \frac{1}{T}$$

Il calcolo dei tempi di ritorno per le varie portate di piena è stato condotto utilizzando tre metodi differenti, due basati su una stima parametrica ed uno di tipo non parametrico. Il primo metodo parametrico si basa sulla distribuzione di probabilità TCEV (Two Component Extreme Value), costituita da un modello a doppia componente che suddivide l'insieme degli eventi in due popolazioni, la prima rappresentativa degli eventi medio-alti, la seconda degli eventi estremi o rari. L'espressione generale della distribuzione TCEV è la seguente:

$$P(x) = e^{\left[ -\lambda_1 e^{\left( \frac{-x}{\theta_1} \right)} - \lambda_2 e^{\left( \frac{-x}{\theta_2} \right)} \right]}$$

dove i valori  $\lambda_1$  e  $\lambda_2$  rappresentano rispettivamente il numero medio annuo di eventi della componente e della componente straordinaria, mentre i parametri  $\theta_1$  e  $\theta_2$  ( $\theta_2 > \theta_1 > 0$ ) rappresentano le rispettive medie.

Il secondo metodo parametrico si basa sull'applicazione del modello teorico della distribuzione di Gumbel, i cui parametri si ricavano a partire dall'analisi del campione di osservazioni. L'espressione generale della distribuzione di Gumbel è la seguente:

$$P(x) = e^{-e^{-\alpha(x-u)}}$$

dove

$$\alpha = \frac{1,283}{\sigma(x)}$$

$$u = \mu(x) - 0,450 \sigma(x)$$

sono funzione della media  $\mu$  e della deviazione standard  $\sigma$  della variabile originaria x.

Le distribuzioni teoriche sono confrontate con la frequenza cumulata campionaria (ovvero la probabilità di non superamento) ottenuta tramite la *plotting position* di Weibull. L'operazione di *plotting position* consente di calcolare la frequenza relativa, per ogni dato e di attribuire una distribuzione di frequenza all'intero set di dati:

$$F(x_i) = \frac{i}{N + 1}$$

Dove N è il numero di dati ed i è un fattore che va da 1 ad N con il campione di dati ordinato in modo crescente.

I dati utilizzati per le elaborazioni statistiche sono:

- le misure di altezze idrometriche al colmo, ossia i valori massimi delle altezze idrometriche delle piene annuali;
- le misure di portate al colmo, ossia i valori massimi delle portate verificatesi durante gli eventi di piena;
- le scale di deflusso, ossia la legge che lega le altezze idrometriche alle portate per una fissata geometria dell'alveo.

La metodologia consente, attraverso l'analisi di un campione di osservazioni, di assegnare una determinata frequenza e un tempo di ritorno ad ogni evento, di valutare il miglior adattamento tra le distribuzioni teoriche e quella sperimentale determinando l'andamento della curva teorica Q(Tr) nonché di determinare le soglie di criticità in corrispondenza dei prefissati tempi di ritorno.

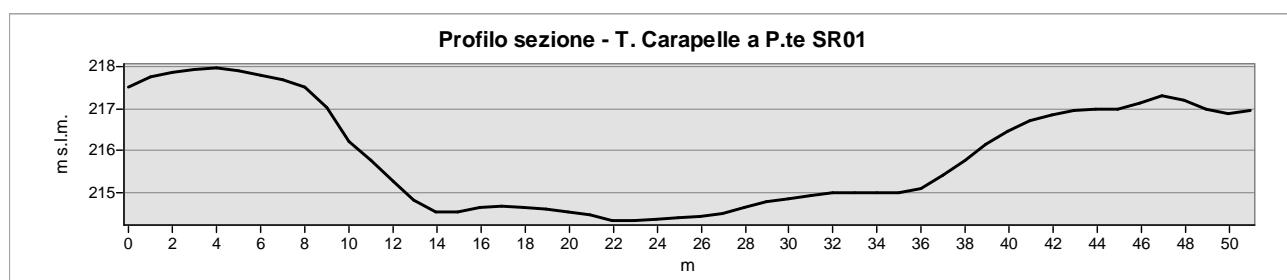
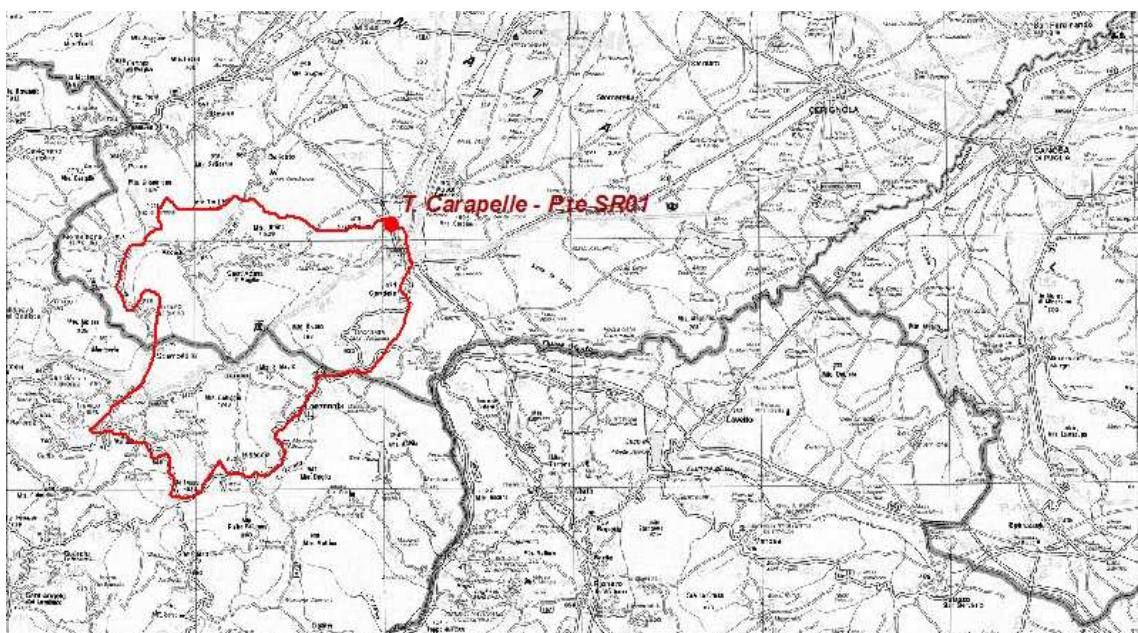
Nelle pagine seguenti sono riportate delle schede informative relative alle sezioni dei corsi d'acqua monitorate in telemisura in cui vengono indicati:

- una fotografia della sezione;
- l'ubicazione della stazione su ortofoto;
- il bacino idrografico sotteso alla sezione o il bacino totale per i più piccoli corsi d'acqua (elaborazioni ottenute dal DTM 8x8 m per i bacini regionali e dal DTM 90x90 m per i bacini interregionali);
- il grafico della sezione rilevata ottenuto da rilievo LiDAR 1x1 m (ove disponibile);
- le portate al colmo osservate e le distribuzioni probabilistiche (ove disponibili);
- la curva Q(Tr) indicante la portata associata ad un certo tempo di ritorno T (ove disponibile).

## 2.2 Torrente Carapelle

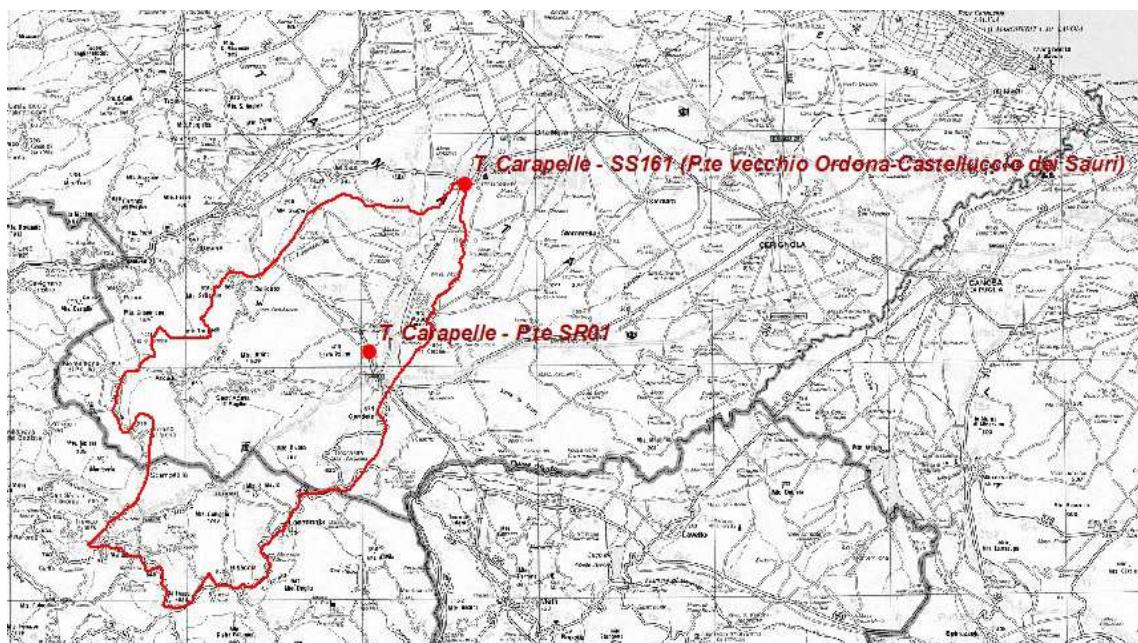
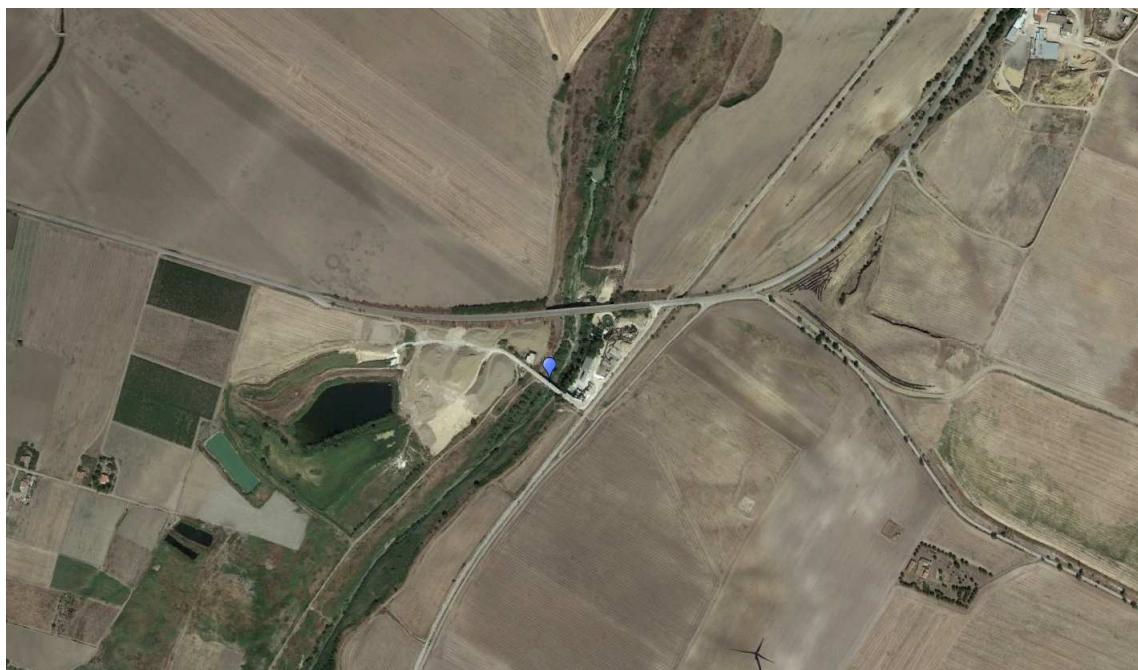
### 2.2.1 Torrente Carapelle – P.te SR01



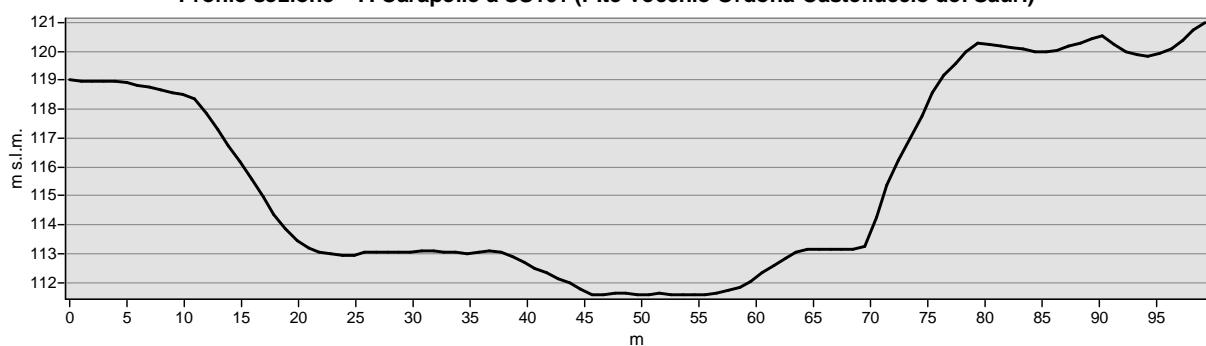


2.2.2 Torrente Carapelle - SS161 (P.te vecchio Ordona-Castelluccio dei Sauri)





Profilo sezione - T. Carapelle a SS161 (P.te vecchio Ordona-Castelluccio dei Sauri)



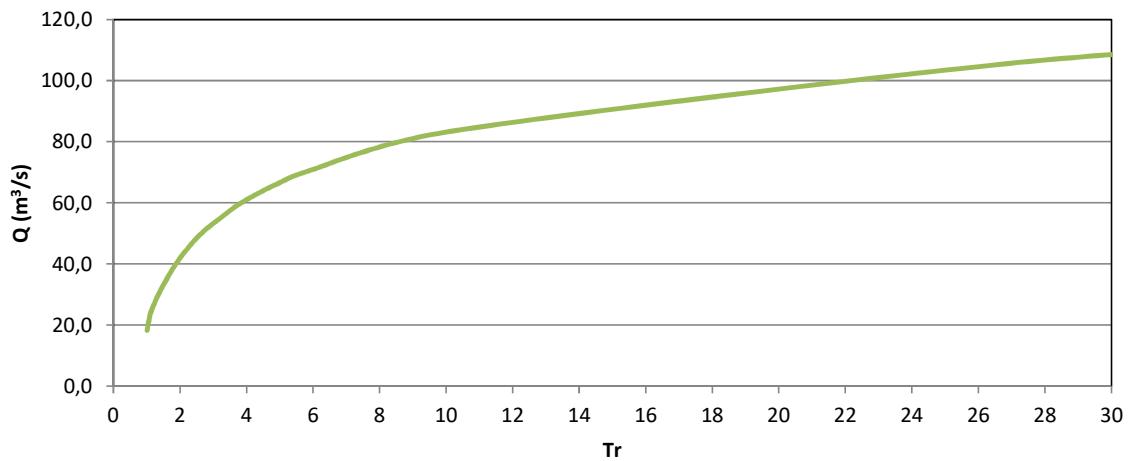
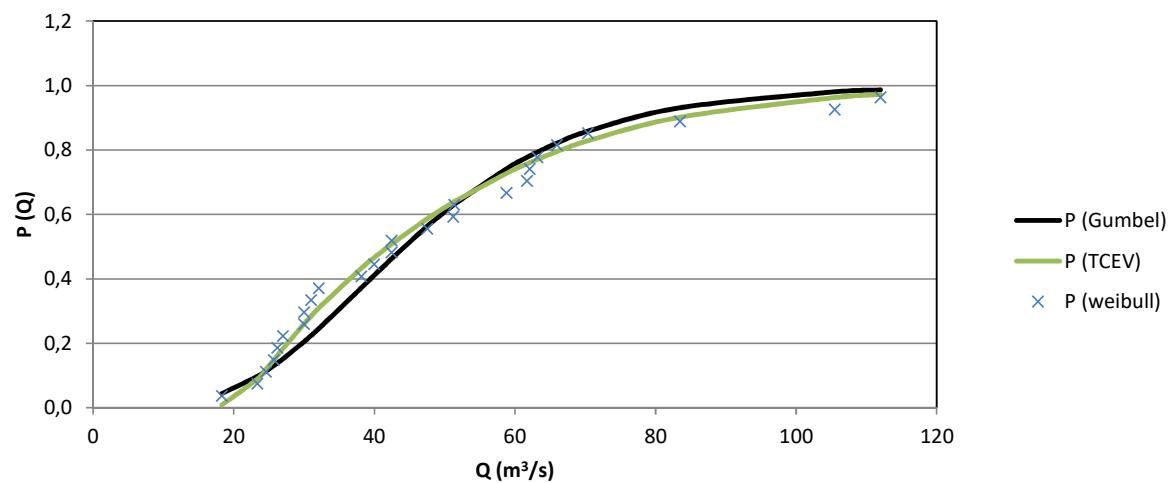
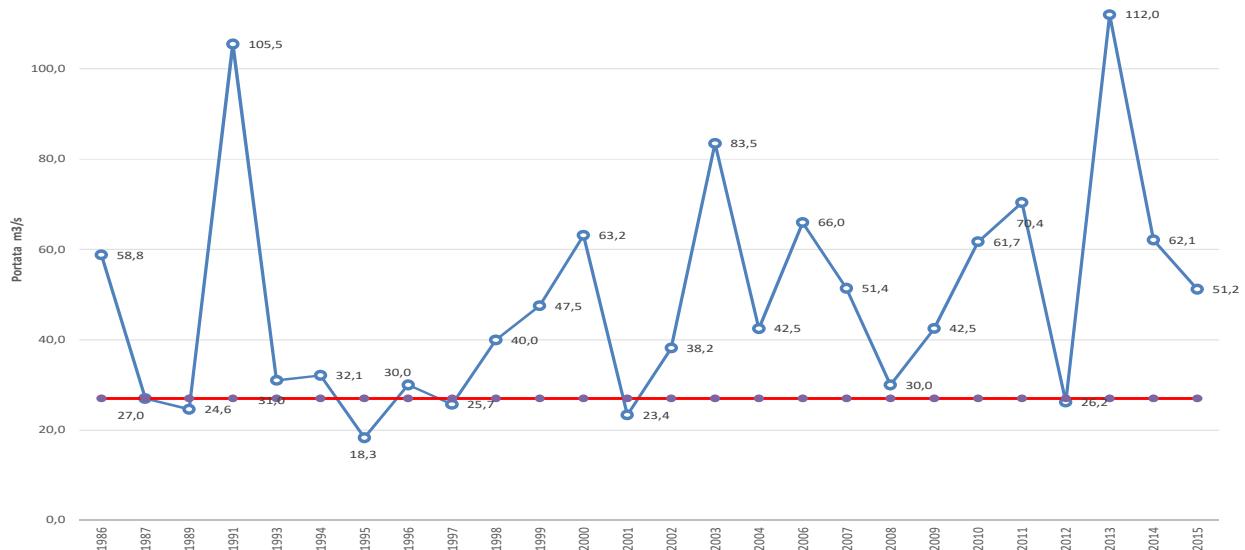
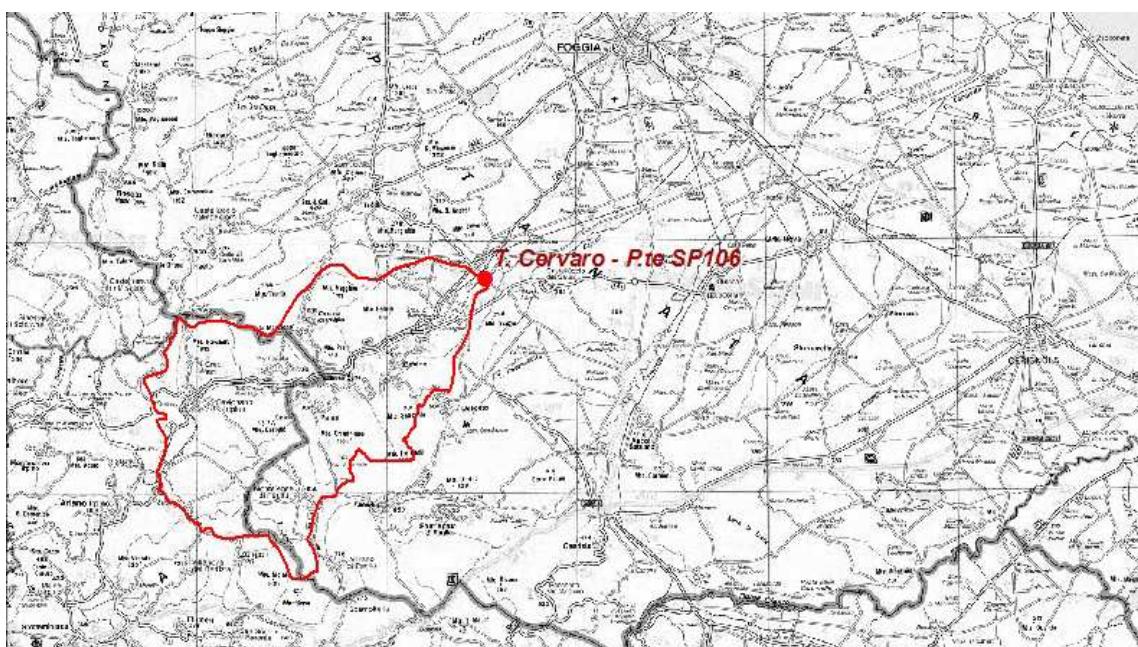
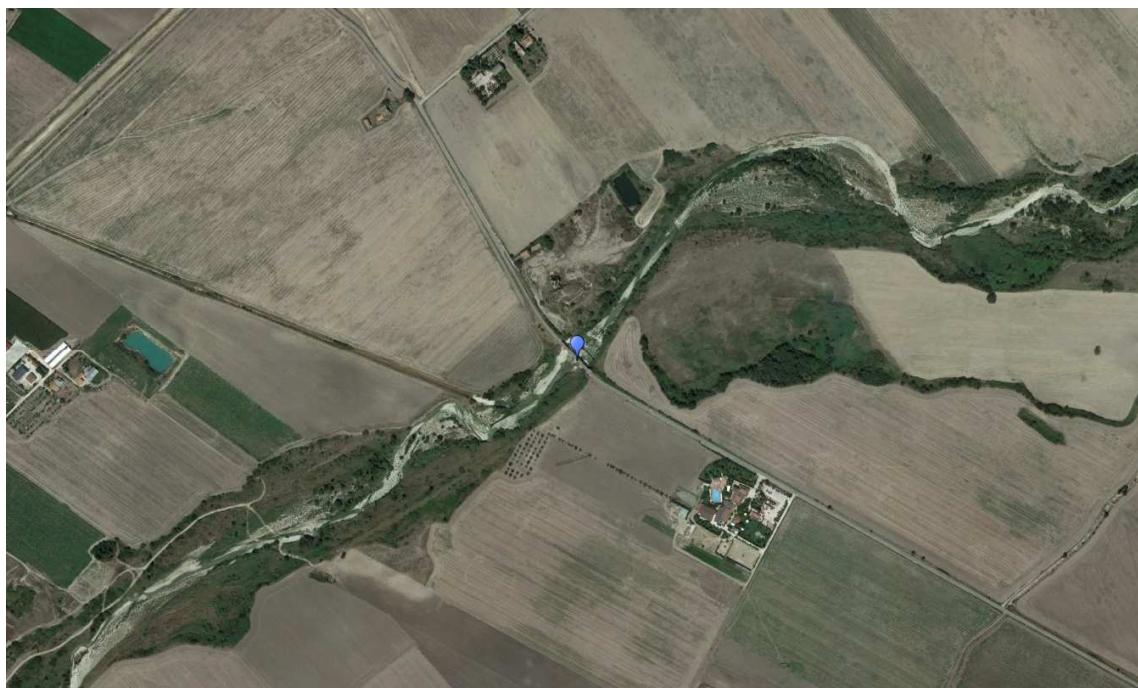


Fig. 3 - Portate al colmo osservate, distribuzioni probabilistiche osservata e teorica, curva  $Q(Tr)$ .

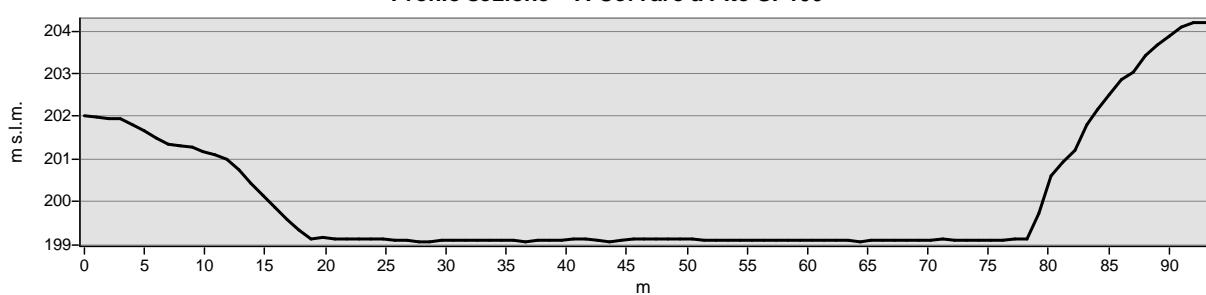
## 2.3 Torrente Cervaro

### 2.3.1 Torrente Cervaro – P.te SP106



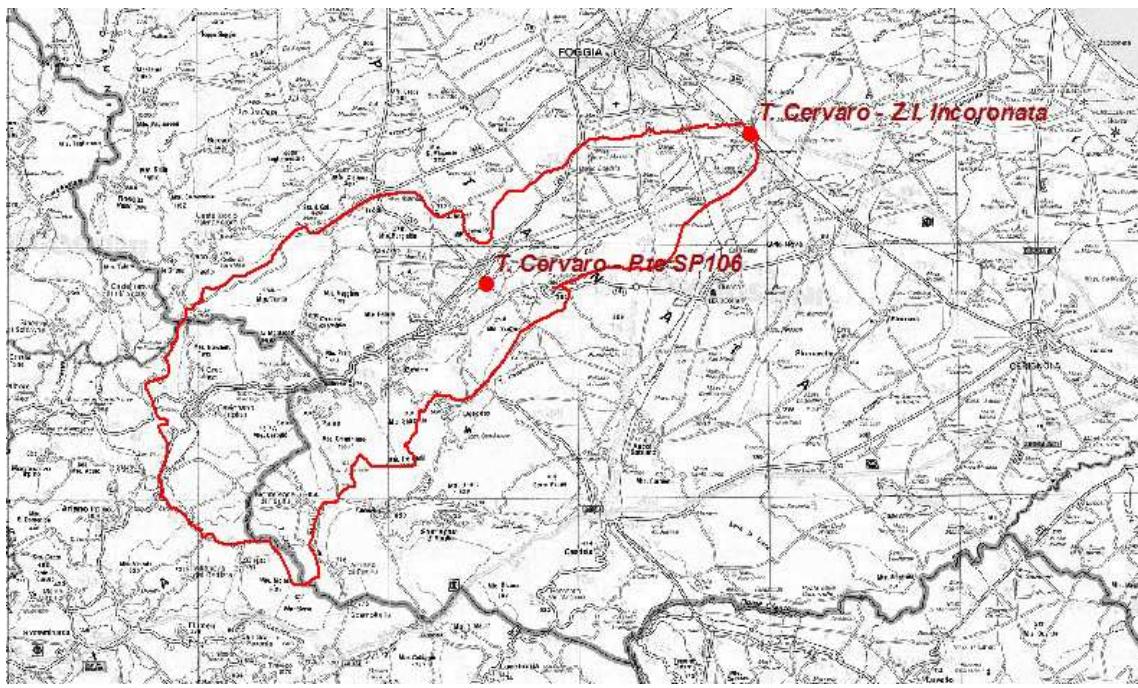


Profilo sezione - T. Cervaro a P.te SP106

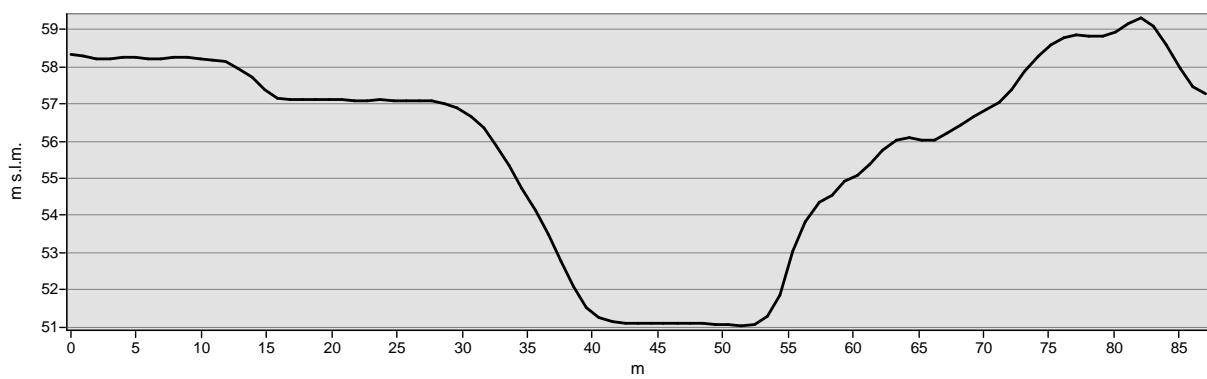


### 2.3.2 Torrente Cervaro - Z.I. Incoronata





Profilo sezione - T. Cervaro - Z.I. Incoronata



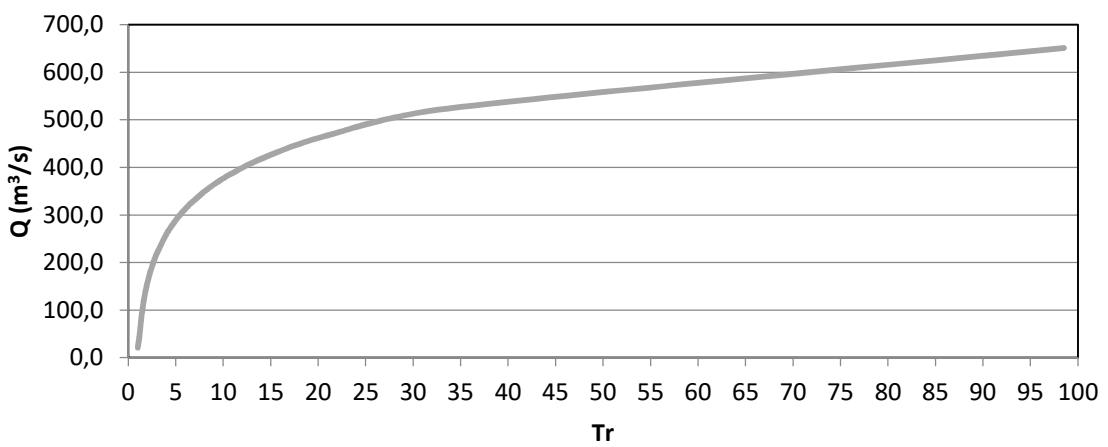
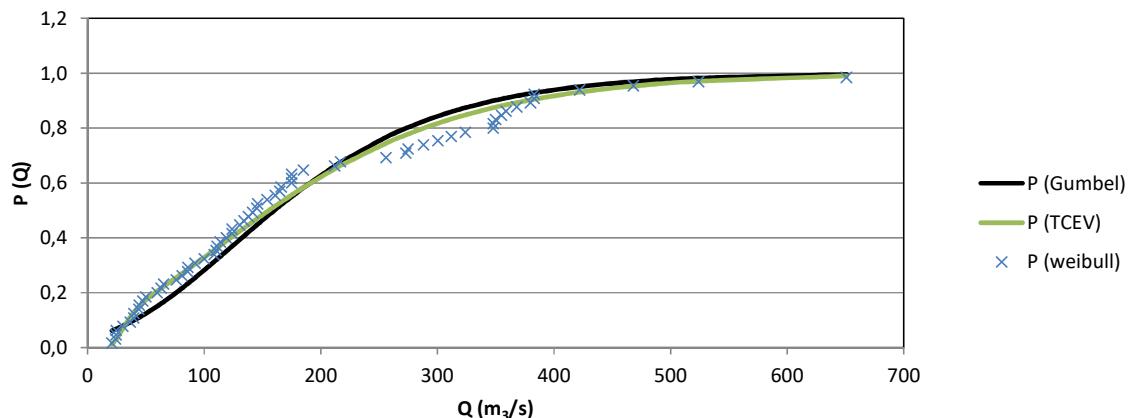
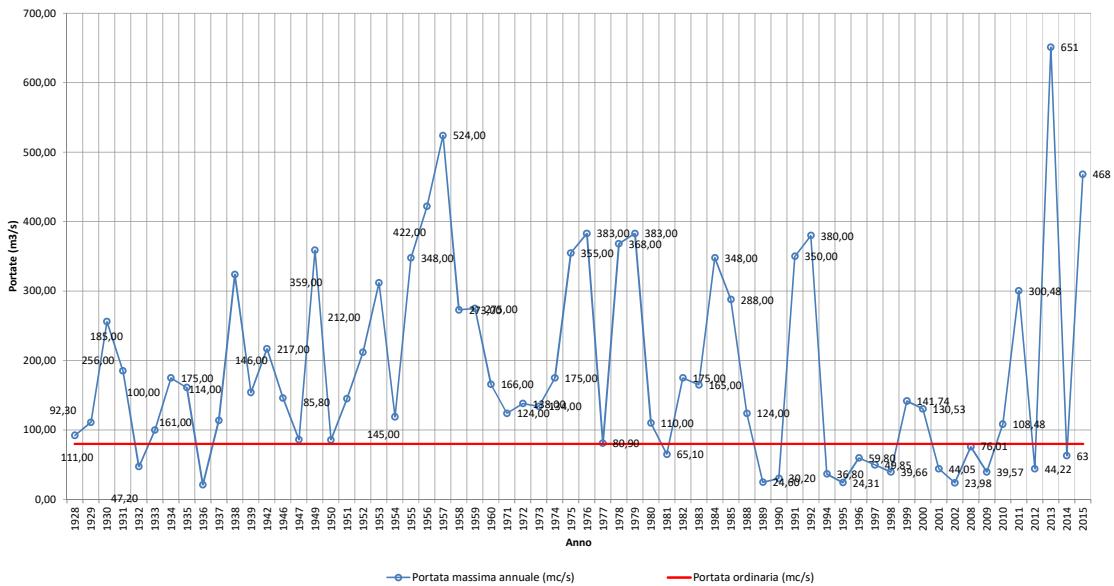
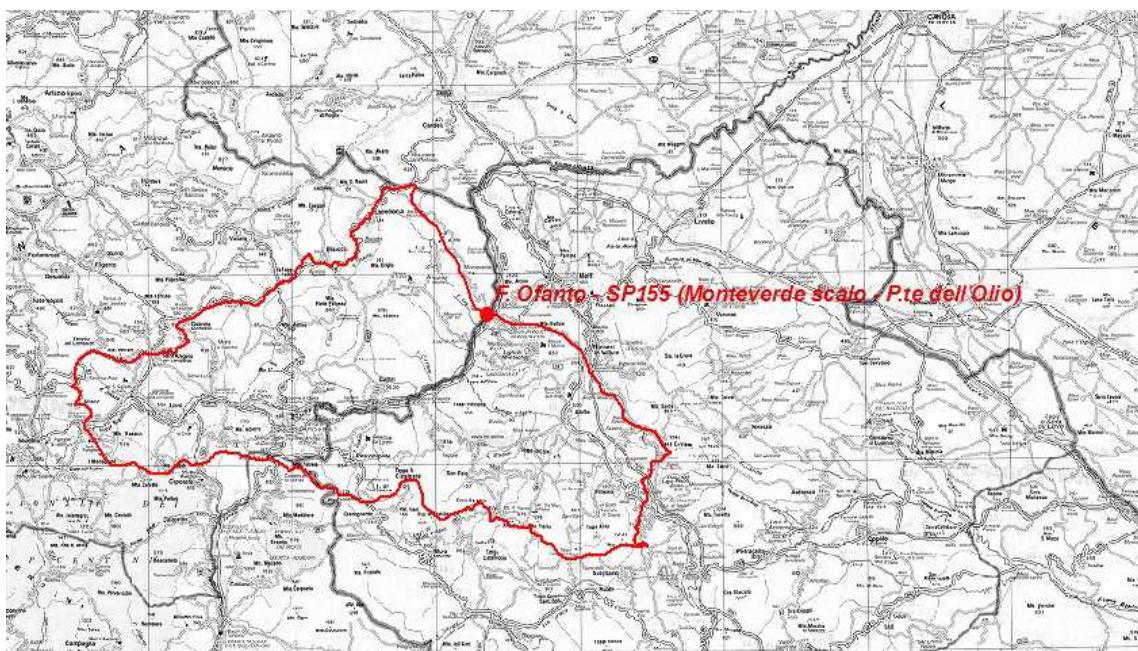
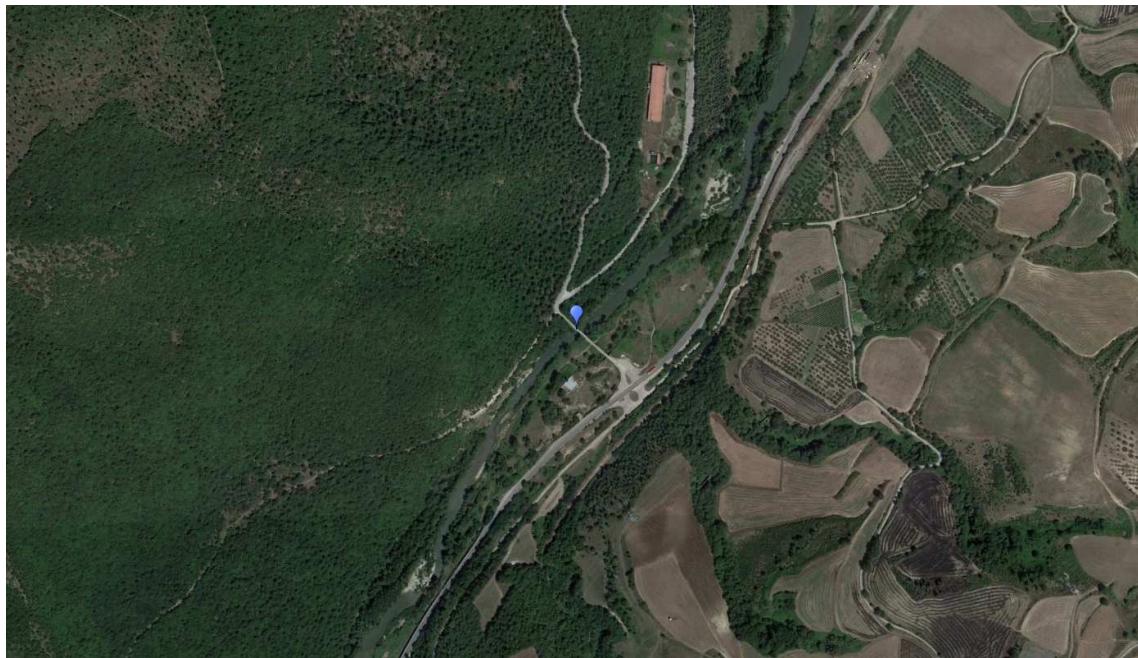


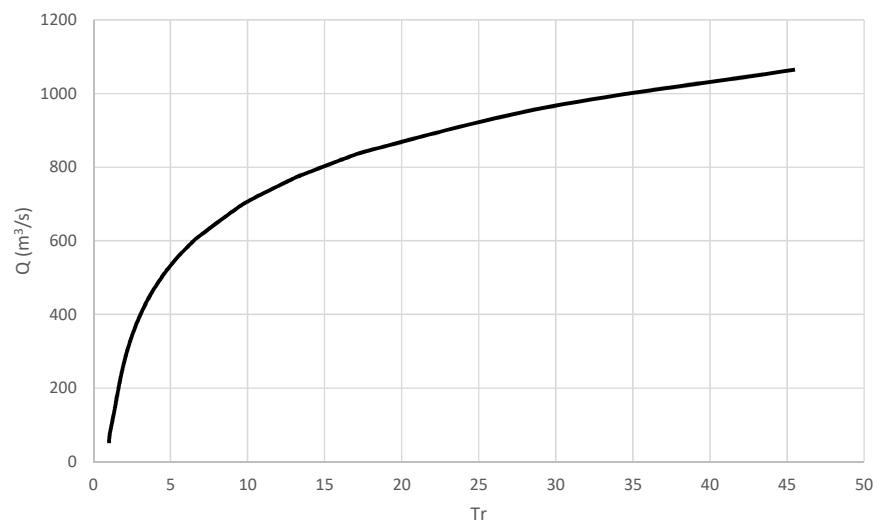
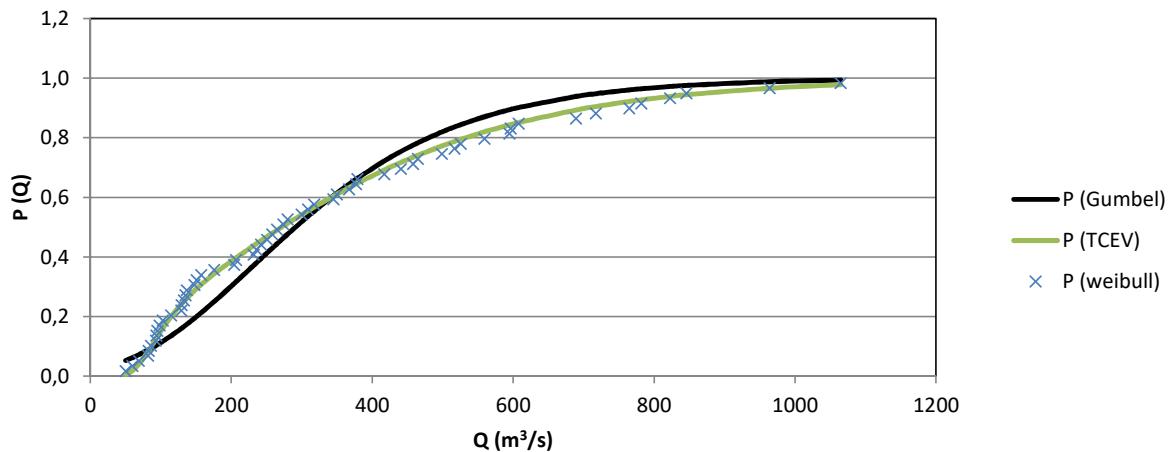
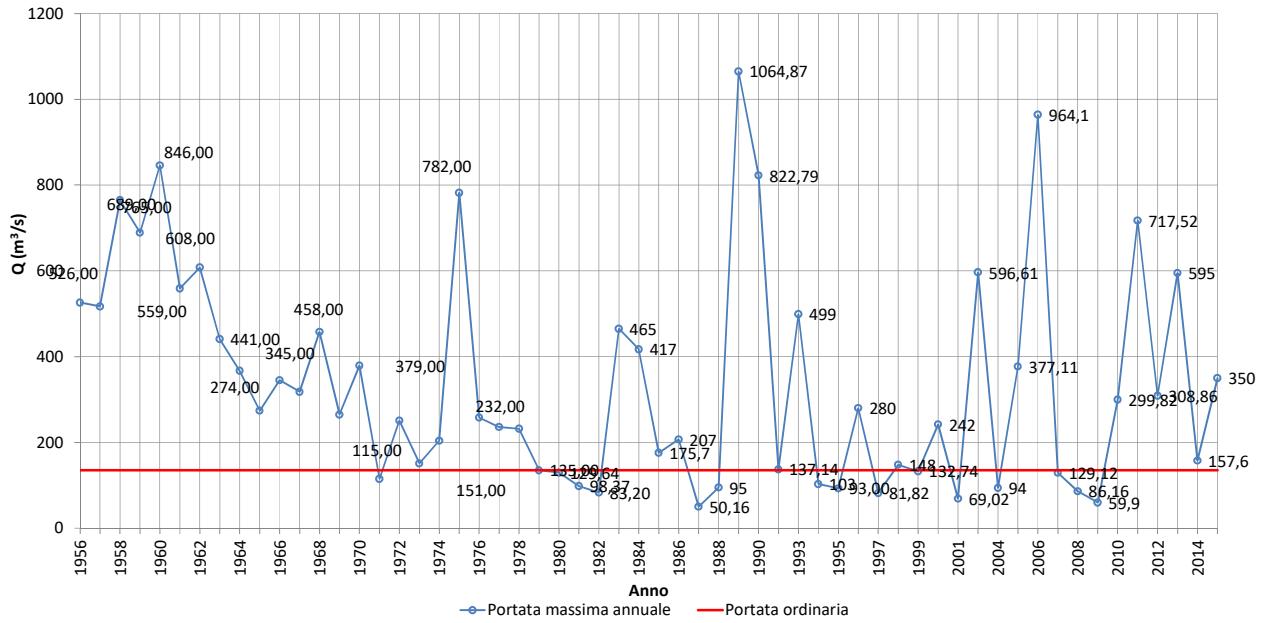
Fig. 4 - Portate al colmo osservate, distribuzioni probabilistiche osservata e teorica, curva  $Q(Tr)$ .

## 2.4 Fiume Ofanto

### 2.4.1 Fiume Ofanto - SP155 (Monteverde scalo - P.te dell'Olio)



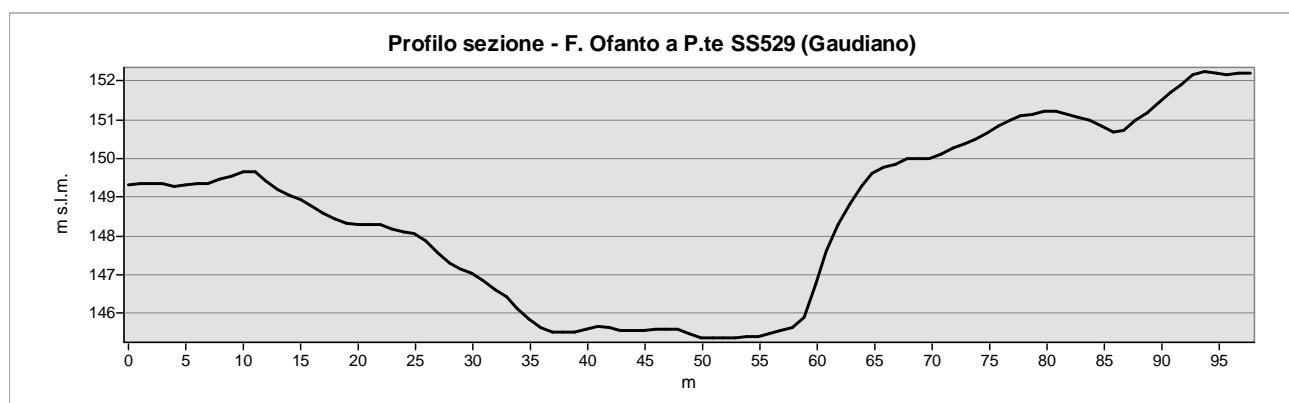
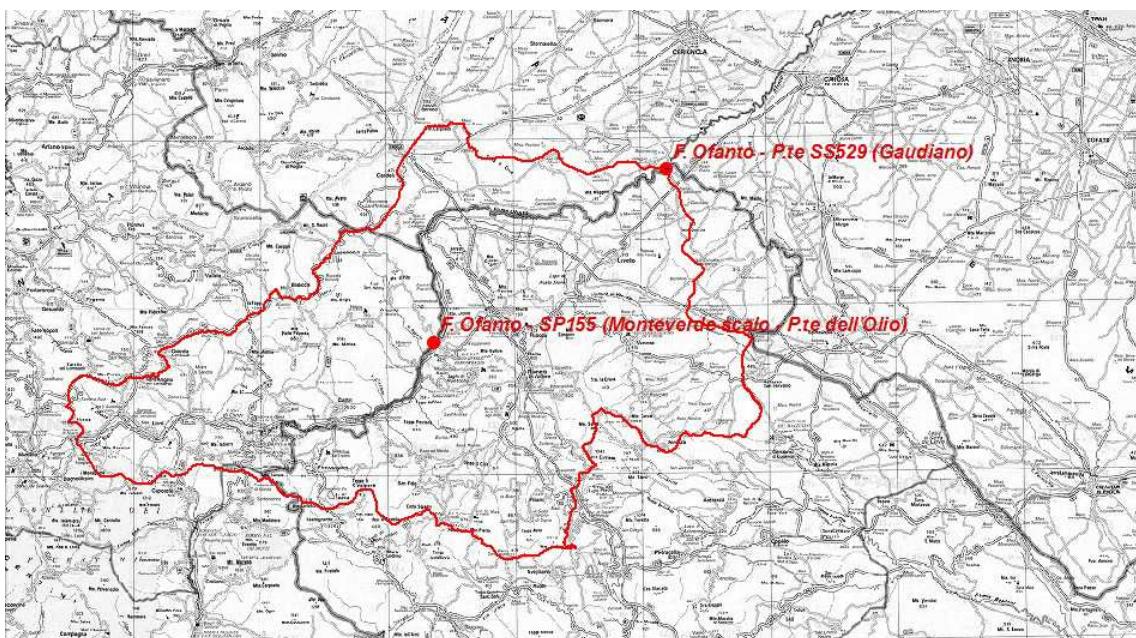
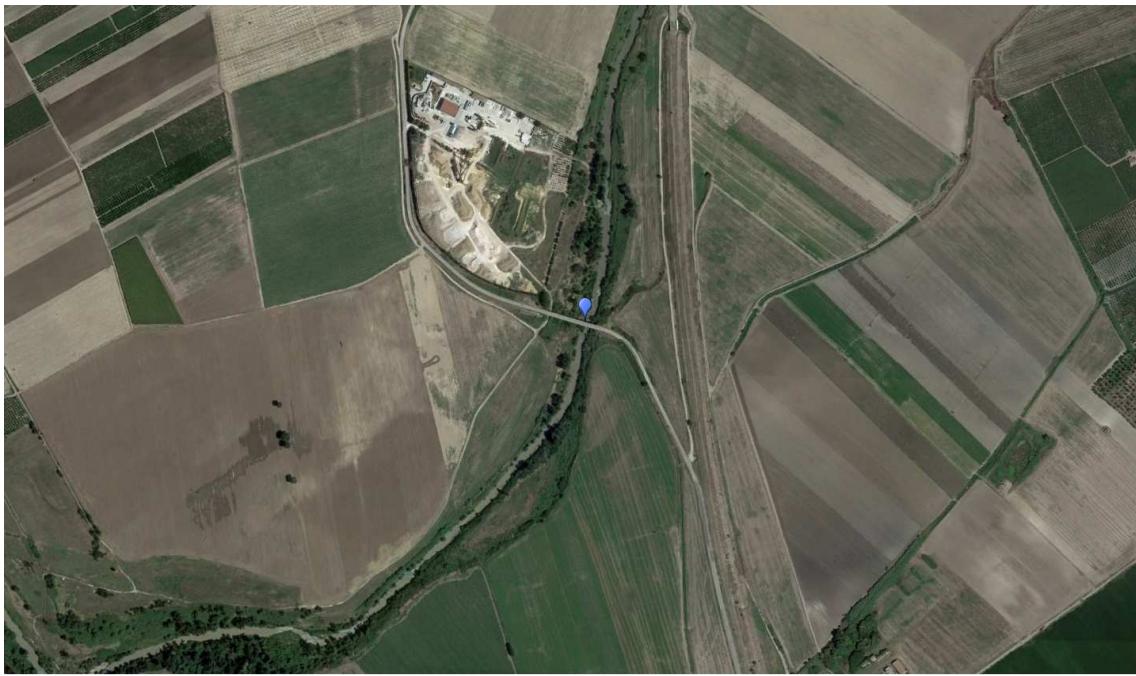




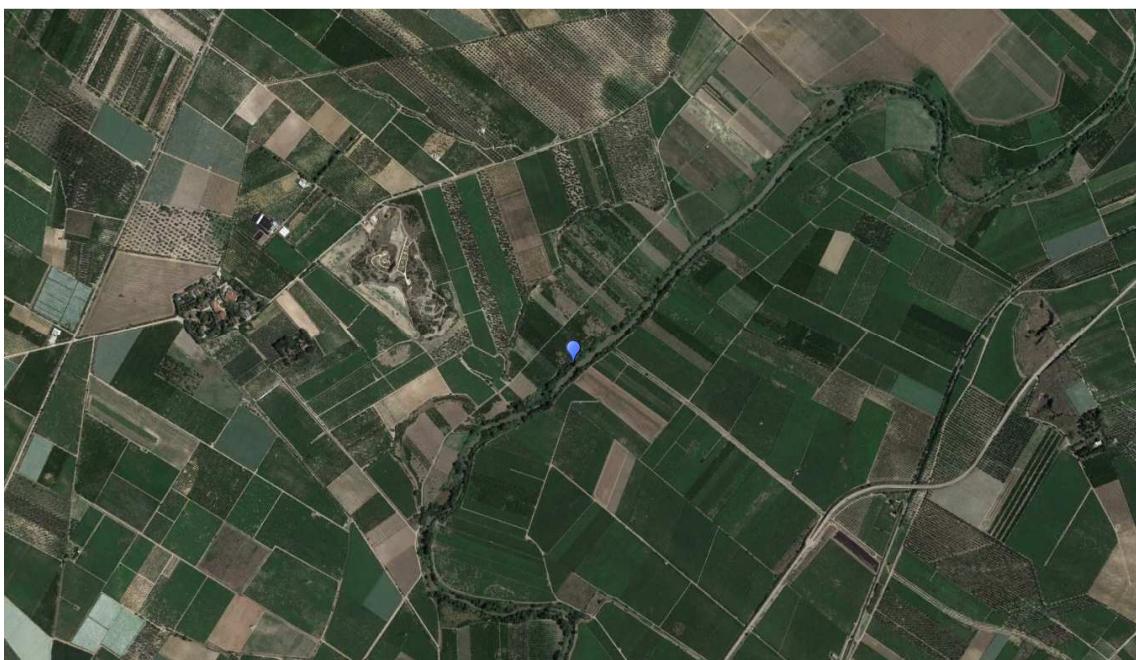
**Fig. 5 - Portate al colmo osservate, distribuzioni probabilistiche osservata e teorica e curva  $Q(Tr)$ .**

*2.4.2 Fiume Ofanto - P.te SS529 (Gaudiano)*





#### *2.4.3 Fiume Ofanto - S. Samuele di Cafiero*



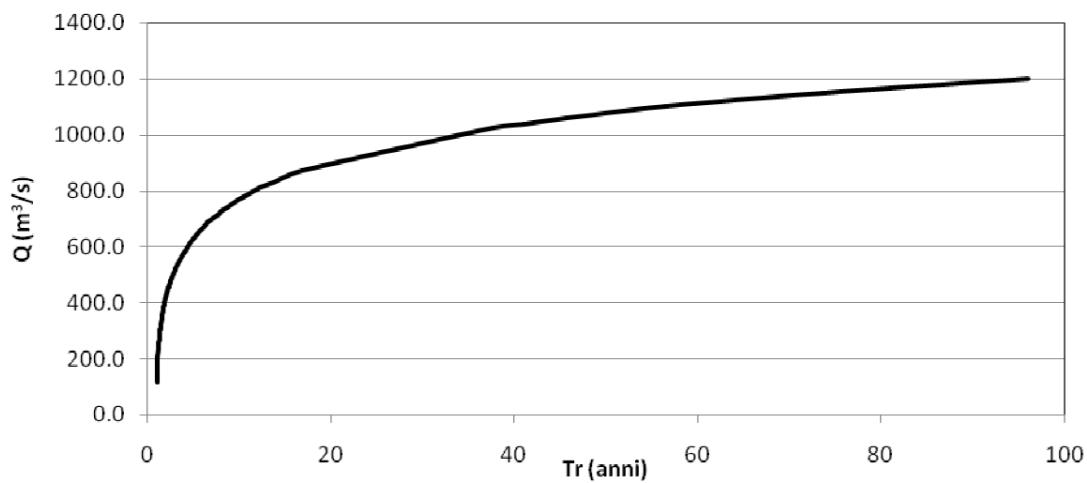
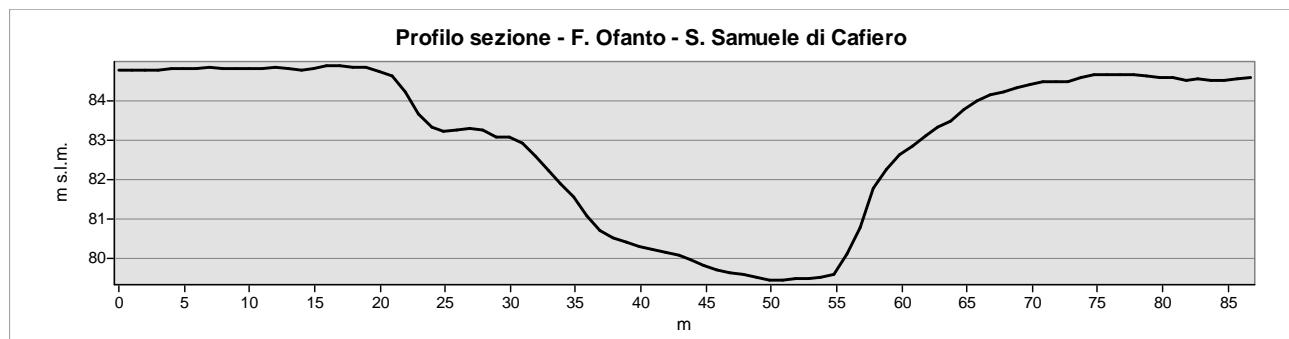
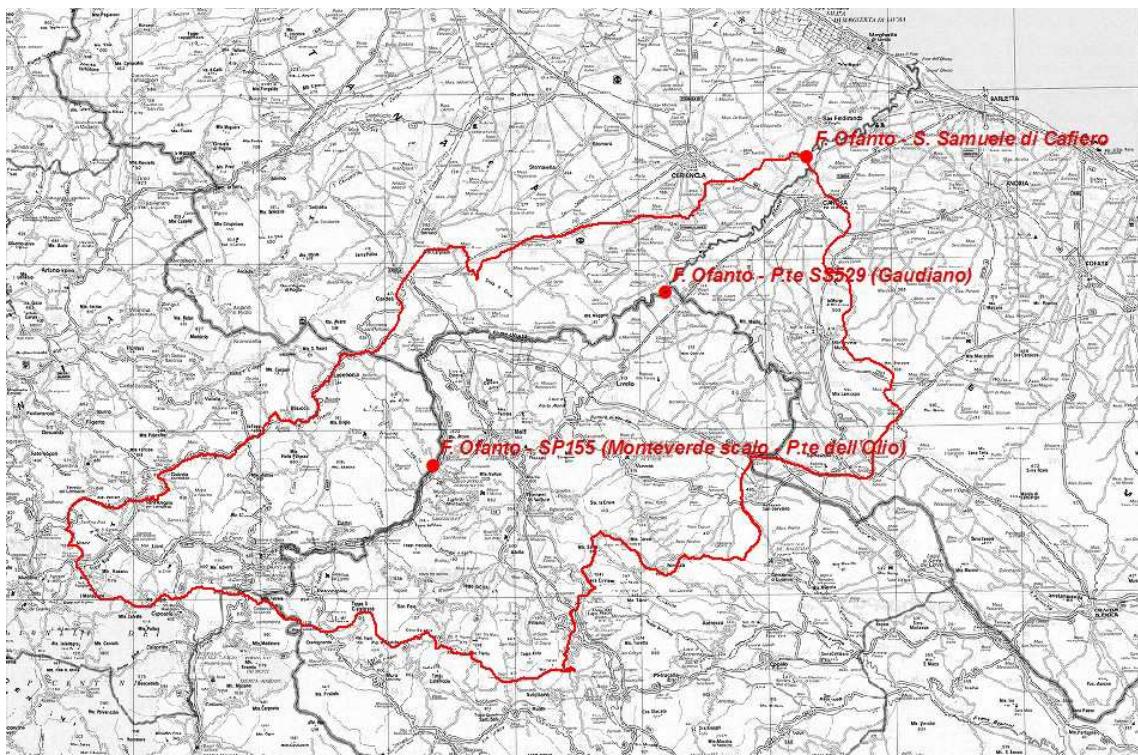
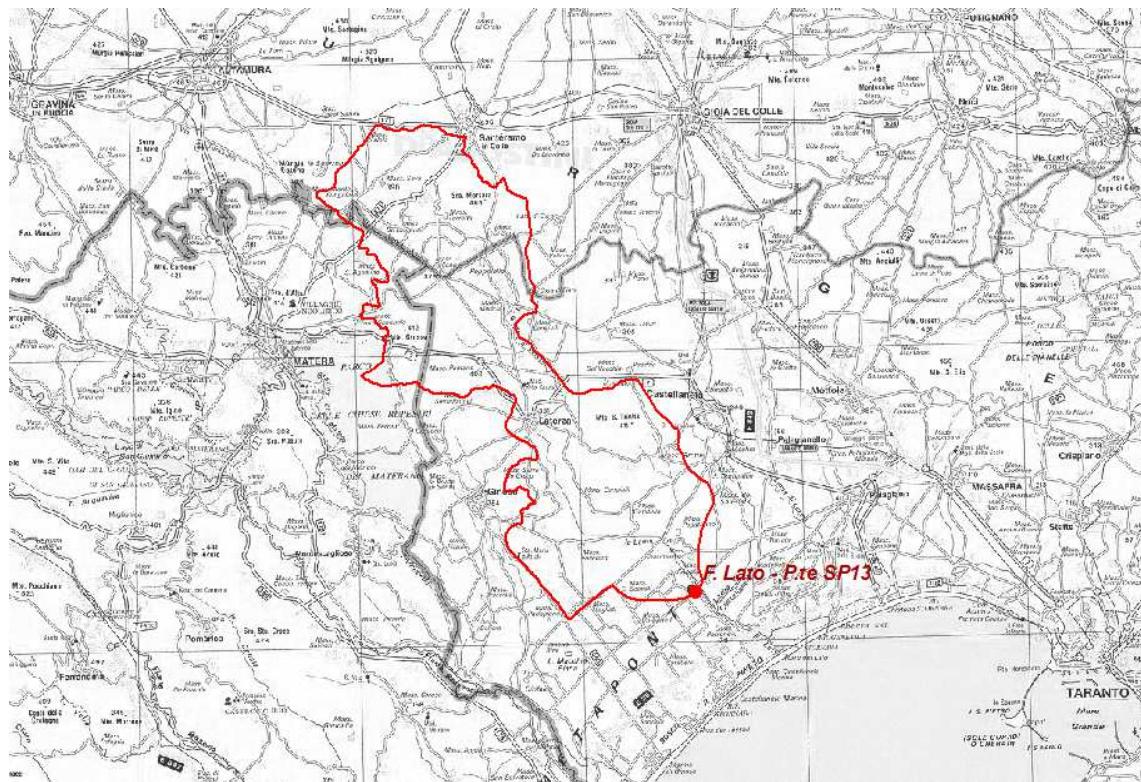


Fig. 6 - Curva  $Q(Tr)$  di fiume Ofanto - S. Samuele di Cafiero.

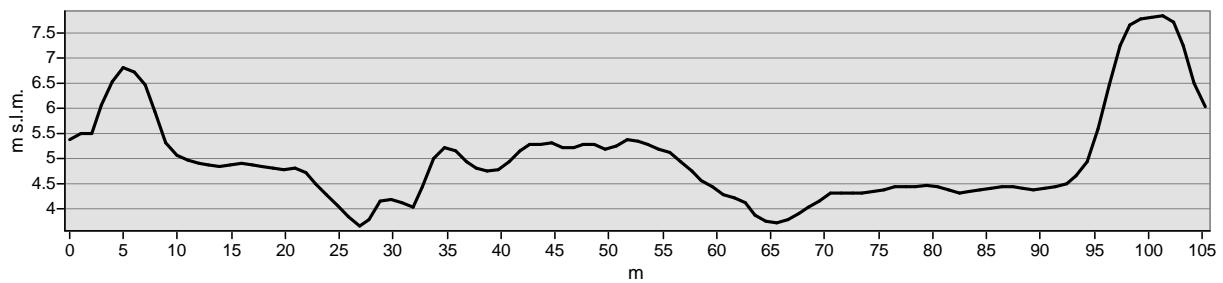
## 2.5 Fiume Lato

### 2.5.1 Fiume Lato - P.te SP13

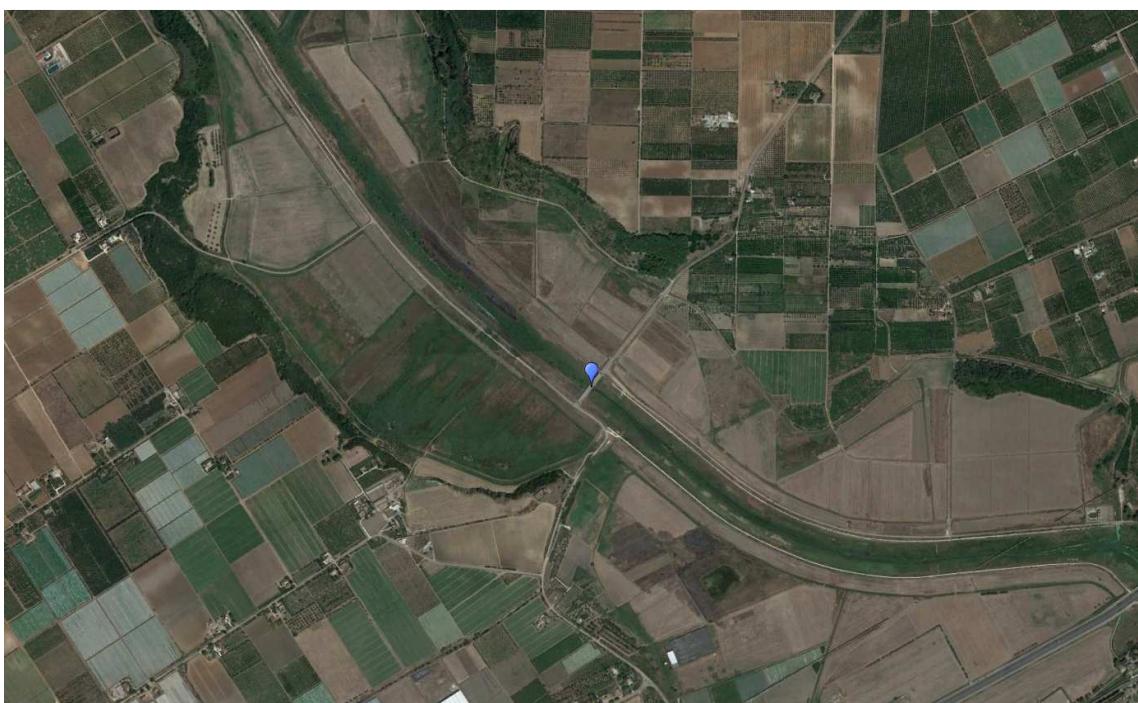


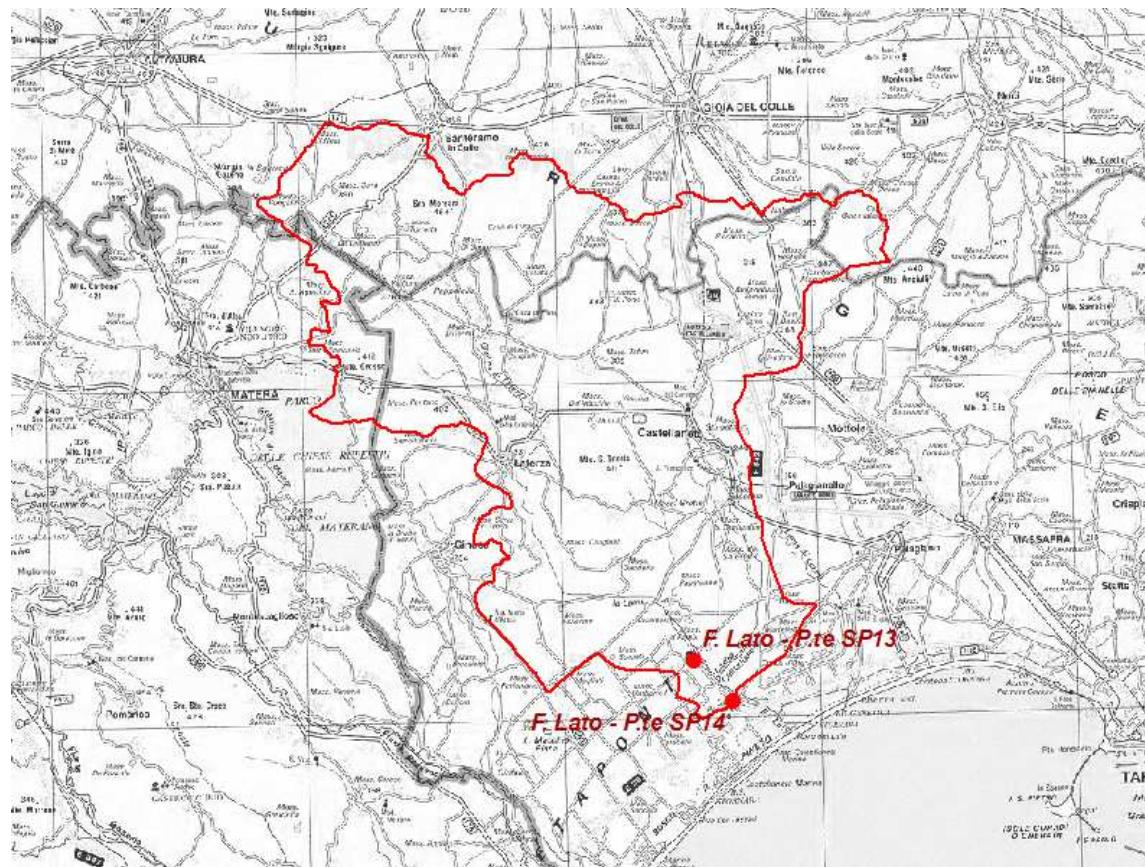


**Profilo sezione - F. Lato a P.te SP13**

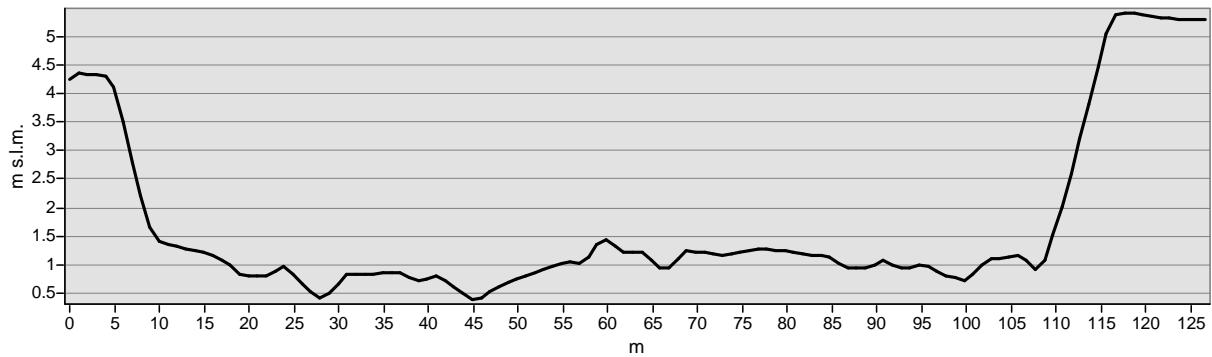


## 2.5.2 Fiume Lato - P.te SP14



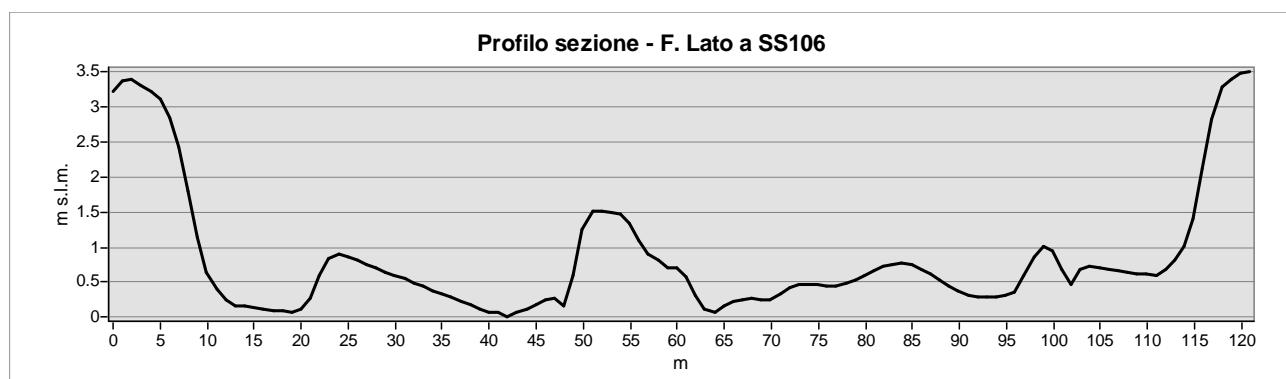
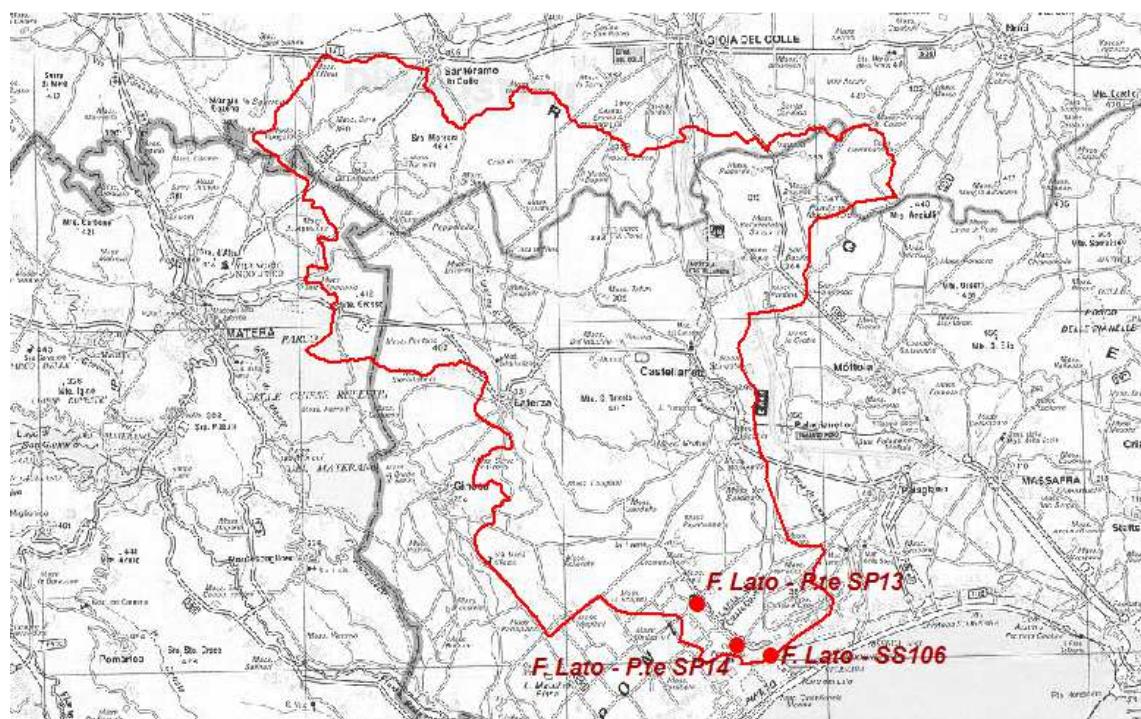
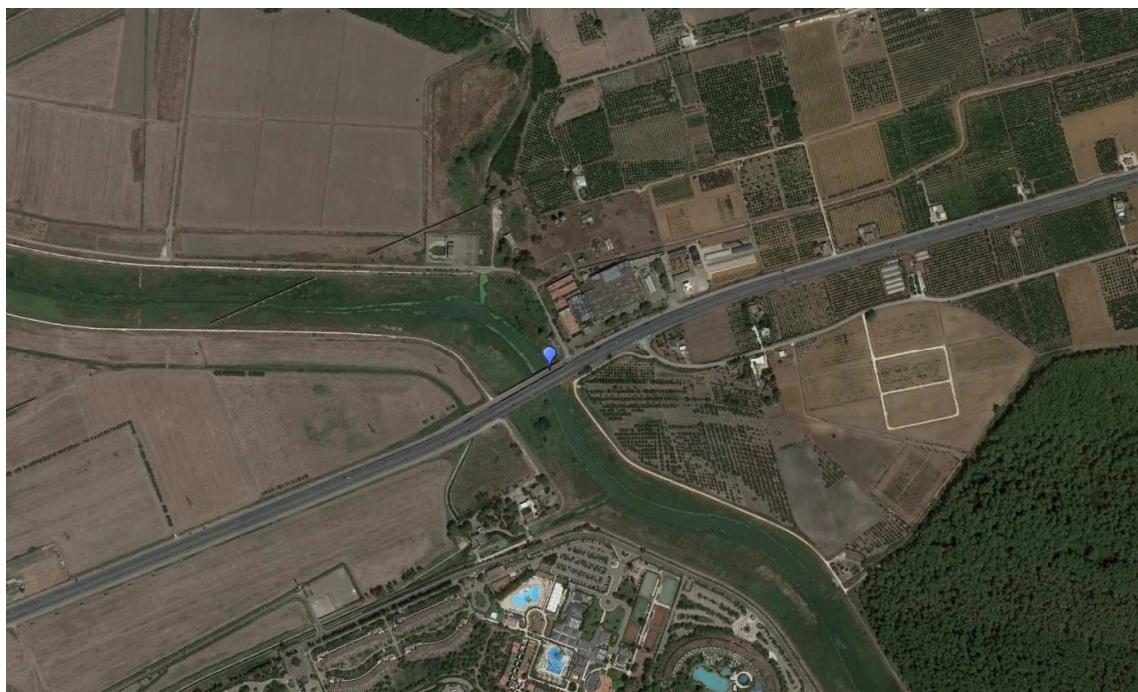


Profilo sezione - F. Lato a Pte SP14



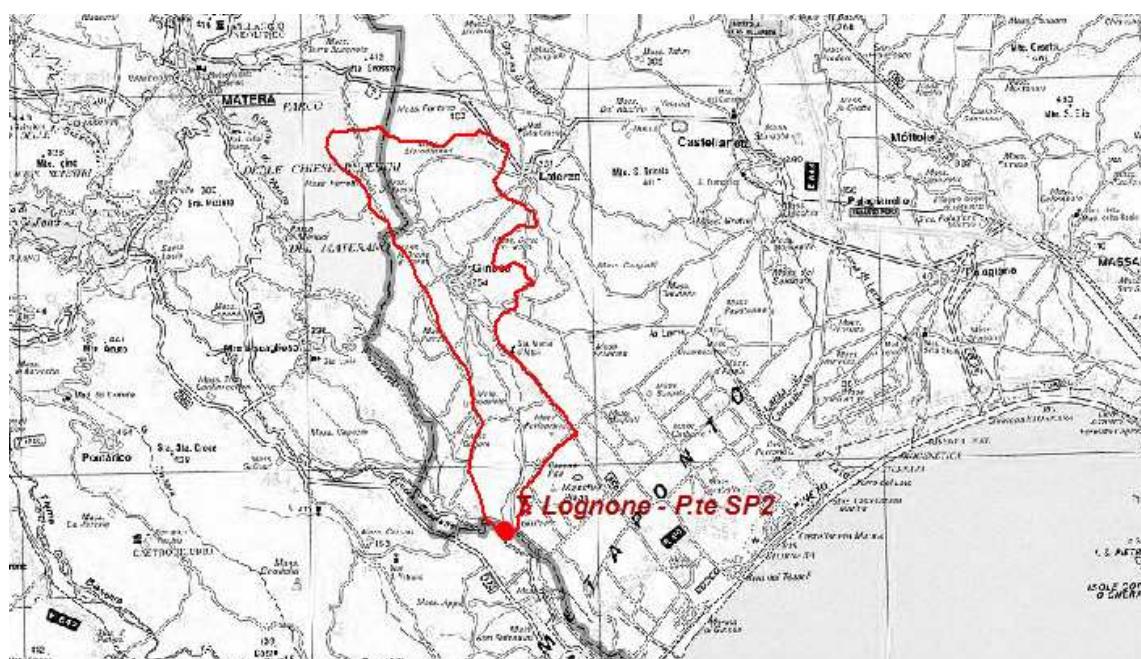
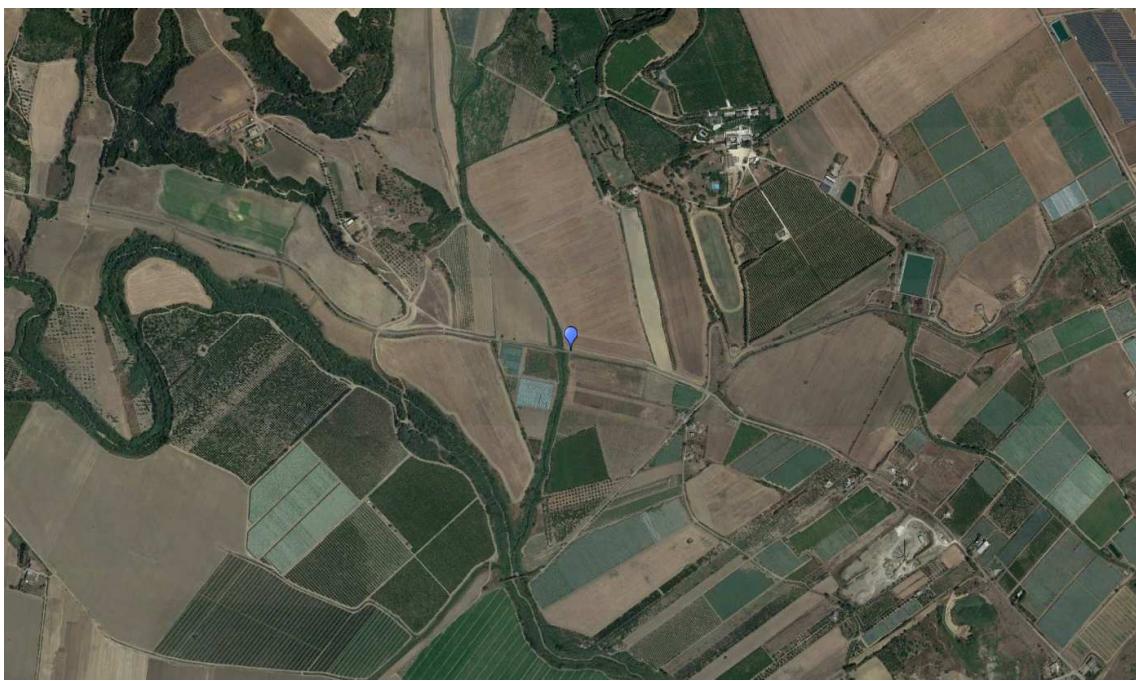
### 2.5.3 Fiume Lato – SS106





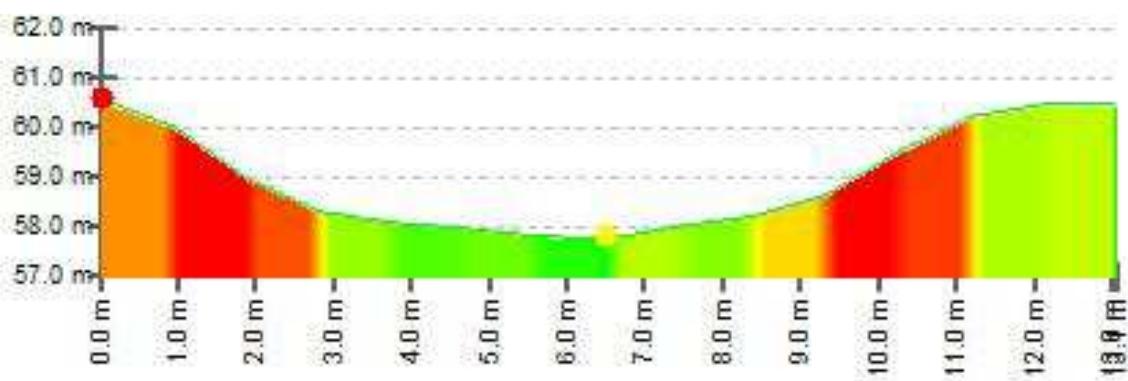
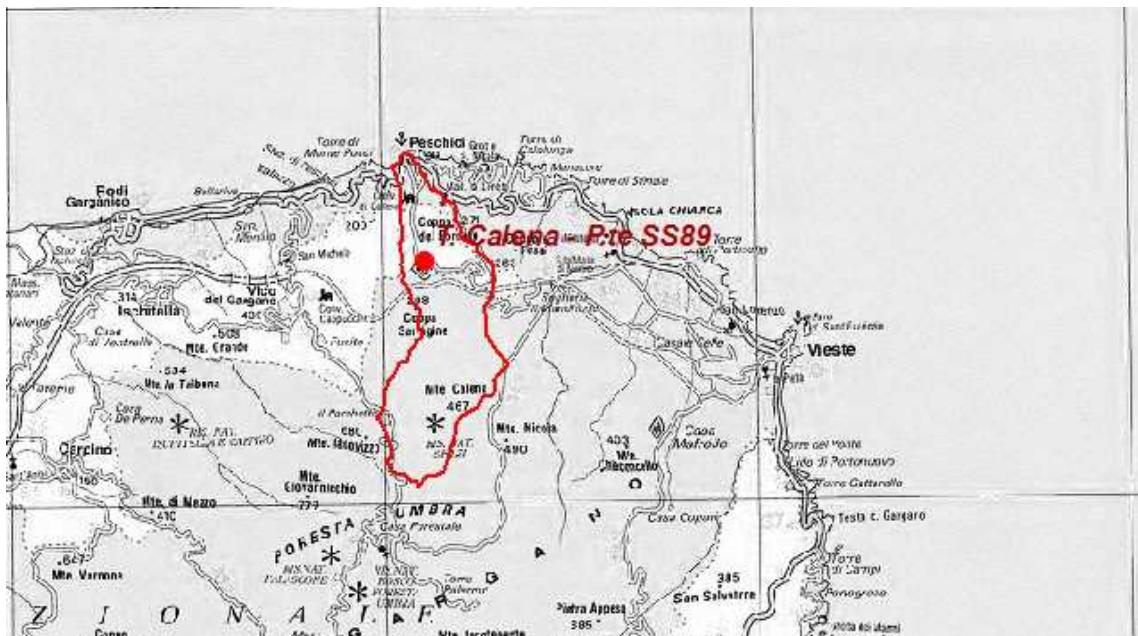
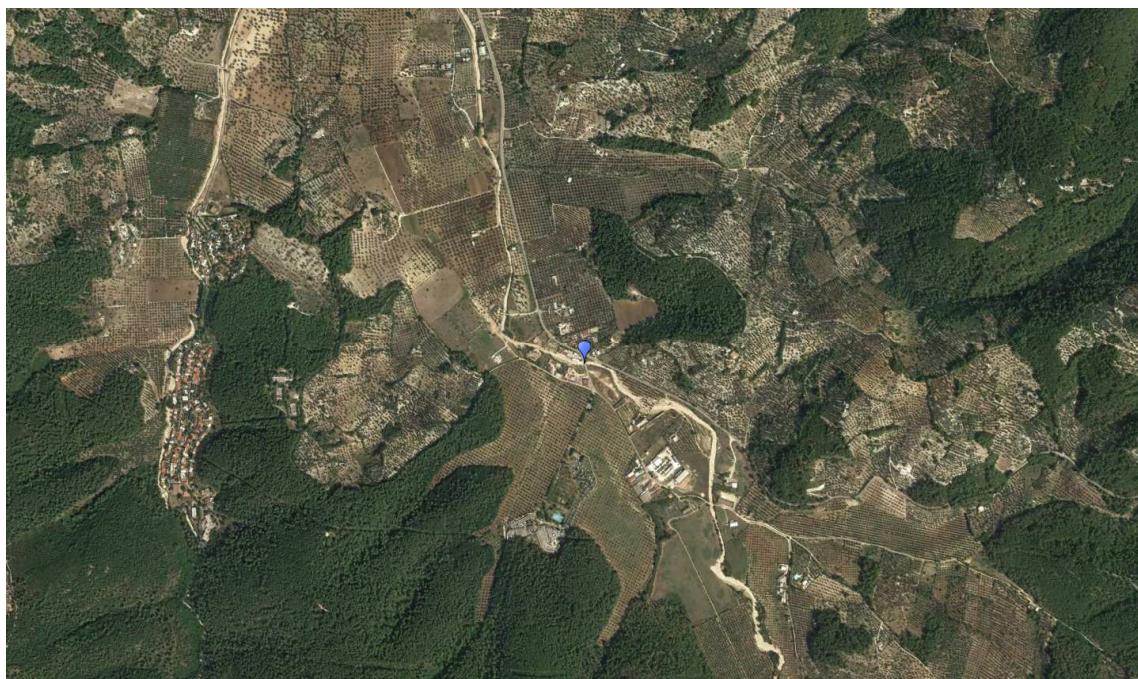
2.6 Torrente Lognone – P.te SP2





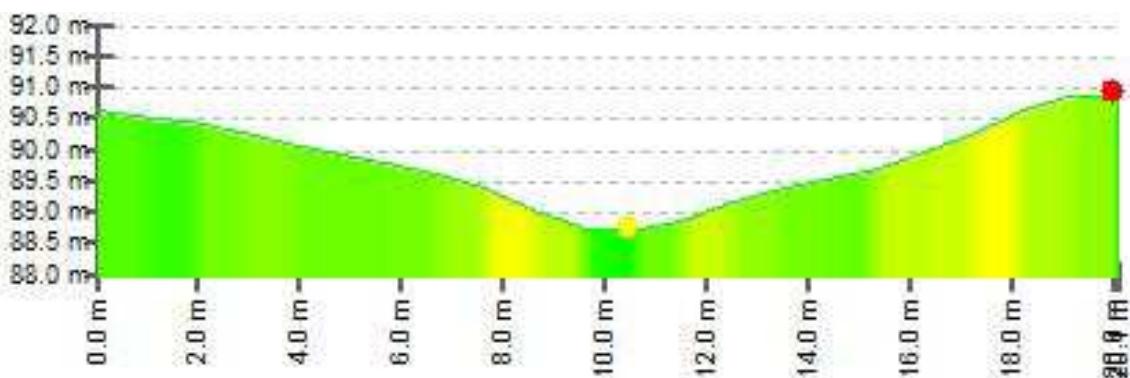
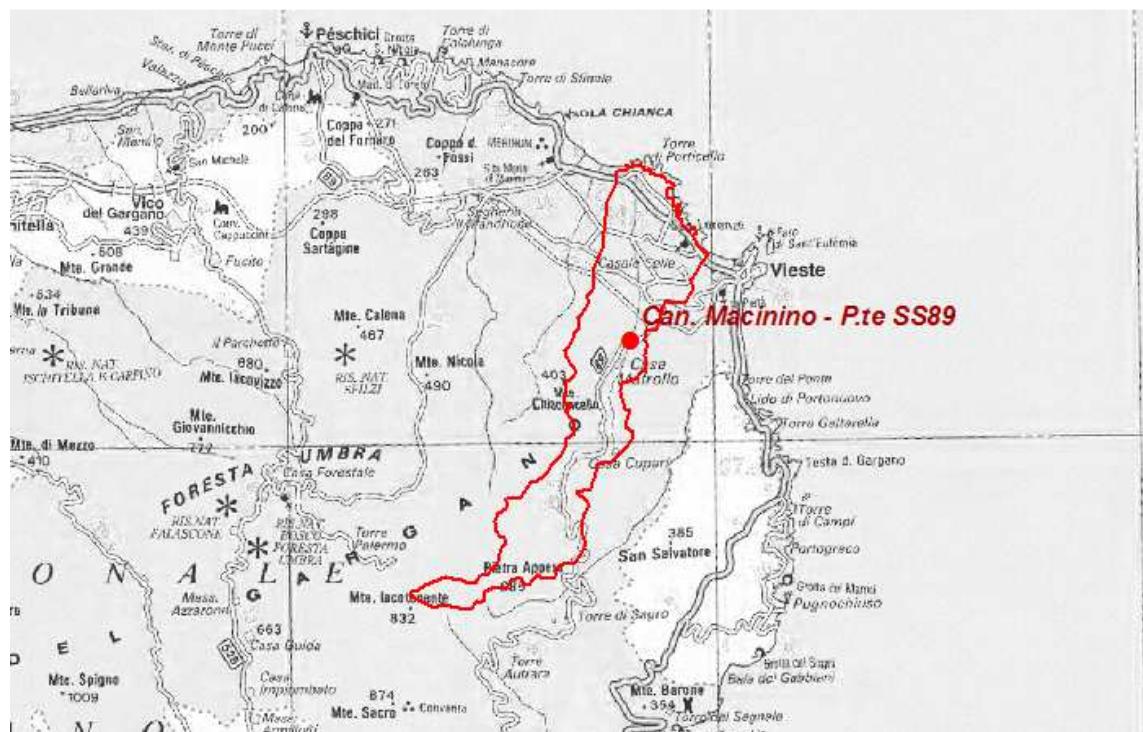
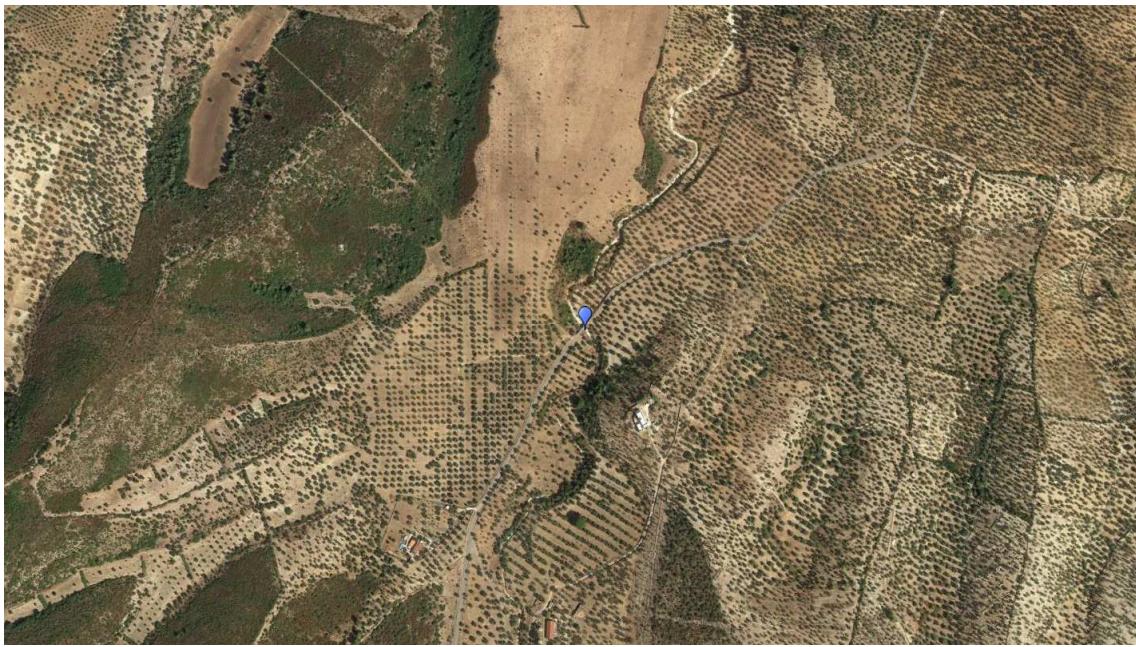
2.7 Torrente Calena – P.te SS89





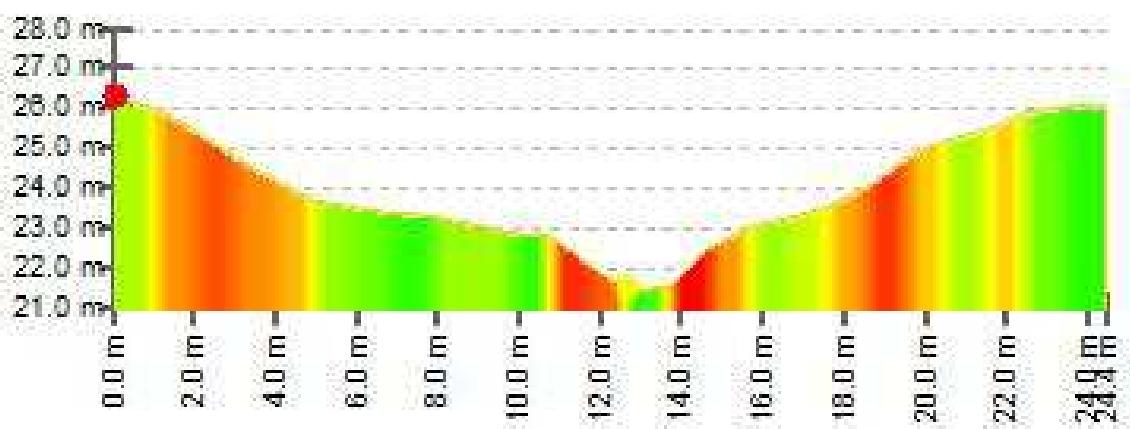
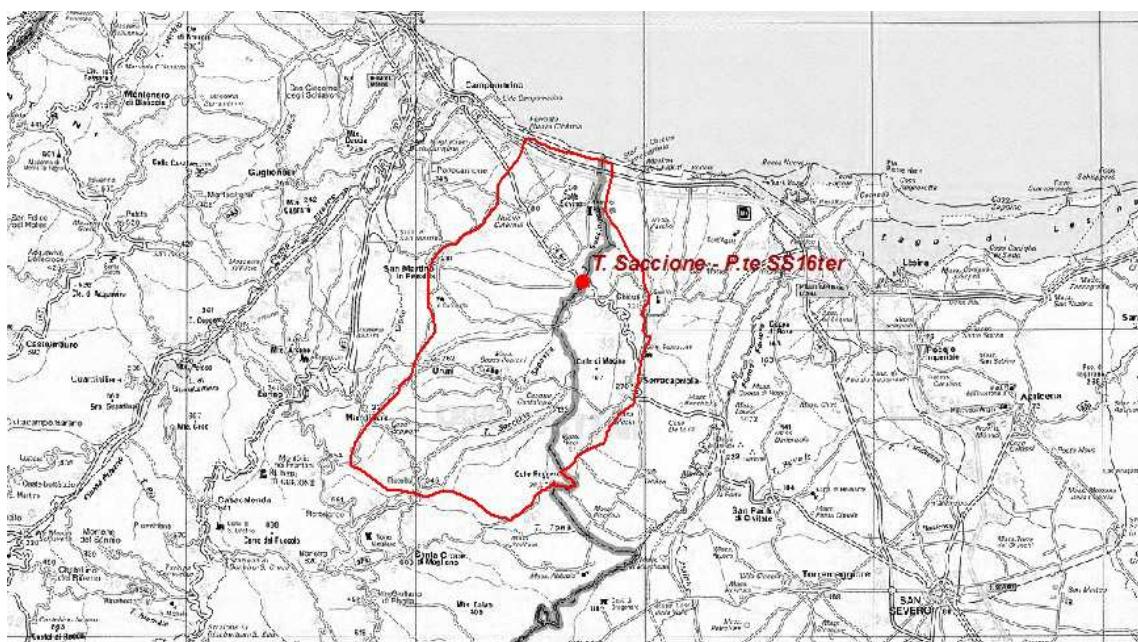
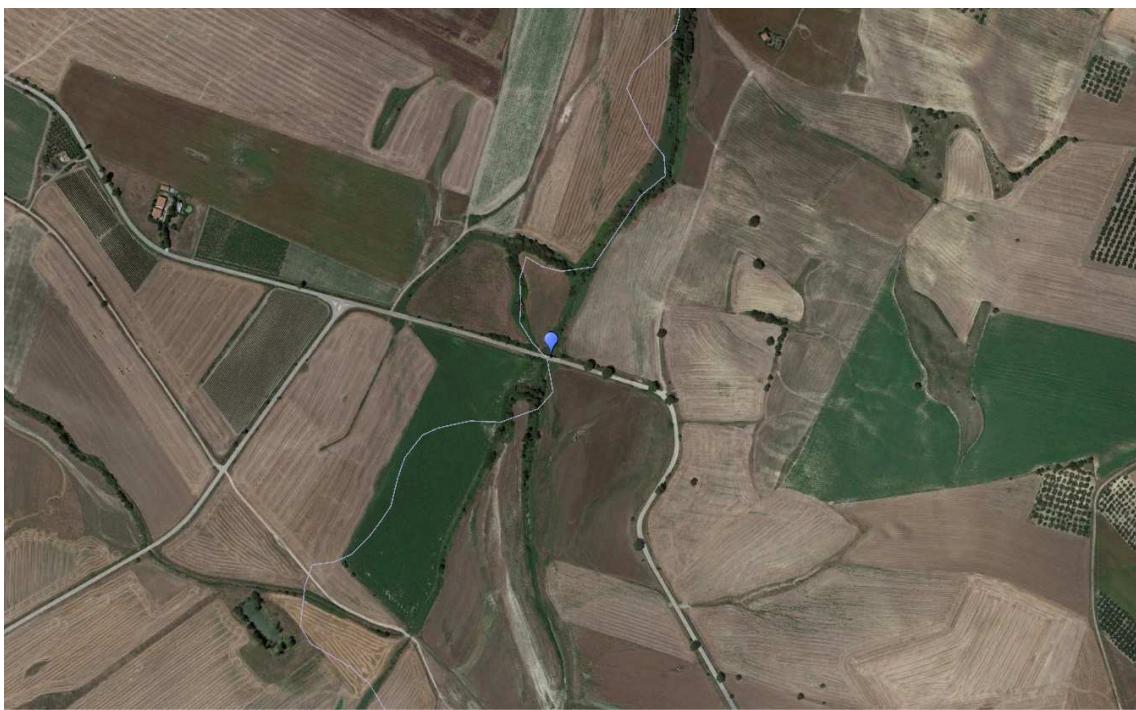
2.8 Canale Macinino – P.te SS89





2.9 Torrente Saccione – P.te SS16ter





## 2.10 Dati morfometrici delle sezioni di misura e soglie idrometriche

Per ogni stazione idrometrica di riferimento si definiscono tre diverse soglie a crescente criticità idraulica, classificate secondo la gradazione cromatica giallo-arancio-rosso:

- Allerta gialla - acqua solo nell'alveo inciso, senza allagamenti nemmeno dei campi e ponti non sormontati;
- Allerta arancio - possibili allagamenti dei campi e attraversamenti minori in possibile crisi;
- Allerta rossa - allagamento di aree ampia con livelli elevati e interessamento delle grandi opere. Rischio per la popolazione.

I valori soglia per ogni stazione (Tab. 2) sono stati definiti in relazione allo studio probabilistico (ove disponibile) eseguito dal centro Funzionale Decentrato - riportato nella D.G.R. 2181 del 26/11/2013 - o sulla base della geometria dell'alveo in un intorno della sezione considerata.

**Tab. 3 – Dati morfometrici.**

BACINO	SOTTOBACINO	STRUMENTAZIONE	ZERO IDROMETRICO (m s.l.m.)	Superficie (Km <sup>2</sup> )	H <sub>min</sub> (m s.l.m.)	H <sub>med</sub> (m s.l.m.)	H <sub>max</sub> (m s.l.m.)	Pendenza media del bacino (%)	Lunghezza asta principale (Km)
CARAPELLE	Torrente Carapelle - P.te SR01	Teleidrometro	215,7	310	215	558	1080	14,2	37
	Torrente Carapelle - SS161 (P.te vecchio Ordona-Castelluccio dei Sauri)	Teleidrometro Idrometrografo	111,0	506	112	461	1080	11,7	52
CERVARO	Torrente Cervaro - P.te SP106	Teleidrometro	199,2	328	201	613	1095	15,7	52
	Torrente Cervaro - Z.I. Incoronata	Teleidrometro	50,9	609	54	442	1095	10,7	78
OFANTO	Fiume Ofanto - SP155 (Monteverde scalo - P.te dell'Olio)	Teleidrometro Idrometrografo	270,1	1024	273	666	1476	15,7	58
	Fiume Ofanto - P.te SS529 (Gaudiano)	Teleidrometro	-	1954	100	528	1476	12,9	110
	Fiume Ofanto - S. Samuele di Cafiero	Teleidrometro	31,7	2687	35	452	1476	11,0	137
LATO	Fiume Lato - P.te SP13	Teleidrometro	-	307	4	293	512	4,0	50
	Fiume Lato - P.te SP14	Teleidrometro	-	593	0	284	512	3,6	53
	Fiume Lato - SS106	Teleidrometro	-	605	0	278	512	3,6	55
LOGNONE	Torrente Lognone - foce	Teleidrometro	-	88	19	254	505	4,8	27
CALENA	Torrente Calena - foce	Teleidrometro	-	31	2	272	729	18,9	15
MACININO	Canale Macinino - foce	Teleidrometro	-	38	0	259	820	14,2	21
SACCIONE	Torrente Saccione - foce	Teleidrometro	-	244					

**Tab. 4** - Soglie idrometriche derivate da analisi statistica e/o da considerazioni geometriche.

Stazione idrometrica	Indicatore	Allerta gialla	Allerta arancione	Allerta rossa
T. Carapelle - P.te SR01	Livello idrometrico (m)	1.5	2.0	2.5
T. Carapelle - SS161 (P.te vecchio Ordone-Castelluccio dei Sauri)	Livello idrometrico (m)	1.5	2.5	3
	Portata (m <sup>3</sup> /s)	35	75	100
T. Cervaro - P.te SP106	Livello idrometrico (m)	1.0	1.5	2.0
T. Cervaro - Z.I. Incoronata	Livello idrometrico (m)	4.0	6.0	6.5
	Portata (m <sup>3</sup> /s)	75	330	440
F. Ofanto - SP155 (Monteverde scalo - P.te dell'Olio)	Livello idrometrico (m)	1.6	3.3	4.0
	Portata (m <sup>3</sup> /s)	137	533	877
F. Ofanto - P.te SS529 (Gaudiano)	Livello idrometrico (m)	3.5	4.5	5.0
F. Ofanto - S. Samuele di Cafiero	Livello idrometrico (m)	3.9	4.9	5.2
	Portata (m <sup>3</sup> /s)	275	629	903
F. Lato - P.te SP13	Livello idrometrico (m)	1.5	2.5	3.0
F. Lato - P.te SP14	Livello idrometrico (m)	2.0	3.0	3.5
F. Lato - SS106	Livello idrometrico (m)	2.0	3.0	3.5
T. Lognone - P.te SP2	Livello idrometrico (m)	1.0	2.0	3.0
T. Calena - P.te SS89	Livello idrometrico (m)	0.5	1.0	1.5
T. Macinino - P.te SS89	Livello idrometrico (m)	0.5	1.0	1.5
T. Saccione - P.te SS16ter	Livello idrometrico (m)	3.5	4.5	5.0