

QUADRO ECONOMICO

A) Lavori a misura

- Pulizia alveo	35 100,00
- Scavo a sezione aperta	37 240,00
- Magrone	17 018,00
- Calcestruzzo fondazione	109 840,00
- Calcestruzzo elevazione	124 790,40
- Armatura	254 400,00
- Casseri	82 936,00
- Vespaio	75 331,20
- Rinterro	10 729,60
- Calcestruzzo elevazione	561 556,80
- Armatura	1 144 800,00
- Casseri	373 212,00
- Rifacimento ponti	253 063,44

Sommano

oneri della sicurezza

Totale Lavori

3 080 017,44

119 982,56

3 200 000,00

B) Somme a disposizione dell'Amm/ne

b1) Lavori in economia e imprevisti	35 000,00
b2) Indagini, sondaggi e rilievi	40 000,00
b4) Spese Generali	20 000,00
b7) Acquisizione arree o immobili	20 000,00
b8) Spese tecniche	64 700,00
b10) I.V.A. 22% su A+b1+b2	720 500,00

TOTALE SOMME A DISP/NE

TOTALE PROGETTO

900 200,00

900 200,00

4 100 200,00



CITTA' DI POTENZA

GABINETTO DEL SINDACO

Prot. n. 052006

Potenza, 5 OTT. 2011

REGIONE BASILICATA Dipart. Infrastrutture e Mobilità A00: Giunta Regionale - Basilicata	
11 OTT. 2011	
UFFICIO DIFESA DEL SUOLO	NUMERO 171313

REGIONE BASILICATA
Ufficio Difesa del Suolo
C.so Garibaldi n°139
85100 Potenza

OGGETTO: Interventi di mitigazione del rischio idraulico relativi al Torrente Gallitello, trasmissione studio e richiesta di finanziamento.

Premesso che:

- lo "Studio della rete idrografica del Comune di Potenza interessata dalle previsioni di progetto del Regolamento Urbanistico", redatto nell'ambito della convenzione tra il D.I.F.A. (Dipartimento di Ingegneria e Fisica dell'Ambiente) e il Comune di Potenza, finalizzato all'analisi del rischio idraulico lungo il torrente Gallitello, ha individuato in maniera puntuale le aree soggette a possibili esondazioni per un evento di piena con tempo di ritorno di 200 anni,
- in merito allo studio di cui sopra effettuato ai sensi degli artt. 4 e 10 delle Norme di Attuazione del PAI (Piano stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico), l'Autorità di Bacino ha espresso parere reso in sede di conferenza di pianificazione sul Regolamento Urbanistico,
- gli artt. 20 comma 6, 32 comma 8 e 36 comma 1 delle N.T.A. del Regolamento Urbanistico, subordinano gli interventi edilizi nell'area del Gallitello alla mitigazione del rischio idraulico, secondo le risultanze del suddetto studio.

Considerato:

- che il Torrente Gallitello presenta delle difese spondali insufficienti in almeno quattro zone, dove è altamente probabile l'esondazione del corso d'acqua con conseguente allagamento delle aree circostanti,
- che l'area in questione è ricompresa nei Tessuti prevalentemente Terziario-Commerciale senza Progetto Unitario e nei Distretti Urbani di Trasformazione dell'area del Gallitello.

Si trasmette lo "Studio della rete idrografica del Comune di Potenza" (cui si fa riferimento per quanto concerne le sezioni di seguito indicate) e si chiede di valutare la possibilità di inserimento nella programmazione degli interventi di sistemazione idraulica del territorio.

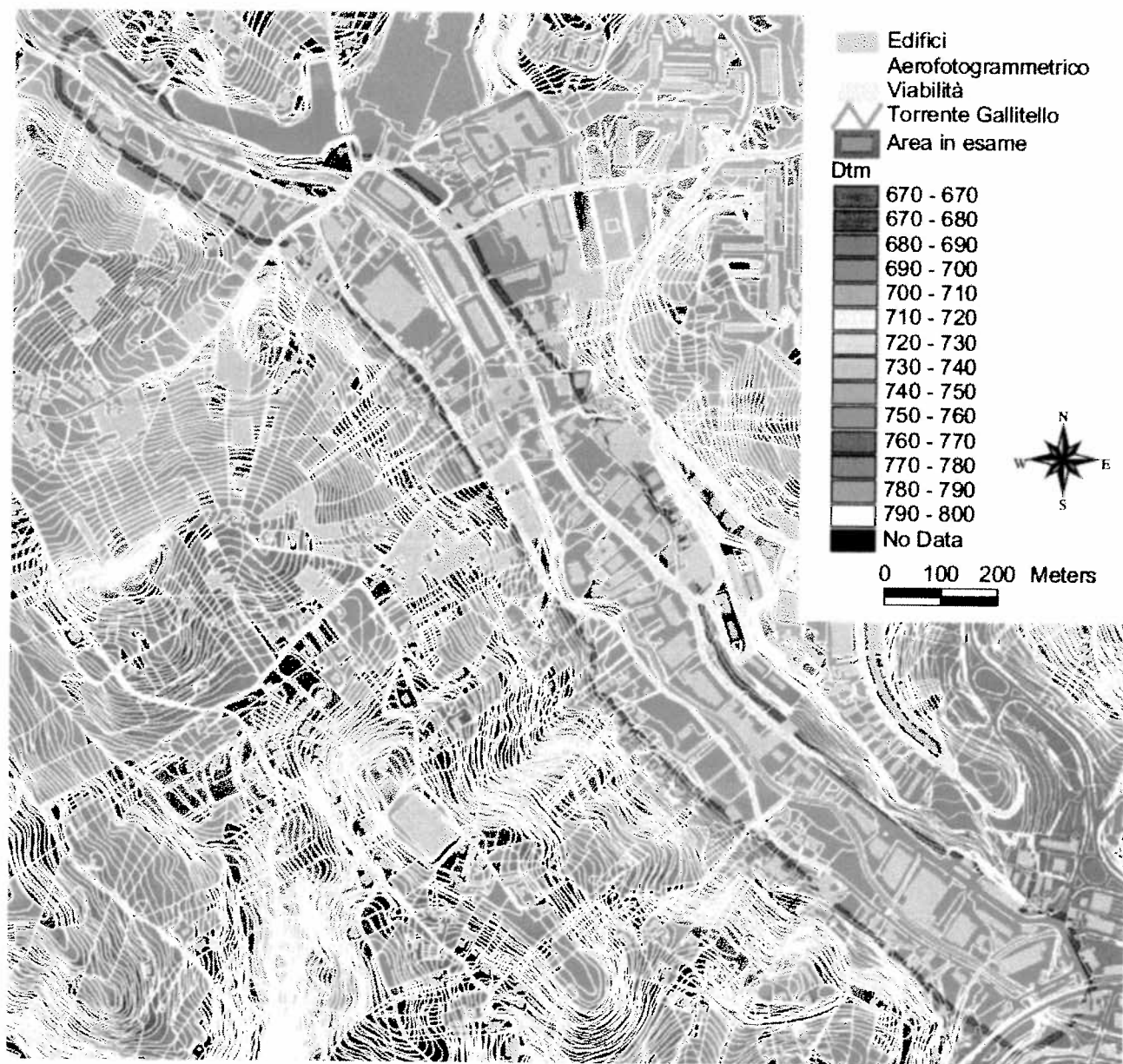
Gli interventi di che trattasi sono di seguito specificati.

- A) Nel tratto compreso tra le sezioni GAL 1 – GAL 13 opportuni interventi di **pulizia dell'alveo** finalizzati alla rimozione di quegli ostacoli (alberi ed arbusti) che anche in occasione di interventi di piena con tempo di ritorno inferiore a 200 anni potrebbero essere rimossi dalla corrente e conseguentemente trasportati con elevato rischio di occlusione parziale o totale delle luci degli attraversamenti situati a valle, nonché interventi volti alla **protezione al piede dei muri di sponda** per evitare fenomeni di scalzamento localizzato.
- B) Nel tratto compreso tra le sezioni GAL 13 – GAL 54 (in corrispondenza della quale si ha un salto brusco di circa 1,5m), **innalzamento dei muri di sponda**, con opportuni rinforzi strutturali, fino al raggiungimento di un'altezza di 3,50 m rispetto alla quota minima dell'alveo.
- C) Nel tratto canalizzato che si estende a valle della sezione GAL 54 **innalzamento delle sponde**, con opportuni rinforzi strutturali, fino al raggiungimento di un'altezza di 3,50 m rispetto alla quota minima del fondo rivestito.
- D) Per quanto concerne gli attraversamenti esistenti (sezioni GAL 19, GAL 25, GAL 69 e GAL 72) **la rimozione o l'adeguamento** degli stessi.

Tali interventi, secondo una prima stima sommaria effettuata dall'ufficio tecnico di questo Comune, comportano un importo dei lavori pari a circa € 3.000.000,00, ripartiti come da prospetto allegato.



Per
IL SINDACO
Ing. Vito Santarsiero

Area oggetto di studio

Sezione di riferimento	Codice	Indicazione delle prestazioni	Unità di misura	Quantità	Prezzo unitario	PREZZO TOTALE	
GAL1-GAL13	L.01.007.01	Pulizia alveo	MQ	45000	€ 0,78	€ 35.100,00	TOTALE LAVORI PRIMO TRATTO
GAL13-GAL54	B.01.002	Scavo a sezione aperta	MC	2800	€ 13,30	€ 37.240,00	
GAL13-GAL54	B.005.01.03	Magrone	MC	200	€ 85,09	€ 17.018,00	
GAL13-GAL54	B.05.003.02	Calcestruzzo fondazione	MC	1000	€ 109,84	€ 109.840,00	
GAL13-GAL54	B.05.014.02	Calcestruzzo elevazione	MC	1120	€ 111,42	€ 124.790,40	
GAL13-GAL54	B.05.037.02	Armatura	KG	212000	€ 1,20	€ 254.400,00	
GAL13-GAL54	B.05.031	Casseri	MQ	5600	€ 14,81	€ 82.936,00	
GAL13-GAL54	B.06.001	Vespaio	MC	2240	€ 33,63	€ 75.331,20	
GAL13-GAL54	B.01.021.01	Rinterro	MC	2240	€ 4,79	€ 10.729,60	TOTALE LAVORI SECONDO TRATTO
GAL54-GAL75	B.05.014.02	Calcestruzzo elevazione	MC	5040	€ 111,42	€ 561.556,80	
GAL54-GAL75	B.05.037.02	Armatura	KG	954000	€ 1,20	€ 1.144.800,00	
GAL54-GAL75	B.05.031	Casseri	MQ	25200	€ 14,81	€ 373.212,00	TOTALE LAVORI TERZO TRATTO
GAL19, GAL25, GAL69, GAL72		Rifacimento ponti*	MQ	196	€ 1.291,14	€ 253.063,44	TOTALE RIFACIMENTO PONTI
		*prezzo unitario desunto da studi simili				TOTALE € 3.080.017,44	TOTALE € 3.080.017,44



Comune di Potenza



Dipartimento di Ingegneria e Fisica dell'Ambiente

Regolamento urbanistico



CONVENZIONE DI STUDIO TRA IL DIPARTIMENTO DI
INGEGNERIA E FISICA DELL'AMBIENTE (DIFA)
DELL'UNIVERSITA' DEGLI STUDI DELLA BASILICATA ED IL
COMUNE DI POTENZA

Studio della rete idrografica del
Comune di Potenza interessata dalle
previsioni di progetto del Regolamento Urbanistico

TORRENTE GALLITELLO:
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA.

Elaborato

G

Comitato scientifico

Prof. Ing. Giuseppe Oliveto

Prof. Ing. Mauro Fiorentino

Prof.ssa Ing. Aurelia Sole

Gruppo di lavoro

Ing. Luciana Giosa

Ing. Giorgio Zuccaro

Ing. Andrea Cantisani

Ing. Victor Comuniello

Data

INDICE

1 ANALISI IDROLOGICA	4
1.1 Area del bacino idrografico.....	5
1.2 Stima delle portate al colmo di piena.....	6
1.2.1 Metodo razionale	6
1.2.2 Metodologia VAPI-CNR	9
1.3 Stima dell'idrogramma di piena critico	10
1.3.1 Idrogramma di piena corrispondente alla formula razionale.....	10
1.3.2 Idrogramma di piena sintetico (basato sulla curva di riduzione dei colmi di piena). 11	
1.4 EVENTI DI PIENA.....	13
1.4.1 Evento di piena del 24 gennaio 2005.....	13
1.4.2 Evento di piena del 14 febbraio 2005.....	16
1.5 Evento di piena del 28 febbraio 2006	18
2 ANALISI IDRAULICA – STATO DI FATTO	23
2.1 CONSIDERAZIONI SUI COEFFICIENTI DI SCABREZZA	24
2.2 ALCUNE CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE PLANO-ALTIMETRICHE DEL TRATTO CANALIZZATO.....	28
2.3 TIRANTI IDRICI E CARATTERISTICHE CINEMATICHE DELLA CORRENTE IN CONDIZIONI DI MOTO UNIFORME.....	37
2.4 SIMULAZIONI NUMERICHE CON MODELLO UNIDIMENSIONALE.....	40
3 VALUTAZIONE DELLE AREE URBANE SOTTOPOSTE A RISCHIO DI INONDAZIONE	46
3.1 Modello di inondazione in area urbana (Sole e Zuccaro, 2004).....	47
3.2 MIKE 11 GIS	61
3.3 Valutazioni conclusive.....	63
4 SUGGERIMENTI SUGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO E RELATIVE SIMULAZIONI NUMERICHE	65
4.1 SIMULAZIONI NUMERICHE CON MODELLO UNIDIMENSIONALE.....	72
5 CONCLUSIONI	75

Allegato G 1 – Documentazione fotografica

Allegato G 2 – Sezioni trasversali rilevate

Allegato G 3 – Caratteristiche della corrente in condizioni di moto uniforme

Allegato G 4 – Caratteristiche della corrente in condizioni di moto permanente

Allegato G 5 – Ubicazione delle sezioni trasversali

Allegato G 6 – Delimitazione delle aree inondabili allo stato attuale

Allegato G 7 – Delimitazione delle aree inondabili con ubicazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico

1 ANALISI IDROLOGICA

1.1 AREA DEL BACINO IDROGRAFICO

Utilizzando un DEM alla risoluzione spaziale di 10 m, l'area A del bacino idrografico del Torrente Gallitello con sezione di chiusura in corrispondenza della confluenza con il Fiume Basento, è risultata pari a 26 km^2 (Figura 1-1)

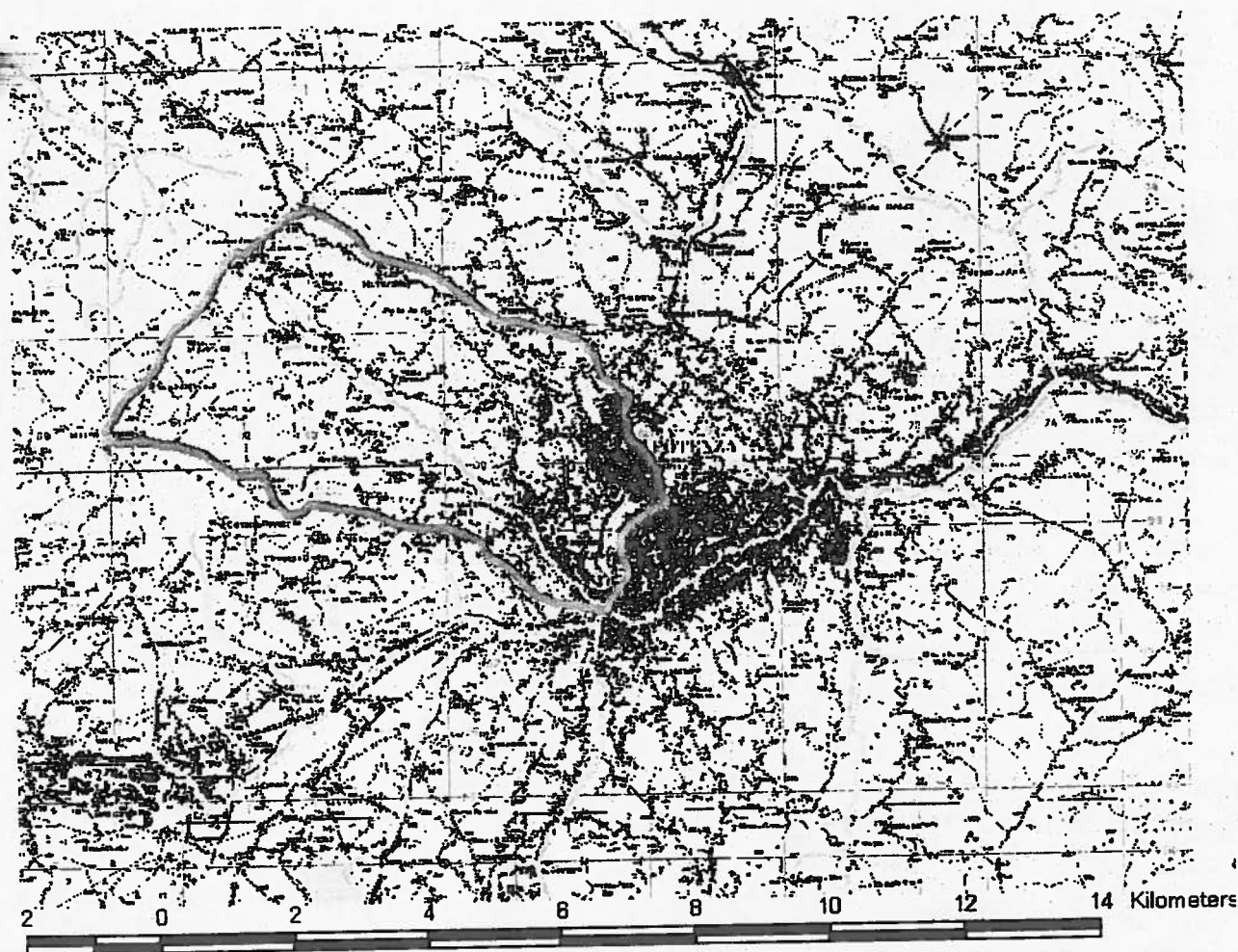


Figura 1-1 Delimitazione, su carta I.G.M.I. in scala 1:50000, dell'area del bacino idrografico del Torrente Gallitello con sezione di chiusura in corrispondenza della confluenza con il Fiume Basento.

1.2 STIMA DELLE PORTATE AL COLMO DI PIENA

Tenuto conto delle dimensioni ridotte del bacino idrografico in studio ($A=26 \text{ km}^2$), le portate al colmo di piena sono state stimate applicando sia la metodologia VAPI-CNR che il metodo razionale.

1.2.1 Metodo razionale

È ben noto come tale metodo sia basato sulla cosiddetta formula razionale così definita in quanto rappresentativa di un modello deterministico di formazione delle piene. Tale formula viene usualmente espressa come

$$Q = CA \frac{h(t_c)}{t_c} \quad (1.2-1)$$

nella quale t_c è il tempo di corrivazione, $h(t_c)$ è l'altezza critica di precipitazione che nella formulazione del metodo corrisponde al tempo di corrivazione ed infine C è un parametro che rappresenta il cosiddetto coefficiente di deflusso ovvero il rapporto intercorrente tra l'afflusso che provoca la piena e la portata al colmo.

In particolare, la pioggia critica viene determinata a partire dalle curve di possibilità pluviometrica usualmente scritte nella forma $h=at^n$.

La formula razionale pertanto prevede una relazione lineare tra pioggia e portata sicché ciò consente di assumere come periodo di ritorno della portata al colmo lo stesso della pioggia. Ciò purché il periodo di ritorno T sia superiore a 10÷20 anni.

Nel caso di bacini lucani, Rossi (1974) ha trovato che il tempo di ritardo t_r (parametro questo strettamente legato al tempo di corrivazione) ed il coefficiente di piena C , per adeguati periodi di ritorno T indicativamente maggiori di 10 anni, risultano costanti per i singoli bacini. Più specificamente, C risulta costante per tutti i bacini e pari a 0.34, mentre t_r risulta funzione delle caratteristiche dell'asta principale secondo la formula:

$$t_r = 0.77 \left(\frac{L}{\sqrt{P}} \right)^{0.295} \quad (1.2-2)$$

in cui L è la lunghezza dell'asta principale in km e P la sua pendenza media (m/m). Più ragionevolmente, tale rapporto andrebbe calcolato applicando la formula di Taylor-Schwartz

$$\frac{L}{\sqrt{P}} = \sum_{i=1}^{n_L} \frac{L_i}{\sqrt{P_i}} \quad (1.2-3)$$

basata sulla suddivisione dell'asta principale stessa in n_L tratti ciascuno dei quali avente lunghezza L_i e pendenza P_i . In definitiva, secondo Rossi (1974), tali valori consentono di ricavare Q tramite la (6.3) considerando però quale intensità critica quella corrispondente al tempo di ritardo t_r .

1.2.1.1 Curva di possibilità pluviometrica

Per l'individuazione della curva di possibilità pluviometrica $h=at^n$ si è fatto riferimento alle raccomandazioni contenute nel rapporto VAPI-Basilicata¹.

In base a tale rapporto, l'area in studio appartiene alla sottozona omogenea A, ai fini della stima del fattore di crescita k_T , e può inoltre assumersi $a = 20.9$ [mm/h] ed $n = 0.30$.

1.2.1.2 Stima del tempo di ritardo

Ai fini della stima del tempo di ritardo si è fatto riferimento alle relazioni (1.2-2) e (1.2-3). Inoltre, si è anche considerata la seguente espressione suggerita da *Fiorentino & Iacobellis*² per i bacini del nord-ovest della Basilicata

$$t_r = 0.39A^{0.48} \quad (1.2-4)$$

L'applicazione delle relazioni appena dette conduce alle seguenti stime:

Formula	t_r (ore)
Rossi	2.61
Fiorentino & Iacobellis	1.86

Tabella 1-1 Tempi di ritardo stimati applicando le formule di Rossi (1974) e Fiorentino & Iacobellis (2001).

A vantaggio di sicurezza, nel prosieguo dei calcoli si considererà il tempo di ritardo ottenuto attraverso la formula di *Fiorentino & Iacobellis* (2001).

1.2.1.3 Coefficienti di deflusso

Soprattutto ai fini della evidenziazione della tendenza del bacino in studio a produrre deflusso, si riportano qui di seguito le stime dei coefficienti di deflusso C . In accordo con quanto riportato in Moisello (1999)³ C è principalmente funzione dell'uso del suolo, dell'orografia e del tempo di ritorno T . Pertanto, tenuto conto della tabella 6.1 riportata in Moisello e sulla base della cartografia disponibile (Figura 1.2), si sono ottenuti i seguenti valori medi (pesati) di C (Tabella 1.2-3).

¹ P. CLAPS, M. FIORENTINO. *Valutazione delle Piene in Italia, Rapporto di sintesi per la regione Basilicata (bacini del versante ionico)*. GNDCI-CNR. Dipartimento di Ingegneria e Fisica dell'Ambiente, Università della Basilicata-Potenza, 2005. Pubblicazione disponibile sul sito <http://caronte.gndci.cs.cnr.it/GNDCI/rapporti/Basilicata.htm>.

² M. FIORENTINO, V. IACOBELLIS. *New insights about the climatic and geological control on the probability distribution of floods*, Water Resources Research, Vol. 37 (3), 2001

³ U. MOISELLO. *Idrologia Tecnica*. La Goliardica Pavese. 1999

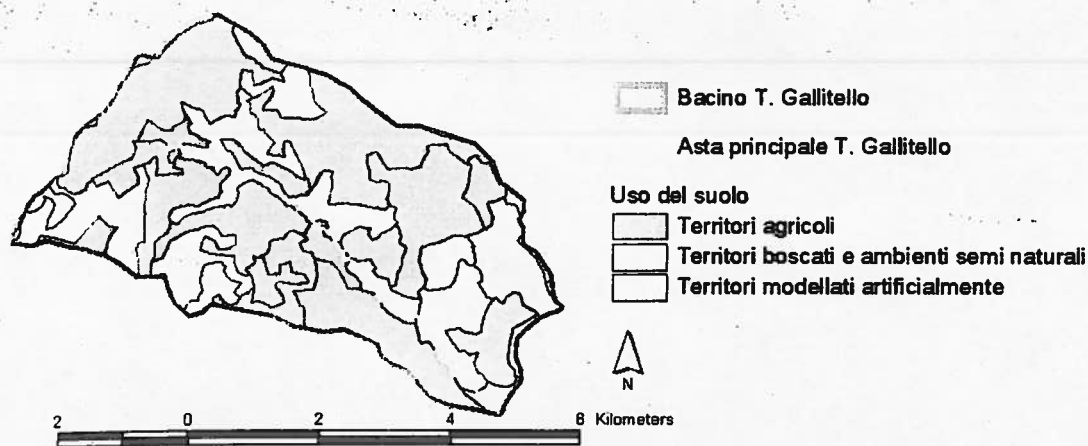


Figura 1-2. Stralcio della carta "Corinne" dell'uso del suolo (livello 1) per il bacino idrografico in studio.

Uso del suolo	Superficie %	Tempo di ritorno T anni						
		2	5	10	25	50	100	500
Asfalto	10.2	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Calcestruzzo tetti	0.0	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Coltivazioni i = 0 - 2%	0.6	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Coltivazioni i = 2 - 7%	0.0	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Coltivazioni i > 7%	64.8	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pascoli i = 0 - 2%	0.1	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Pascoli i = 2 - 7%	0.0	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pascoli i > 7%	12.8	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Boschi i = 0 - 2%	0.1	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Boschi i = 2 - 7%	0.0	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Boschi i > 7%	11.4	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58
Coefficienti medi pesati		0.42	0.45	0.47	0.51	0.54	0.58	0.64

Tabella 1-2. Coefficienti di deflusso calcolati sulla base dei valori consigliati da Moisello (1999).

In definitiva, adottando il modello razionale proposto da Rossi (1974) e stimando il tempo di ritardo attraverso le relazioni di Rossi (1974) e quella di Fiorentino & Iacobellis (2001), si è pervenuti alle seguenti stime delle portate al colmo di piena relative ai periodi di ritorno $T = 2, 25$ e 200 anni (Tabella 1-3.).

T [anni]	k_T [-]	Rossi		Fiorentino & Iacobellis	
		i_T [mm/ora]	Q_T [m ³ /s]	i_T [mm/ora]	Q_T [m ³ /s]
2	0.92	9.8	24	12.4	23
25	1.83	29.5	48	24.7	56
200	2.91	31.1	76	39.3	106

Tabella 1-3. Portate al colmo di piena per i tempi di ritorno $T=2, 25$ e 200 anni calcolate con il metodo razionale.

1.2.2 Metodologia VAPI-CNR

Per la stima delle portate al colmo di piena Q_T per prefissato periodo di ritorno T si è altresì fatto riferimento alle raccomandazioni contenute nel rapporto VAPI-CNR per la Basilicata. In base a tale rapporto il bacino idrografico in studio può essere considerato come appartenente alla sottozona omogenea 1, ai fini della stima della piena indice $E[Q]$, ed appartenente alla sottozona omogenea A ai fini della stima del fattore di crescita k_T . Si sono quindi utilizzate le seguenti relazioni

$$E[Q] = 2.13 A^{0.766} \quad (1.2-5)$$

$$k_T = -0.7628 + 0.6852 \ln(T) \quad (1.2-6)$$

attraverso le quali si è ottenuto un valore della piena indice $E[Q] = 25.8 \text{ m}^3/\text{s}$ e si sono ottenuti i seguenti valori delle portate al colmo di piena $Q_T = k_T E[Q]$ relative ai periodi di ritorno $T = 2, 25$ e 200 anni (Tabella 1-4)

T [anni]	k_T [-]	Q_T [m^3/s]
1÷2	1.00	26
25	1.44	37
200	2.87	76

Tabella 1-4. Piena indice e portate al colmo di piena per i tempi di ritorno $T = 25$ e 200 anni, calcolate con la metodologia VAPI-CNR.

Pertanto, i valori delle portate stimate con la metodologia VAPI-CNR risultano praticamente coincidenti con quelli ricavati con la formula razionale qualora il tempo di ritardo t_r venga stimato con le relazioni suggerite da Rossi (1974). Tuttavia nel prosieguo, a vantaggio di sicurezza, si farà riferimento ai valori delle portate al colmo dedotte con il metodo razionale con t_r stimato attraverso la formula proposta da Fiorentino & Iacobellis (2001).

1.3 STIMA DELL'IDROGRAMMA DI PIENA CRITICO

Nelle simulazioni idrauliche risulta di notevole importanza anche la conoscenza dell'idrogramma di piena e più in particolare di quello critico per fissato periodo di ritorno. A tal fine si è proceduto al calcolo dell'idrogramma di piena corrispondente alla formula razionale e dell'idrogramma di piena sintetico dedotto dalla curva di riduzione dei colmi di piena.

1.3.1 Idrogramma di piena corrispondente alla formula razionale

Si consideri un evento di pioggia ad intensità costante (circostanza assai probabile per i piccoli bacini idrografici) e con durata (critica) pari al tempo di corrivazione t_c (che ragionevolmente può assumersi pari a $2t_r$). Si dimostra facilmente, che in tali condizioni, l'idrogramma di piena che corrisponde alla formula razionale è di tipo triangolare, e cioè sia la fase ascendente che quella discendente hanno forma rettilinea, con la portata al colmo pari a quella che si deduce dalla formula razionale. Inoltre, la durata complessiva dell'evento di piena è pari a $2t_c$. Sulla base di tali considerazioni, quali idrogrammi di piena critici per i tempi di ritorno di 2, 25 e 200 anni possono considerarsi quelli riportati nel diagramma di Figura 1-3.

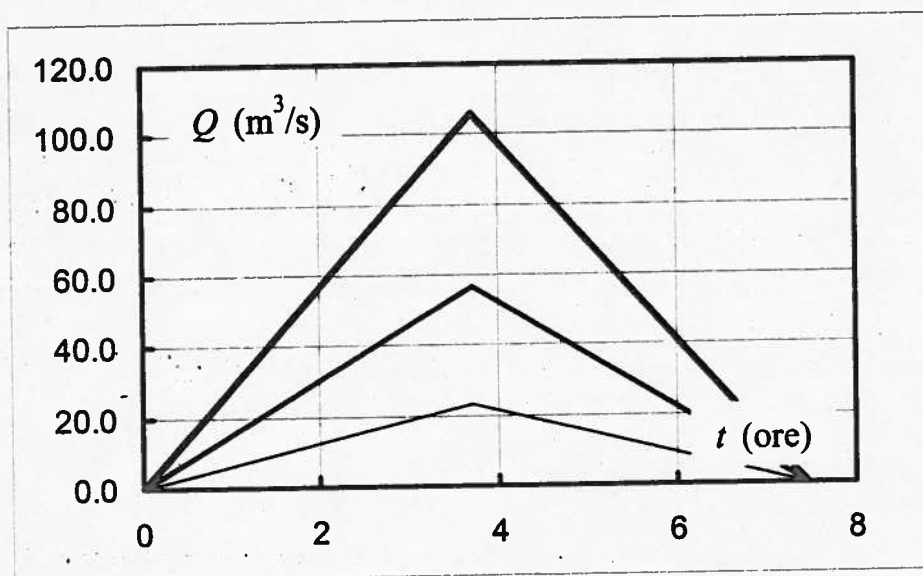


Figura 1-3. Idrogrammi di piena corrispondenti alla formula razionale per i tempi di ritorno $T=2, 25$ e 200 anni.

1.3.2 Idrogramma di piena sintetico (basato sulla curva di riduzione dei colmi di piena)

L'idrogramma sintetico viene in generale dedotto dalle curve di riduzione dei colmi di piena. Per tali curve, il NERC (1975), sulla base di un'analisi dettagliata sui fiumi della Gran Bretagna, suggerisce la seguente relazione

$$\varepsilon_{D,T} = \frac{Q_{D,T}}{Q_T} = \left(1 + \frac{D}{t^*}\right)^{b-1} \quad (1.3-1)$$

in cui Q_T è la portata al colmo di piena relativa al periodo ritorno T , $Q_{D,T}$ è il valore medio della portata di piena defluente, con periodo di ritorno T , nella prefissata durata D , t^* è un tempo caratteristico strettamente legato al tempo di risposta del bacino idrografico e b un parametro poco correlato alla scala ed alle caratteristiche geomorfologiche del bacino stesso.

La (1.3-1) è indipendente dal periodo di ritorno. Inoltre, Silvagni (1984) ha mostrato come nel caso di alcuni bacini idrografici campani il parametro di forma b possa essere assunto pari all'esponente n della curva di possibilità pluviometrica mentre il fattore di scala temporale t^* sia strettamente correlato al tempo di ritardo t_r del bacino idrografico secondo la relazione $t^* = 2.1 t_r$.

Estendendo quanto sopra detto anche ai bacini lucani, può dunque ipotizzarsi che nel caso in esame valga la relazione:

$$\varepsilon_{D,T} = \left(1 + \frac{D}{2t_r}\right)^{n-1} \quad (1.3-2)$$

In particolare, come peraltro già precedentemente evidenziato, per l'area in studio dal rapporto VAPI-Basilicata può assumersi un valore dell'esponente n pari a 0.3.

Principalmente sulla base dell'equazione (1.3-2), Fiorentino e Margiotta (1998)⁴ hanno ottenuto la seguente espressione dell'idrogramma sintetico

$$Q(t) = Q_T e^{-2|t|/k_V} \quad (1.3-3)$$

dove k_V è un parametro legato all'esponente n della curva di possibilità pluviometrica ed al tempo di ritardo t_r , tramite l'espressione

$$k = 1.027 \cdot t_r \cdot e^{2.277n} \quad (1.3-4)$$

Quindi, l'idrogramma sintetico di equazione (1.3-3) associa ad ogni finestra temporale di ampiezza D (rispetto all'asse verticale di simmetria) la portata $Q_{D,T}$.

In definitiva, stimando t_r attraverso la relazione (1.2-4) suggerita da Fiorentino e Iacobellis (2001), si sono ottenuti gli idrogrammi di piena sintetici (per $T=30, 200$ e 500 anni) riportati nella figura seguente

⁴ M. Fiorentino e M.R. Margiotta. *La valutazione dei volumi di piena e il calcolo semplificato dell'effetto di laminazione dei grandi invasi*, in "Tecniche per la difesa dall'inquinamento" edito da G. Frega, BIOS 203-222, 1998.

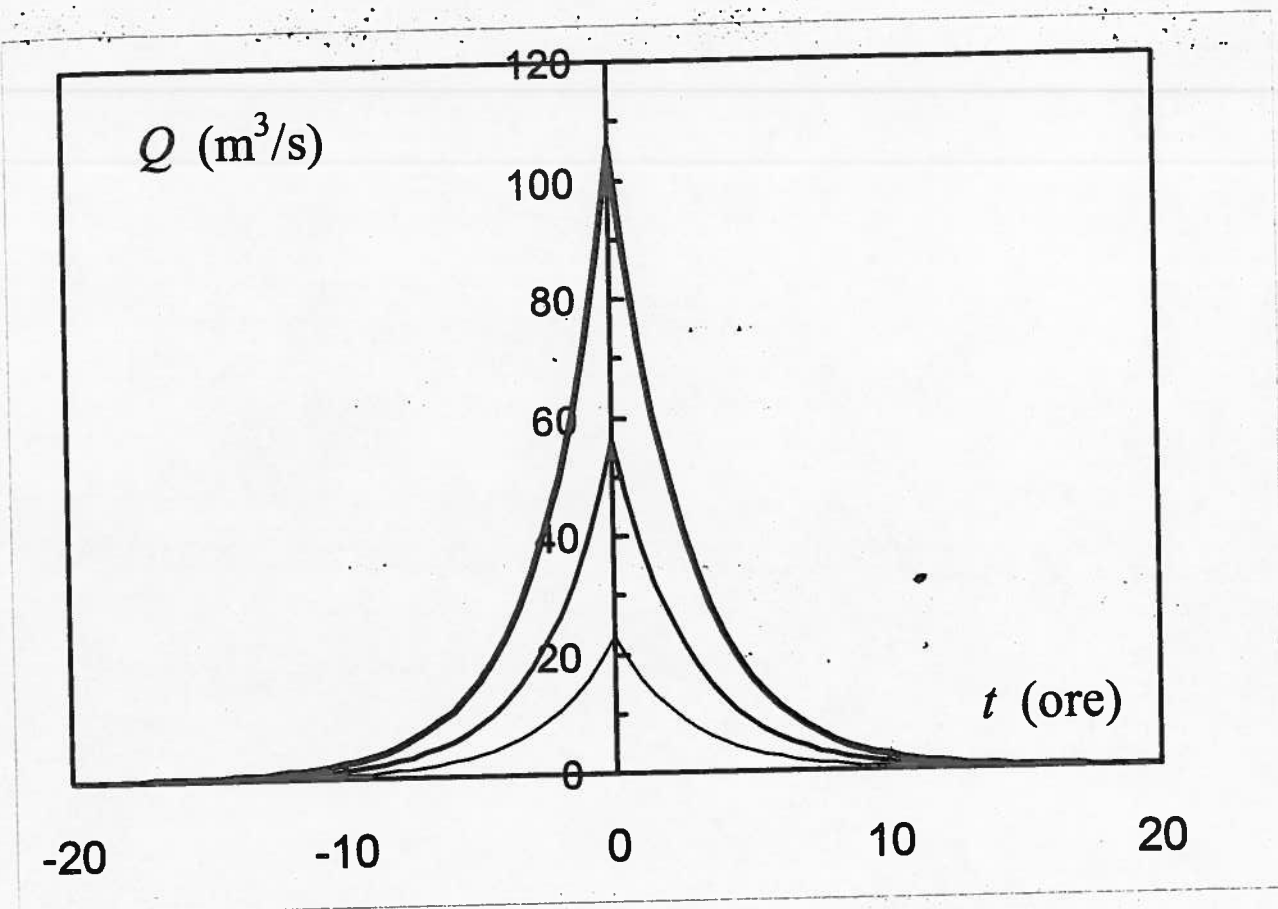


Figura 1-4. Idrogrammi sintetici di piena corrispondenti per i tempi di ritorno $T=2, 25$ e 200 anni.

1.4 EVENTI DI PIENA

Al solo scopo di dare un'idea circa l'entità delle portate e le caratteristiche idrauliche della corrente in occasione degli eventi di piena, si riportano di seguito alcune immagini fotografiche relative agli eventi di piena del: 24 gennaio 2005, 14 febbraio 2005, 28 febbraio 2006.

1.4.1 Evento di piena del 24 gennaio 2005

Il periodo di ritorno T relativo all'evento di piena in questione, perlomeno durante la fase della documentazione fotografica, risulta pari a circa 5+10 anni. Le foto relative a tale evento sono state gentilmente messe a disposizione dall'Ufficio di Protezione Civile di Potenza.



Figura 1-5. Torrente Gallitello nell'intorno della sezione GAL12. In tale tratto, il fondo non è rivestito e sono presenti muri d'argine in destra e sinistra idraulica.

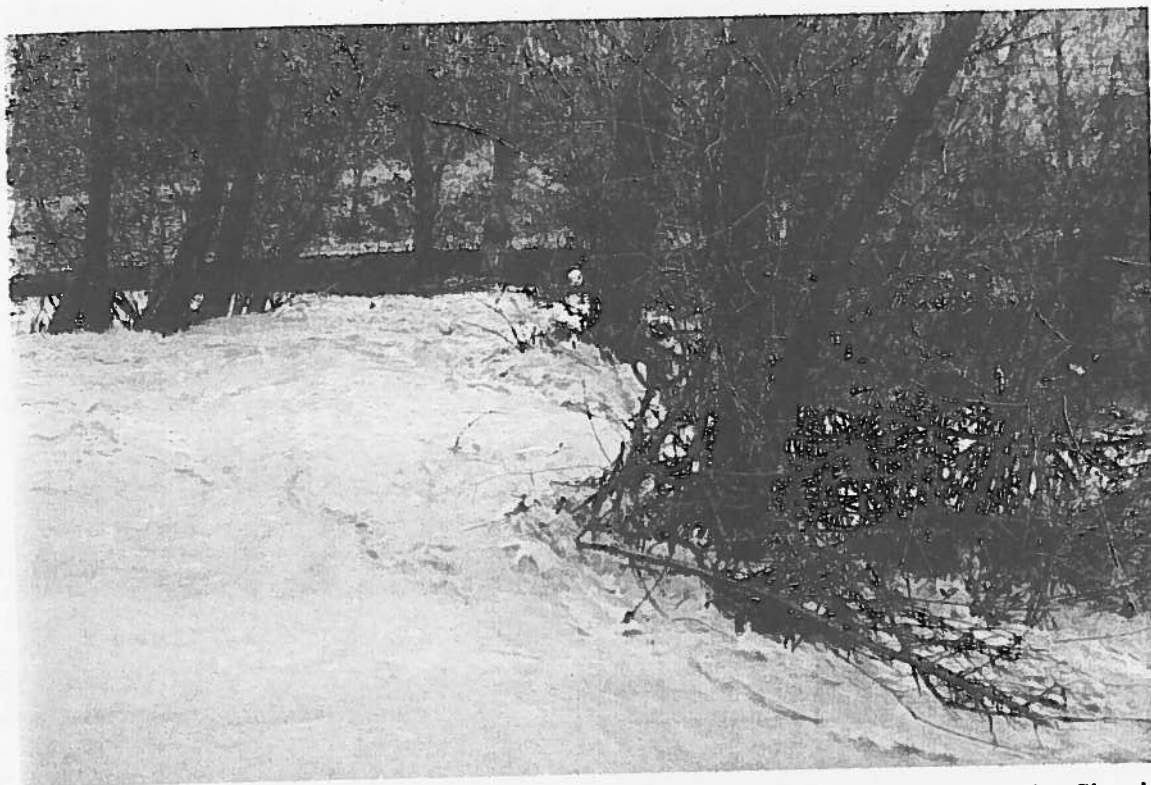


Figura 1-6. Torrente Gallitello nell'intorno della sezione GAL12. In tale tratto il fondo non è rivestito. Si noti come il livello idrico sia di poco inferiore alla sommità del muro d'argine in sinistra idraulica.

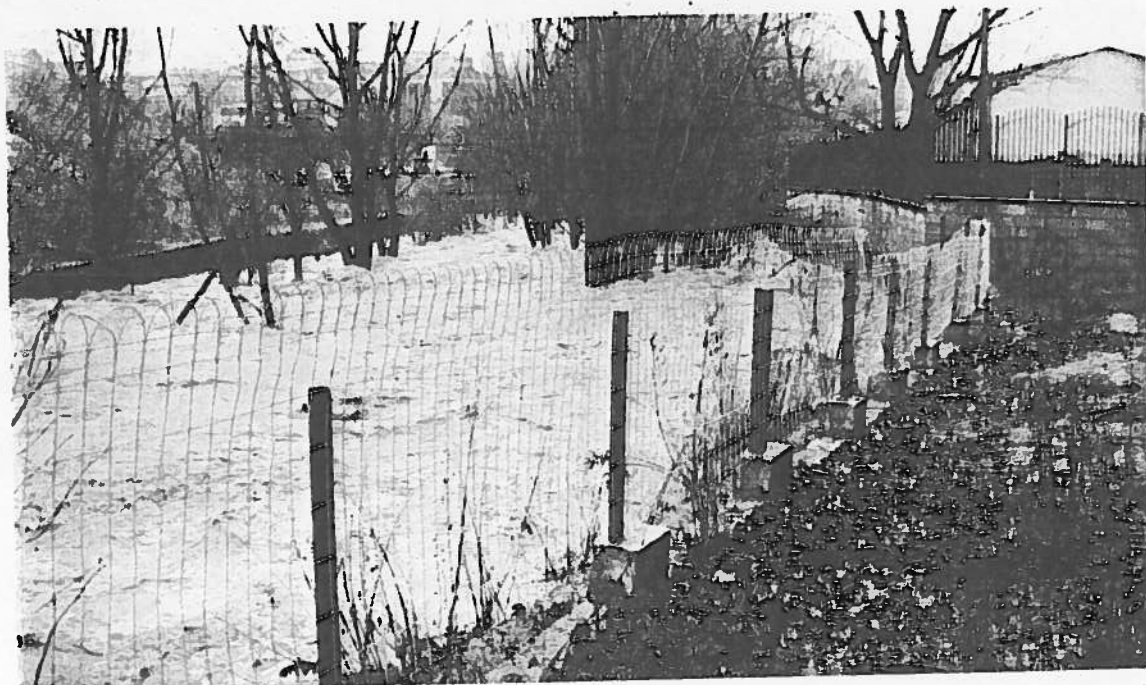


Figura 1-7. Torrente Gallitello nel tratto di monte con fondo non rivestito. Vista nella direzione monte-valle.

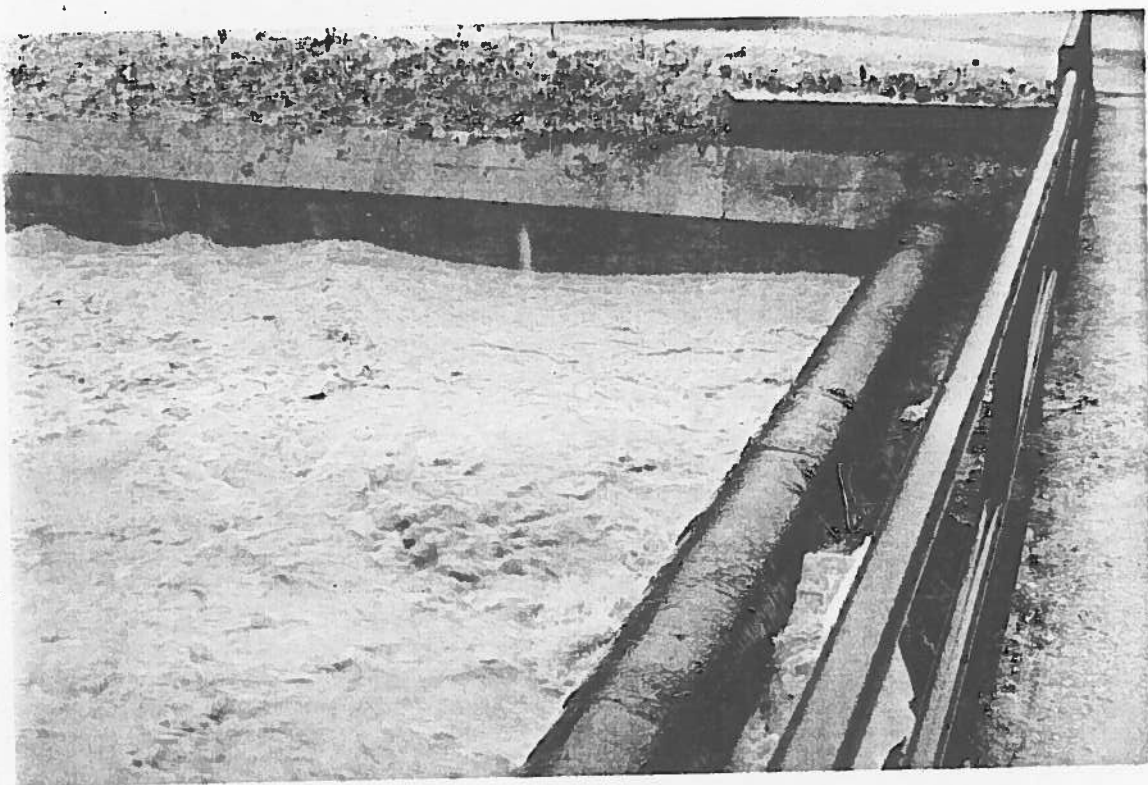


Figura 1-8. Attraversamento GAL 59. Vista verso la sinistra idrografica. Si noti come la tubazione posta a monte dell'attraversamento sia investita dalla corrente.



Figura 1-9. Torrente Gallitello in corrispondenza della sezione GAL 25. Vista verso monte. Si noti il significativo sopralzo dovuto alla presenza di una curva con ristretto raggio di curvatura.

1.4.2 Evento di piena del 14 febbraio 2005

Si riportano di seguito alcune immagini fotografiche relative all'evento del 14 febbraio 2005. Il periodo di ritorno T , perlomeno durante la fase della documentazione fotografica e con riferimento all'asta del Fiume Basento, risulta pari a circa 5 anni.



Figura 1-10. Torrente Gallitello: salto di fondo in corrispondenza del ponte della Strada Statale n. 94



Figura 1-11. Torrente Gallitello: canaletta pensile subito a valle del salto di fondo in corrispondenza del ponte della Strada Statale n. 94



Figura 1-12. Confluenza Torrente Gallitello – Fiume Basento



Figura 1-13. Fiume Basento immediatamente a monte della confluenza con il Torrente Gallitello.

1.5 EVENTO DI PIENA DEL 28 FEBBRAIO 2006

Si riportano di seguito alcune immagini fotografiche relative all'evento di piena del 28 febbraio 2006. Il periodo di ritorno T , perlomeno durante la fase della documentazione fotografica e con riferimento all'asta del Torrente Gallitello, risulta pari a circa 1 anno.



Figura 1-14. Torrente Gallitello: salto di fondo in corrispondenza del ponte della Strada Statale n. 94. Si noti come, rispetto alla foto in figura 2 (evento di piena del 2005), lo spessore della vena stramazante sia significativamente più ridotto.



Figura 1-15. Tronco di immissione del Torrente Gallitello nel Fiume Basento. Si noti come, rispetto agli eventi di piena del 2005, la portata del Fiume Basento sia completamente contenuta nell'alveo inciso.

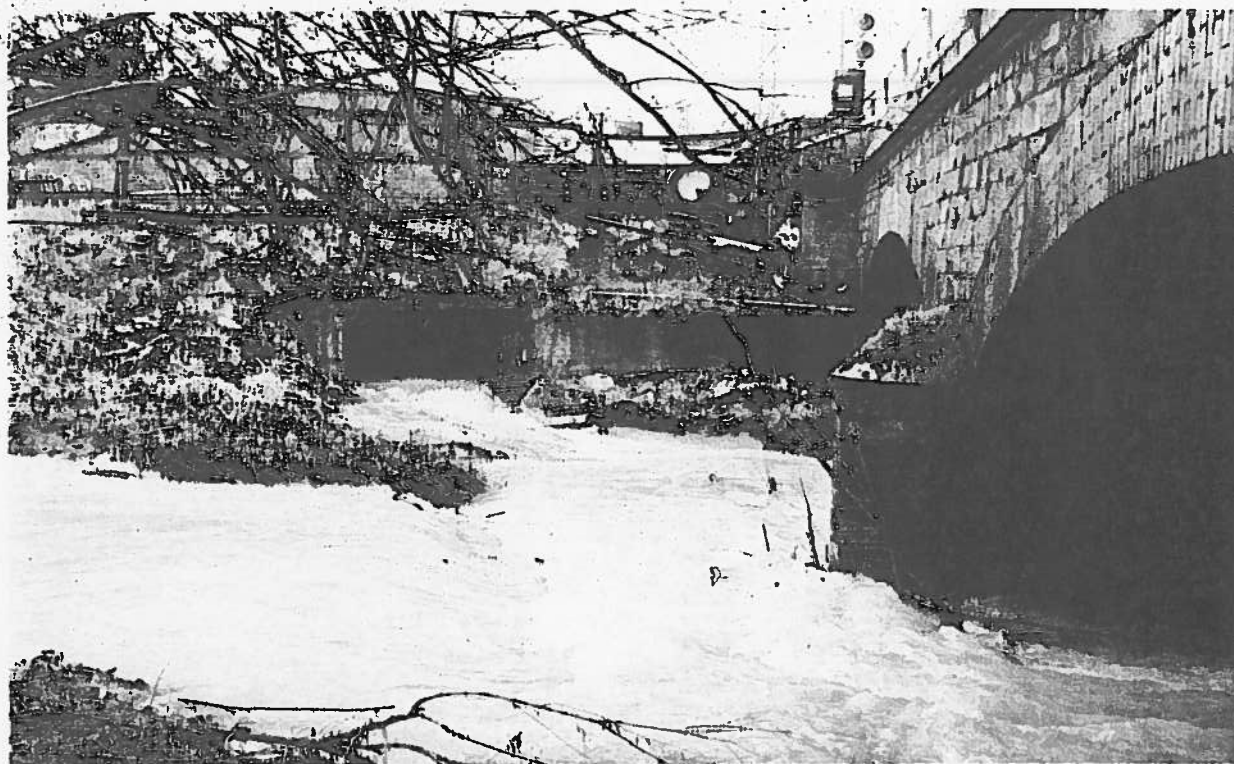


Figura 1-16. Confluenza del Fosso Verderuolo con il Torrente Gallitello immediatamente a monte del ponte della Strada Statale n. 94. Si noti la formazione di un (debole) risalto idraulico nella sezione del Torrente Gallitello a ridosso dell'attraversamento stradale



Figura 1-17. Configurazione del Torrente Gallitello immediatamente a monte del ponte della Strada Statale n. 94. Si notino la formazione di un (debole) risalto idraulico nella sezione del torrente Gallitello a ridosso dell'attraversamento stradale e la presenza di una barra longitudinale in prossimità della sponda destra

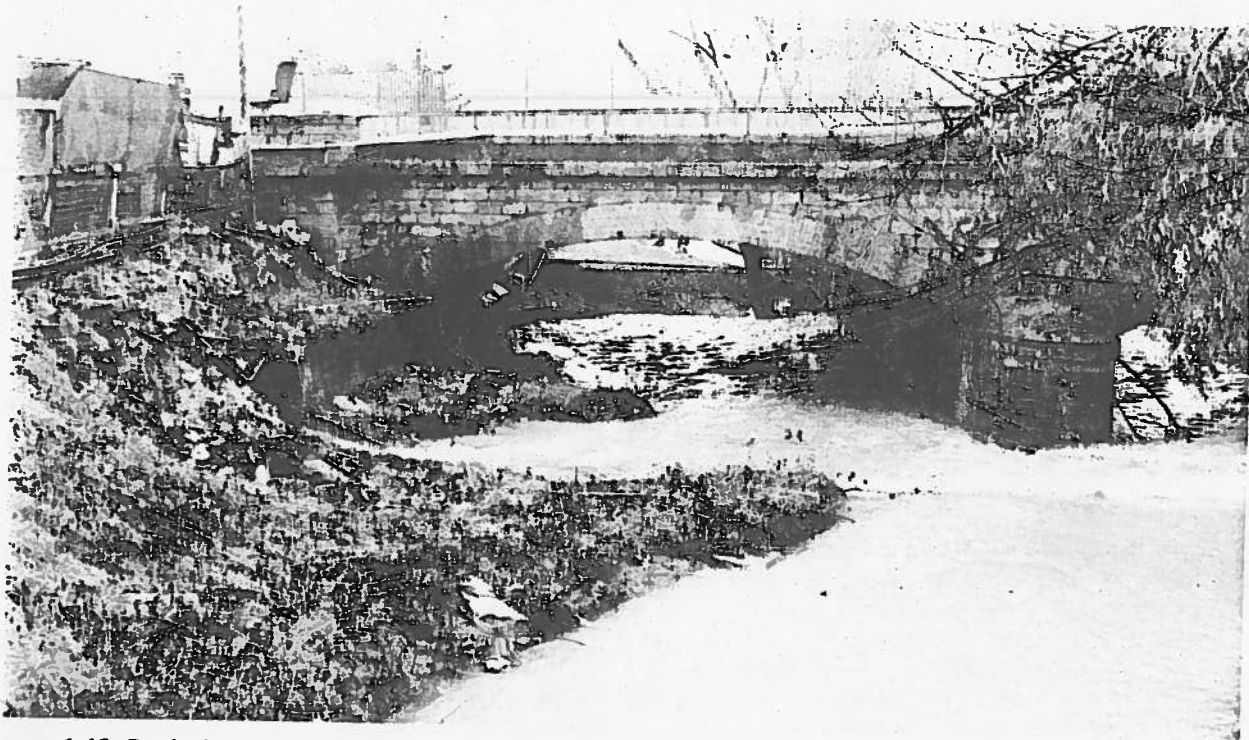


Figura 1-18. Particolare della sponda sinistra del Torrente Gallitello immediatamente a monte del ponte della Strada Statale n. 94

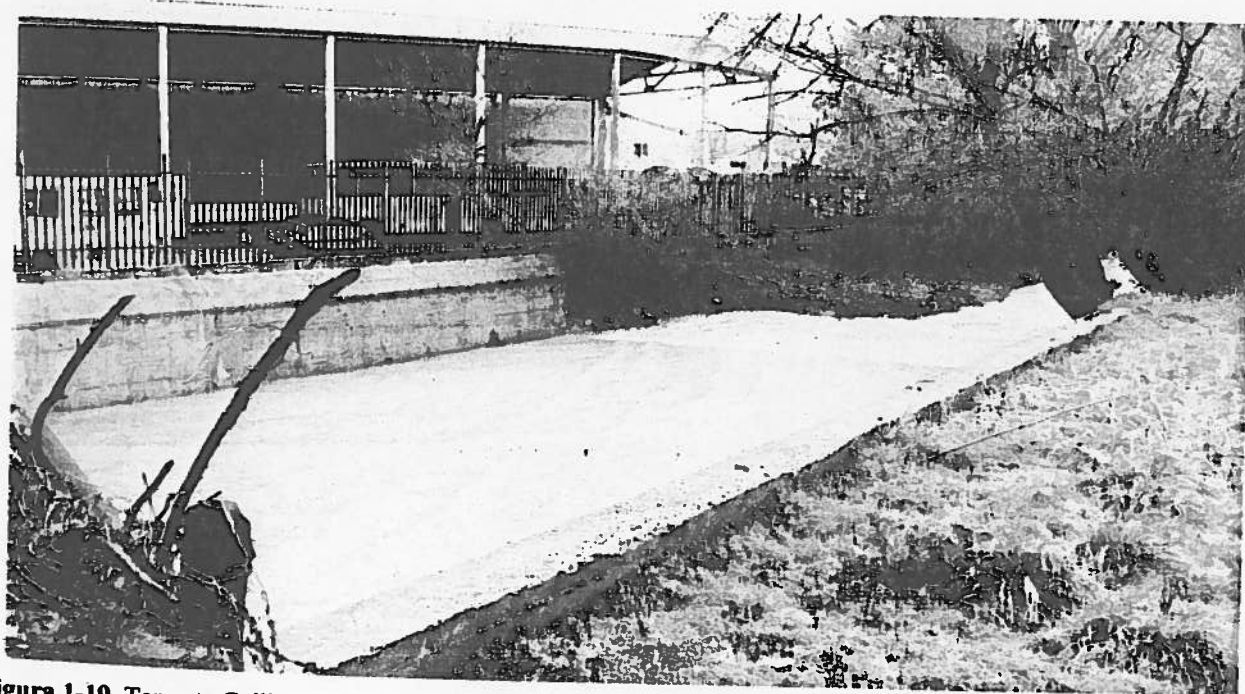


Figura 1-19. Torrente Gallitello in corrispondenza dell'autoparco comunale. Si noti il salto immediatamente a valle del tratto canalizzato. Dai rilievi effettuati nel 2003 tale salto risultava pari a 1.5 m. In occasione del sopralluogo a cui la foto si riferisce, esso risultava visibilmente più ridotto a causa di antecedenti fenomeni di deposito

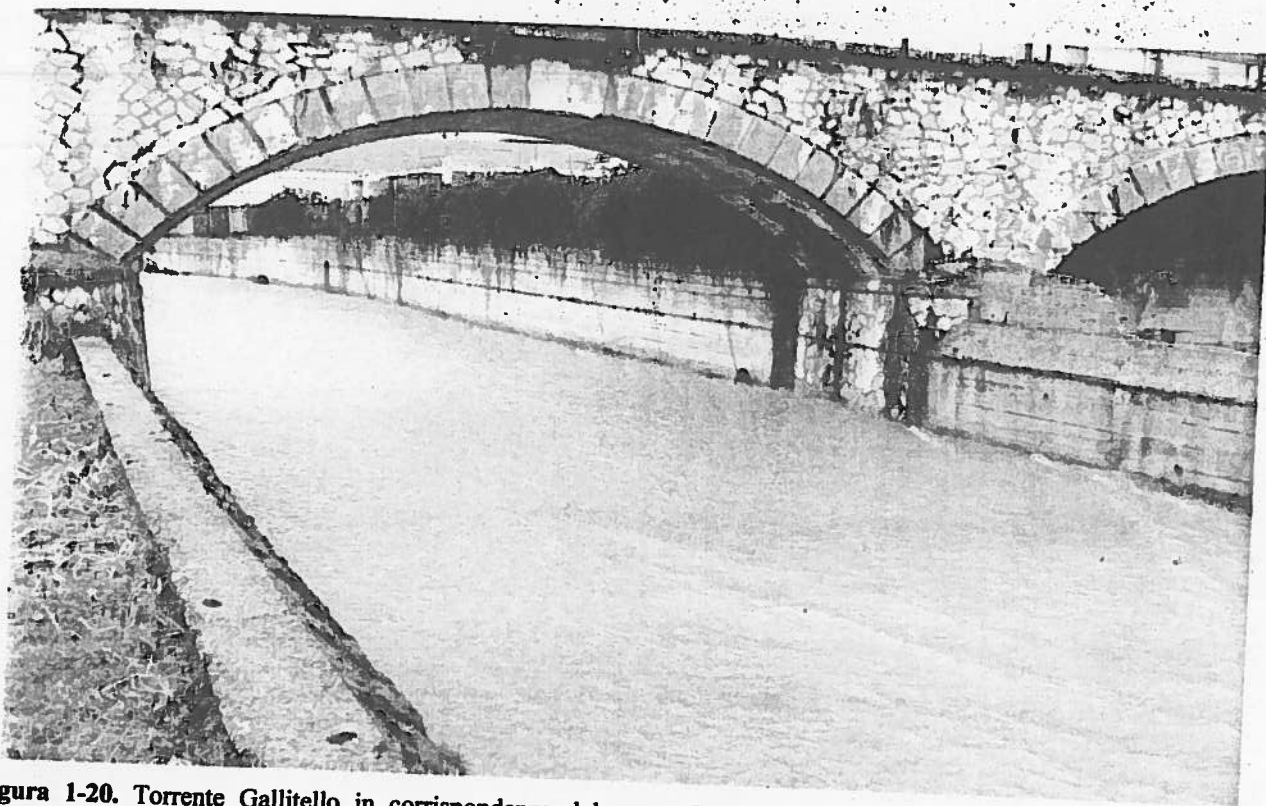


Figura 1-20. Torrente Gallitello in corrispondenza del ponte ferroviario dismesso. La corrente appare critica o debolmente veloce con $Fr \sim 1.3$. La velocità media di portata, stimata con l'uso di un galleggiante, risultava pari a 2.3 m/s e la portata di poco superiore ai $6 \text{ m}^3/\text{s}$



Figura 1-21. Torrente Gallitello a circa 650 m prima della sua immissione nel Fiume Basento. Vista verso monte. Si noti la significativa increspatura della superficie libera a causa della forte curvatura del canale

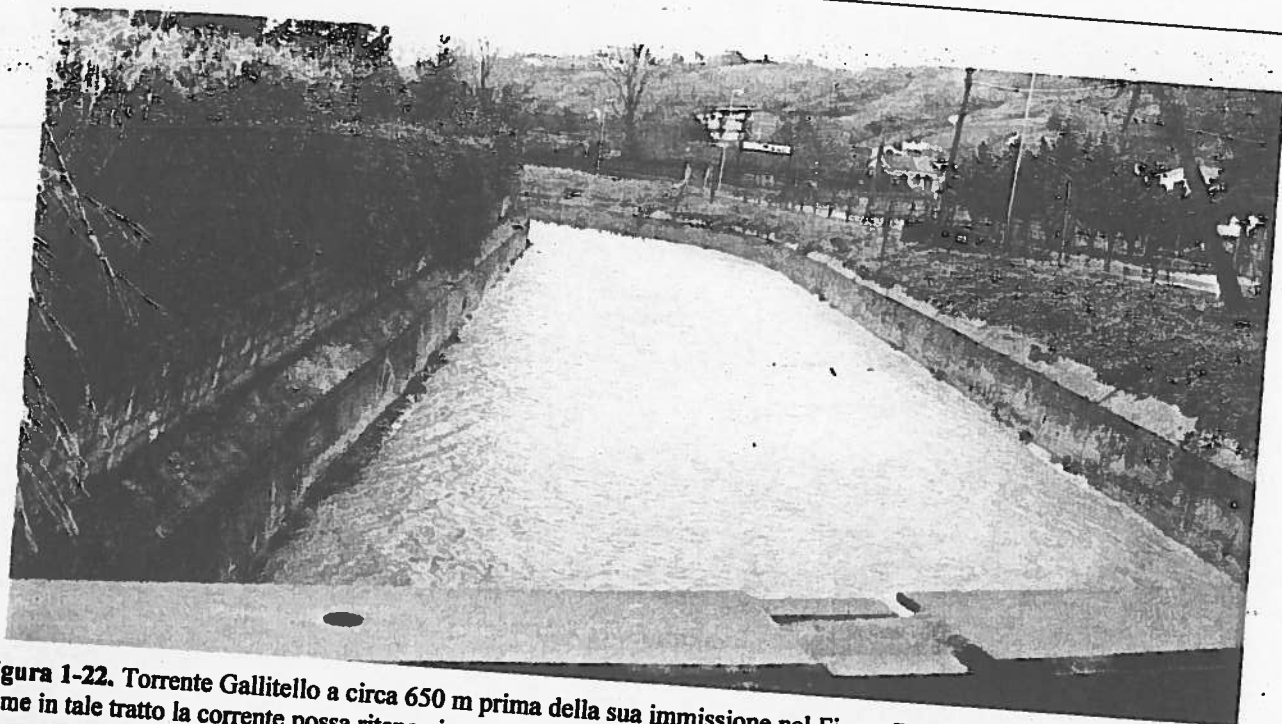


Figura 1-22. Torrente Gallitello a circa 650 m prima della sua immissione nel Fiume Basento. Vista verso valle. Si noti come in tale tratto la corrente possa ritenersi, con buona approssimazione uniforme

2 ANALISI IDRAULICA – STATO DI FATTO

2.1 CONSIDERAZIONI SUI COEFFICIENTI DI SCABREZZA

Il tratto del Torrente Gallitello in studio si estende per circa 4.2 km a monte dell'attraversamento della S.S. 94 che praticamente segna la zona di immissione del torrente stesso nel Fiume Basento. Le sezioni estreme di monte e di valle sono rispettivamente denominate GAL1 e GAL 35 (vedasi Allegato G 4).

In particolare, sulla base di alcuni sopralluoghi è emerso che tra la sezione GAL34 e quella denominata GAL17 il corso d'acqua risulta completamente canalizzato con rivestimento, generalmente in cls, sia del fondo che delle sponde. Tra la sezione GAL17 e quella estrema di monte GAL7 (attraversamento sulla strada che conduce al Seminario Maggiore), invece, il corso d'acqua risulta non evidentemente rivestito per quanto riguarda il fondo. Risultano però presenti muri spondali in cls a partire dalla sezione GAL10 fino alla sezione di valle GAL17.

Sulla base di quanto riportato in Marchi (2003)⁵ per canali rivestiti possono assumersi i seguenti valori del coefficiente di scabrezza di Strickler K_S :

"Pareti di cemento in non perfette condizioni"

$$K_S = 70 \div 65 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$$

"Canali in abbandono con grande vegetazione"

$$K_S = 30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$$

Il secondo valore di K_S è un valore limite inferiore. Nel caso invece di canali in cemento perfettamente liscio il valore K_S può essere addirittura assunto pari a $100 \div 90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. In Figura 4-1 sono mostrati due esempi in cui il coefficiente di scabrezza K_S può essere assunto pari a circa $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (coefficiente di Manning $n = 0.025 \text{ s/m}^{1/3}$).

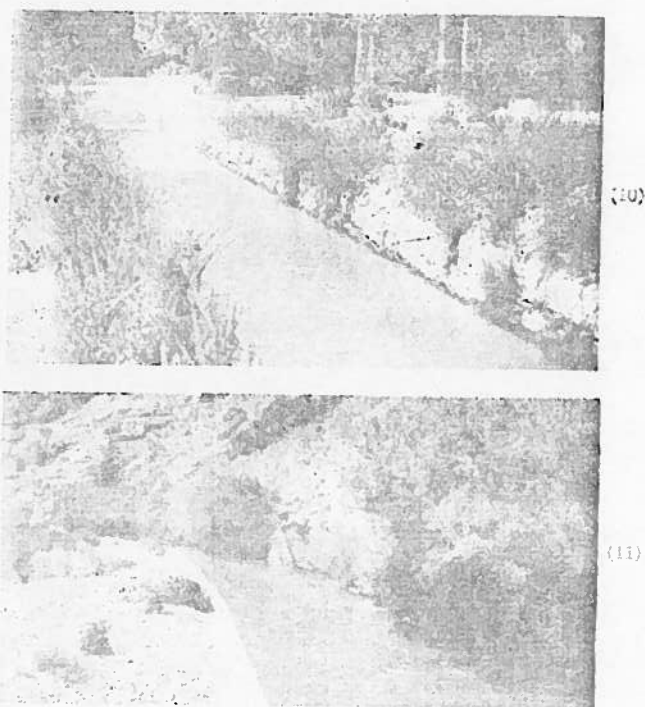


Figura 2-1. (10) " $n=0.024$. Ditch lined on both sides and bottom with dry-laid unchinked rubble. Bottom quite irregular, with scattered loose cobbles. (11) $n = 0.026$. Canal excavated on hillside, with upper bank mostly of willow roots and lower bank with well-made concrete wall. Bottom covered with coarse gravel." (da Chow, 1959)⁶

⁵ E. Marchi. (2003). *Moto permanente delle correnti a pelo libero*. Manuale di Ingegneria Civile e Ambientale. Ed. Zanichelli/ESAC.

⁶ V.T. Chow. (1959). *Open-Channel Hydraulics*. McGraw-Hill Book Company, Singapore.

Conseguentemente, con riferimento al tratto canalizzato del Torrente Gallitello nel caso di canale perfettamente pulito potrà ragionevolmente assumersi un valore di K_S pari a $65 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Nel caso invece di vegetazione sporadica, ma canale nel complesso in buono stato, potrà assumersi ragionevolmente un valore di K_S pari a $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Nelle Figure 4-2 e 4-3 si mostrano tratti del torrente in questione con evidenti differenti valori di K_S .



Figura 2-2. Tratto canalizzato del Torrente Gallitello a valle del ponte in fase di realizzazione in corrispondenza della sezione denominata G1. Vista da monte. Foto del 22 maggio 2005. K_S può ragionevolmente assumersi pari a $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$

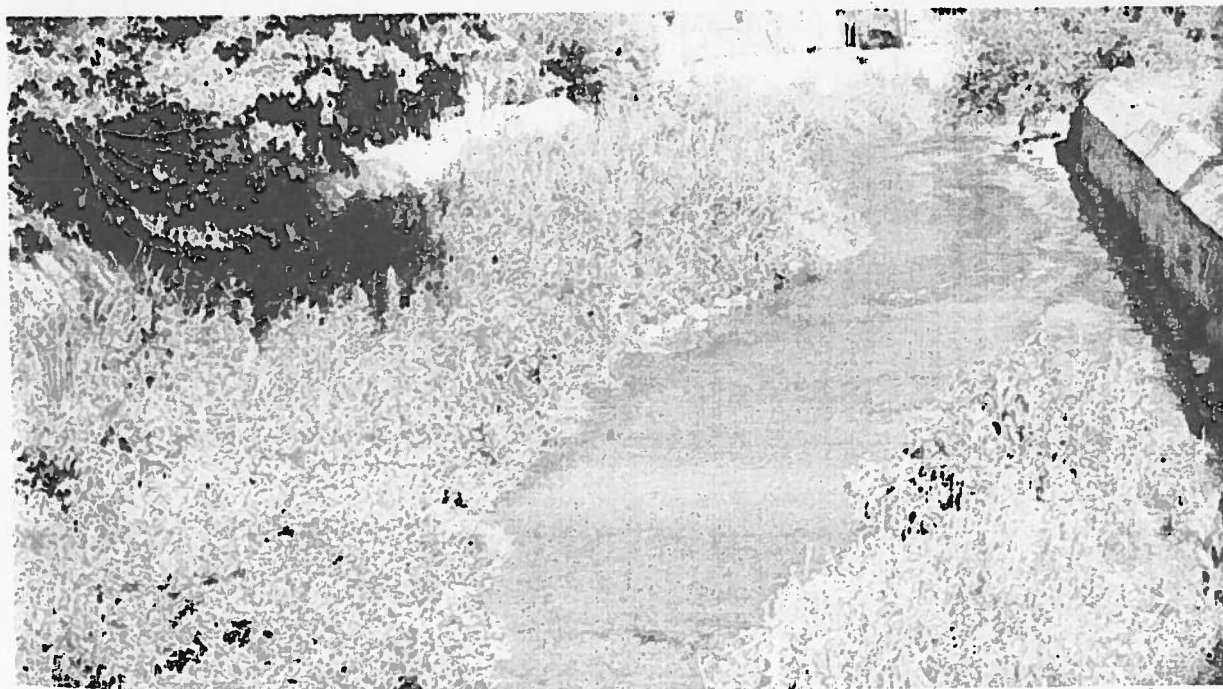


Figura 2-3. Tratto canalizzato del Torrente Gallitello immediatamente a monte della sezione denominata G1. Vista da monte. Foto del 22 maggio 2005. K_S può ragionevolmente assumersi pari a $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$

Per il tratto naturale del Torrente Gallitello, invece, a K_S potrebbero essere attribuiti gli usuali valori pari a $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ nella parte di sezione più incisa (alveo di magra) e $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ all'esterno dell'incisione stessa (Figura 4-4).



Figura 2-4. Tratto del Torrente Gallitello immediatamente a monte dell'attraversamento stradale coincidente con la sezione denominata GAL13. Vista verso monte. Si noti la presenza di un muro spondale (o meglio di una difesa del tipo argine) in sponda sinistra.

Ciò premesso, si consideri una sezione tipica del Torrente Gallitello nel suo tratto canalizzato. Tale tratto, come si specificherà meglio nel seguito, può ragionevolmente ritenersi a pendenza costante, pari all'1%, e con sezione trasversale corrente di tipo rettangolare larga 11 m ed alta 2.0 m. Si considerino inoltre i due seguenti valori di K_S pari a 65 e 35 $\text{m}^{1/3}/\text{s}$.

Nell'ipotesi di moto uniforme e con riferimento ai valori delle portate ricavati in precedenza si ottiene quanto segue (Tabella 2-1):

$K_S = 35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$					
$Q_T [\text{m}^3/\text{s}]$	$h [\text{m}]$	$V [\text{m/s}]$	$H [\text{m}]$	$F [-]$	$\Delta y [\text{m}]$
54	1.38	3.56	2.03	0.97	0.28
83	1.83	4.12	2.70	0.97	0.38
97	2.03	4.34	2.99	0.97	0.42

$K_S = 65 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$					
$Q_T [\text{m}^3/\text{s}]$	$h [\text{m}]$	$V [\text{m/s}]$	$H [\text{m}]$	$F [-]$	$\Delta y [\text{m}]$
54	0.88	5.56	2.46	1.89	1.39
83	1.16	6.49	3.31	1.92	1.89
97	1.29	6.85	3.68	1.93	2.10

Tabella 2-0-1. Principali parametri idraulici nel caso di una sezione tipica del Torrente Gallitello nel tratto canalizzato

avendo indicato con h il tirante idrico, V la velocità media di portata, H l'energia specifica, F il numero di Froude e Δy il dislivello tra i tiranti in prossimità delle due pareti laterali del canale in

un'ipotetica curva con raggio di curvatura r_c pari a 50 m. In particolare Δy è calcolato secondo le espressioni teoriche riportate in Jain (2001, p. 295)⁷.

I valori ottenuti suggeriscono quanto segue: (i) valori di K_S diversi, ma pur sempre appartenenti ad un intervallo plausibile per il caso in esame, possono comportare correnti con comportamento fisicamente diverso e cioè correnti lente (o quasi critiche) per $K_S = 35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ e correnti veloci per $K_S = 65 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$; (ii) nel primo caso (correnti lente) allo svantaggio di tiranti maggiori, ma praticamente contenuti all'interno del canale, si contrappongono i significativi vantaggi derivanti dalle energie specifiche minori e dai Δy più contenuti.

Tenuto presente che il tratto canalizzato del Torrente Gallitello presenta un andamento planimetrico non privo di sinuosità ed in alcuni tratti restringimenti, sebbene contenuti, della sezione trasversale, sembrerebbe opportuno raccomandare interventi di manutenzione tali da poter ritenere K_S prossimo o di poco superiore a $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. In altri termini si raccomandano interventi volti a ripristinare uno stato del canale prossimo a quello che si evince ad esempio dalla Figura 2-2 tollerando una moderata vegetazione spondale e del fondo. Per contro, interventi di pulitura più spinti potrebbero comportare il formarsi di correnti critiche o addirittura supercritiche con gli inconvenienti dipendenti soprattutto dalle elevate energie specifiche.

2.2 ALCUNE CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE PLANO-ALTIMETRICHE DEL TRATTO CANALIZZATO⁸

Come già detto in precedenza, il tratto di Torrente Gallitello compreso tra le sezioni GAL34 e GAL17 risulta essere completamente rivestito in calcestruzzo. Invece, il tronco compreso tra la sezione GAL17 e quella estrema di monte GAL1, risulta a fondo mobile con muri d'argine, sui piani golenali, a partire dalla sezione GAL10 fino alla sezione di valle GAL17.

Relativamente al tratto completamente rivestito ed al tronco compreso tra le sezioni GAL17 e GAL13 le cui sezioni trasversali presentano geometria ben definita, si è proceduto all'analisi dell'andamento della pendenza, della larghezza del canale e dell'altezza delle sponde per una preliminare individuazione dei tronchi più critici nei riguardi del contenimento delle portate di piena.

L'analisi è stata condotta esaminando le sezioni trasversali rilevate dall'Ufficio Tecnico del Comune di Potenza nel 2005 (sezioni G1-G23), e quelle rilevate per conto dell'Autorità di Bacino della Basilicata (GAL1-GAL35). Lì dove necessario, si sono apportate alcune (lievi) modifiche al fine dell'ottenimento di sezioni ortogonali alla direzione longitudinale del corso d'acqua. In particolare, le sezioni modificate sono le seguenti: G1, G14, G15 e G18 e, conseguentemente, negli elaborati verranno rispettivamente indicate come G'1, G'14, G'15 e G'18.

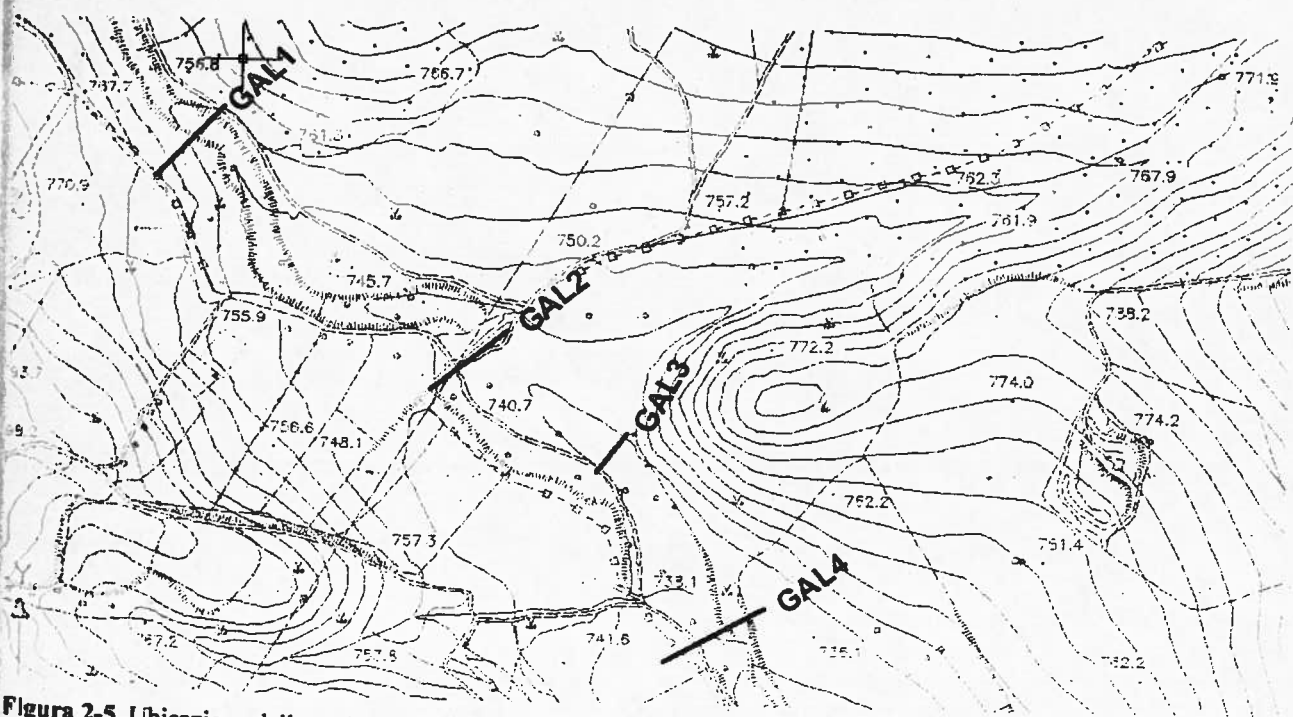


Figura 2-5. Ubicazione delle sezioni trasversali rilevate nel tratto compreso tra le sezioni GAL1 e GAL4

⁸ Le conclusioni riportate in questo paragrafo si basano sulle informazioni delle sezioni trasversali rilevate dall'Ufficio Tecnico del Comune di Potenza nel 2005 (sezioni G1-G23) e quelle rilevate per conto dell'Autorità di Bacino della Basilicata (GAL1-GAL35).

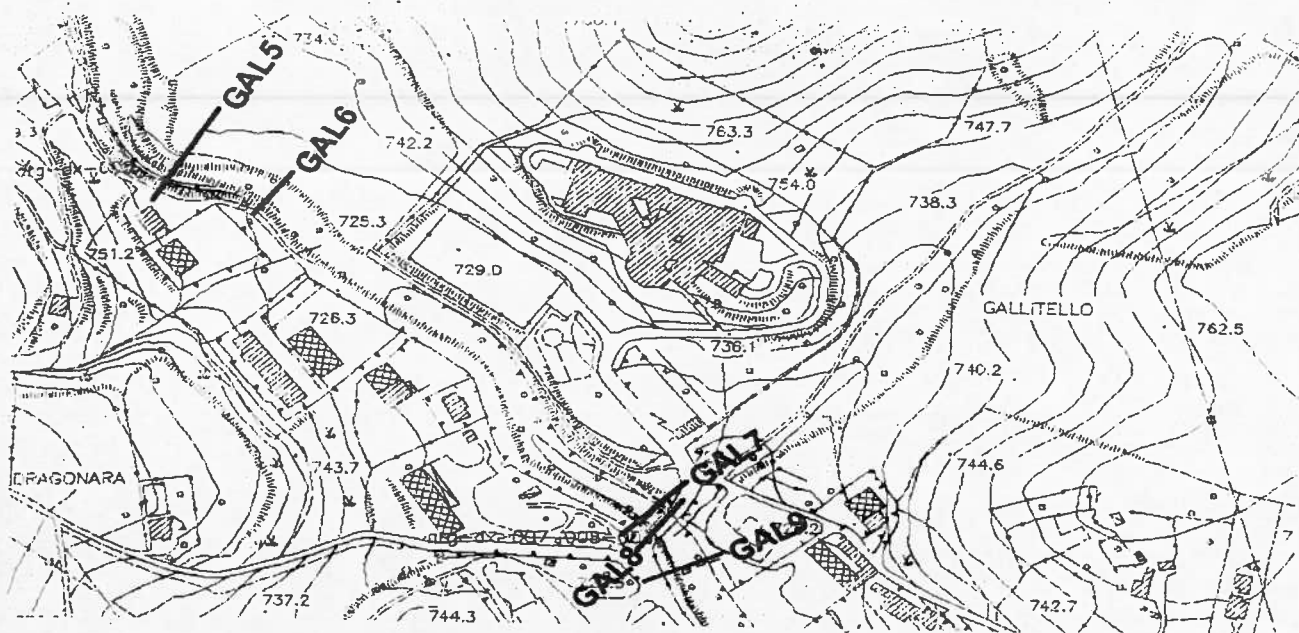


Figura 2-6. Ubicazione delle sezioni trasversali rilevate nel tratto compreso tra le sezioni GAL5 e GAL9

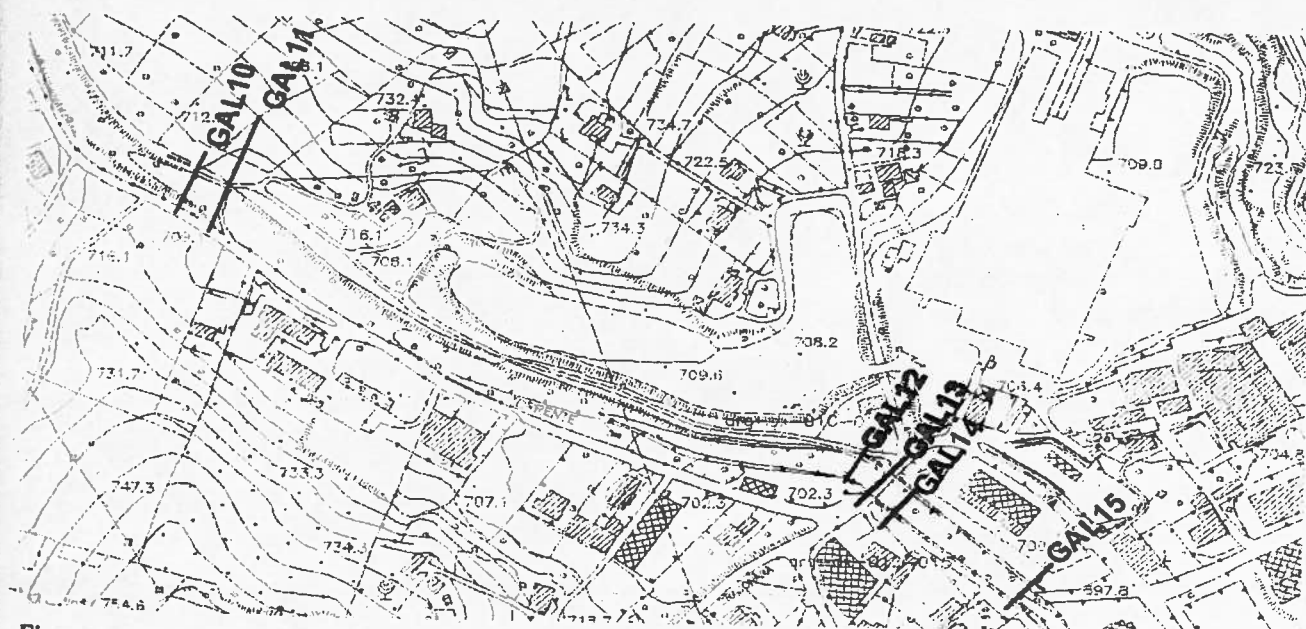


Figura 2-7. Ubicazione delle sezioni trasversali rilevate nel tratto compreso tra le sezioni GAL10 e GAL15

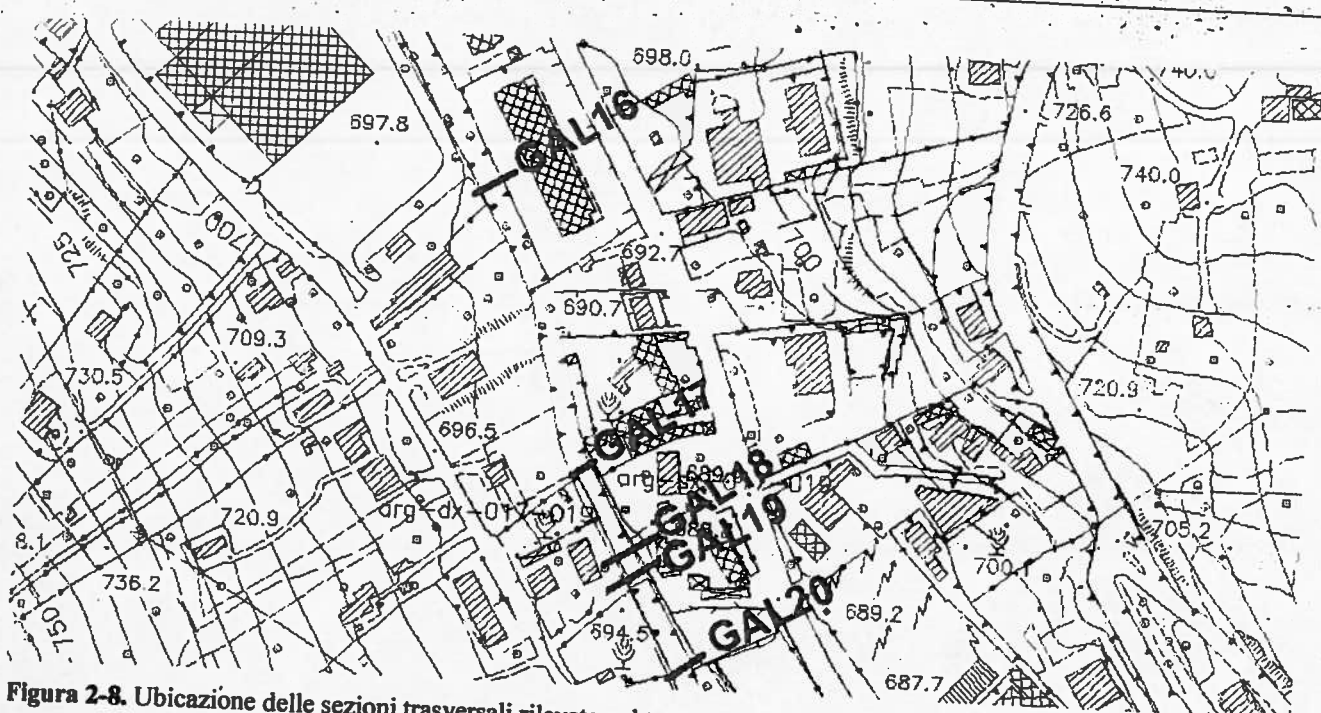


Figura 2-8. Ubicazione delle sezioni trasversali rilevate nel tratto compreso tra le sezioni GAL16 e GAL20

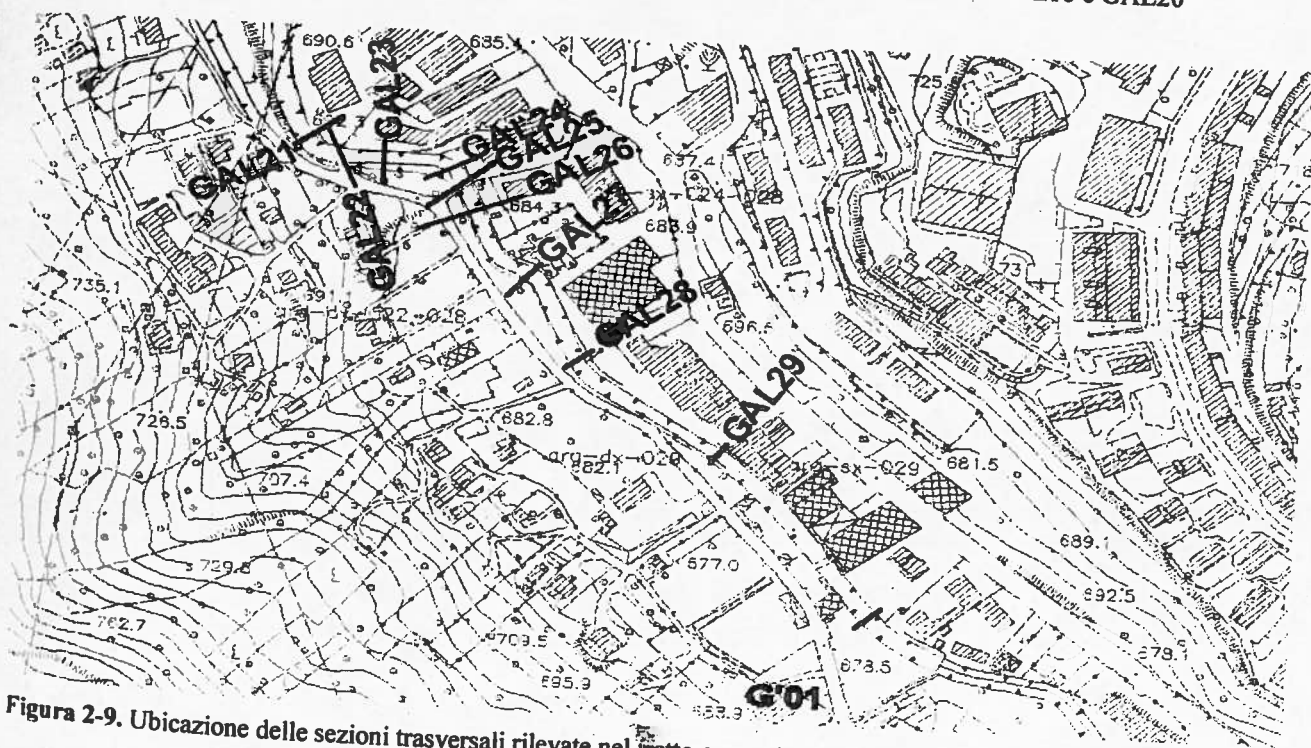


Figura 2-9. Ubicazione delle sezioni trasversali rilevate nel tratto compreso tra le sezioni GAL21 e G'01

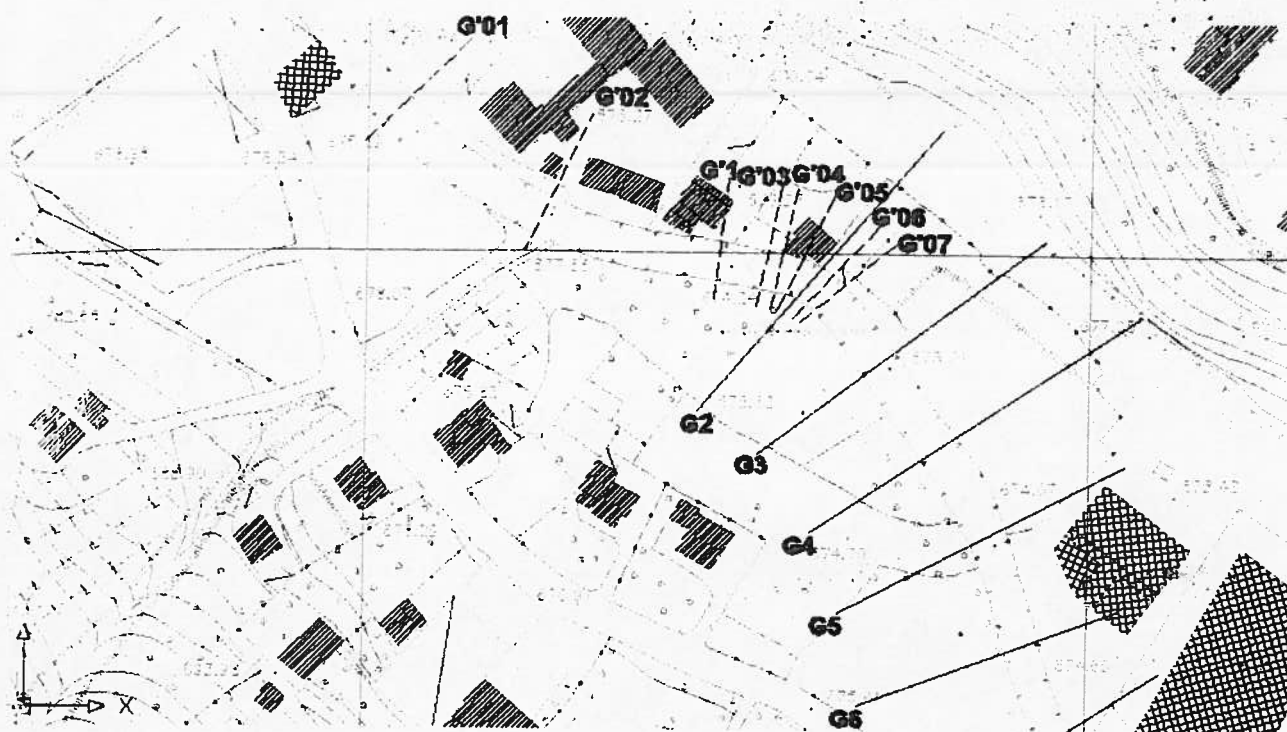


Figura 2-10. Ubicazione delle sezioni trasversali rilevate nel tratto compreso tra le sezioni G'01 e G6

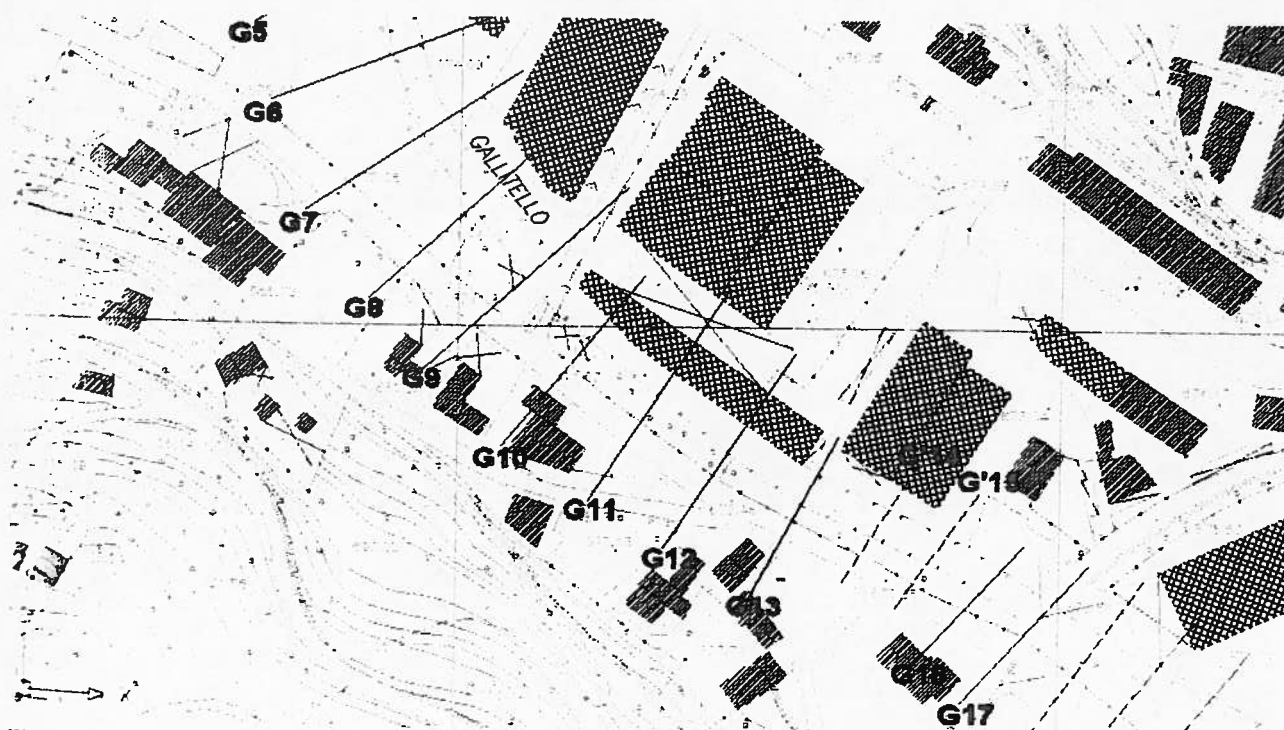


Figura 2-111. Ubicazione delle sezioni trasversali rilevate nel tratto compreso tra le sezioni G5 e G17

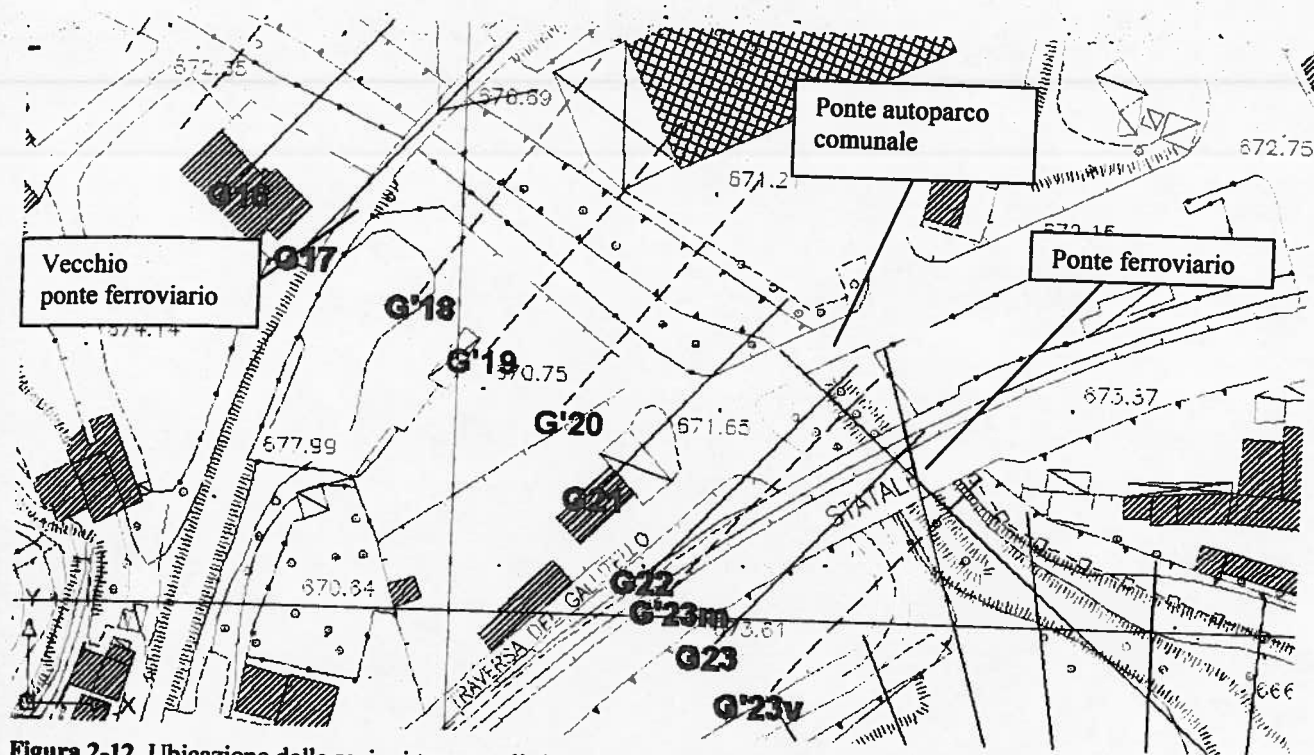


Figura 2-12. Ubicazione delle sezioni trasversali rilevate nel tratto compreso tra le sezioni G16 e G23

Di seguito si riportano i grafici relativi all'andamento della pendenza (in asse canale), della larghezza del canale e dell'altezza delle sue sponde lungo il tratto considerato. Con riferimento al grafico di Figura 2-13, la pendenza relativa a ciascuna sezione è stata calcolata sulla base del tratto d'alveo compreso tra le sezioni immediatamente a monte e a valle di quella considerata.

Nelle elaborazioni non sono state considerate le sezioni G3 e G20: infatti la loro quota di fondo, maggiore rispetto alla sezione di monte, induce a ritenere che ci siano stati problemi nel rilievo delle effettive quote probabilmente dovuti alla irregolarità del rivestimento o alla presenza di depositi locali.

Nel tratto compreso tra le sezioni GAL13 e GAL29, la pendenza varia tra lo 0.7% (circa) e l'1.8%. Procedendo verso valle, nel tratto compreso tra le sezioni G1e G7, si ha un valore medio della pendenza intorno all'1.3% con valore massimo pari all'1.8%; per il tratto compreso fra le sezioni G8 e G17, invece, tale valore medio si riduce alquanto, rimanendo però pur sempre relativamente elevato e prossimo all'1.0%. Maggiori sono invece le incertezze insite nella stima di un valore medio della pendenza nel tratto di valle compreso tra le sezioni G'18 e G23. D'altra parte è molto probabile che il rilievo possa essere stato inficiato dalla presenza di una notevole quantità di materiale solido depositatosi in tale tratto a seguito degli eventi di piena del febbraio 2005. Appare comunque credibile, come emerso nel corso dei sopralluoghi effettuati, che in tale tratto si abbia una riduzione sensibile della pendenza tale da comportare variazioni significative del cinematismo della corrente che in tale tronco di canale tenderebbe ad essere sub-critica a differenza di quanto si verifica a monte.

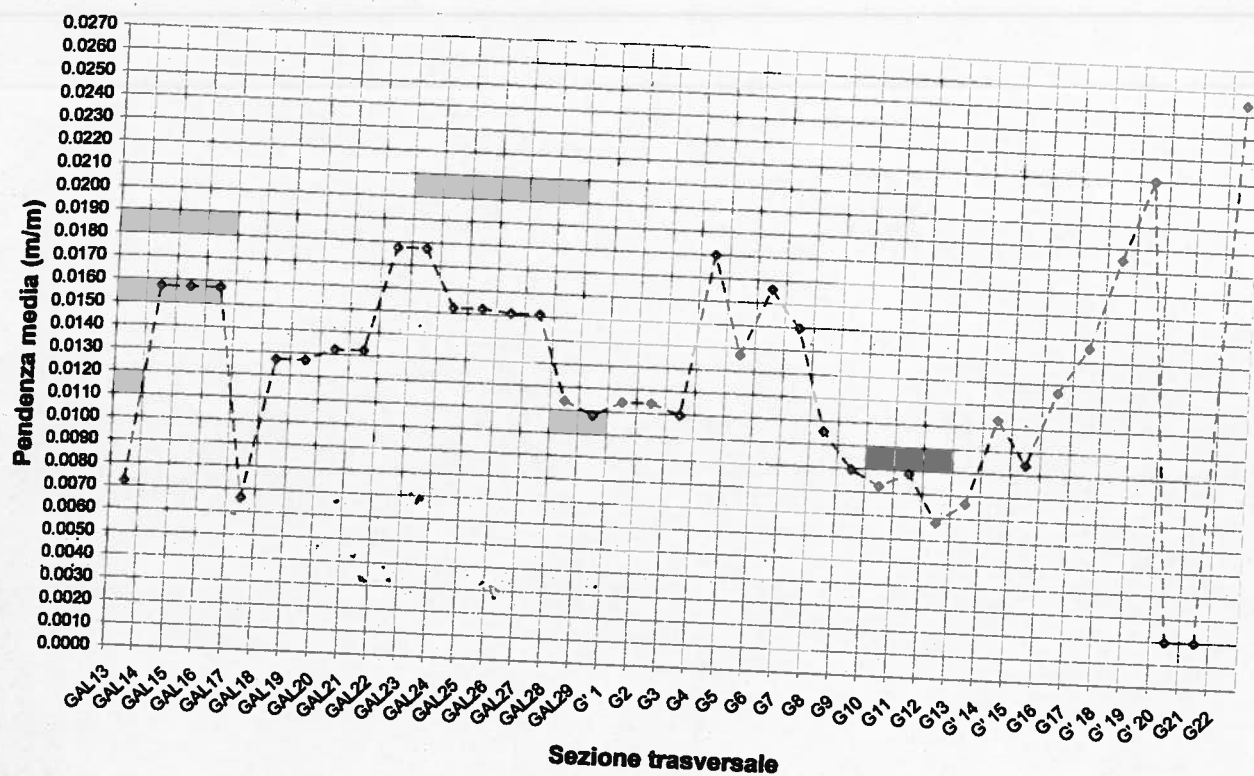


Figura 2-13.. Andamento della pendenza nel tratto compreso tra le sezioni GAL13 e G22.

La Figura 2-14 mostra come il torrente in studio, nel tratto rivestito, sebbene caratterizzato da sezione trasversale corrente rettangolare, non possa considerarsi idraulicamente prismatico (sezioni trasversali geometricamente identiche). La larghezza delle sezioni risulta generalmente compresa tra 10 e 11 m. Solo tre sezioni si discostano evidentemente da tale intervallo: si tratta della sezione G4 che ha una larghezza pari a 12.26 m e delle sezioni G9 e G'19 che, invece, hanno larghezza di 9.76 m e 9.62 m rispettivamente. Inoltre, le sezioni GAL 13, GAL 14 e GAL 15 (tratto non rivestito) hanno una larghezza significativamente più ampia e compresa tra 19 e 22 m.

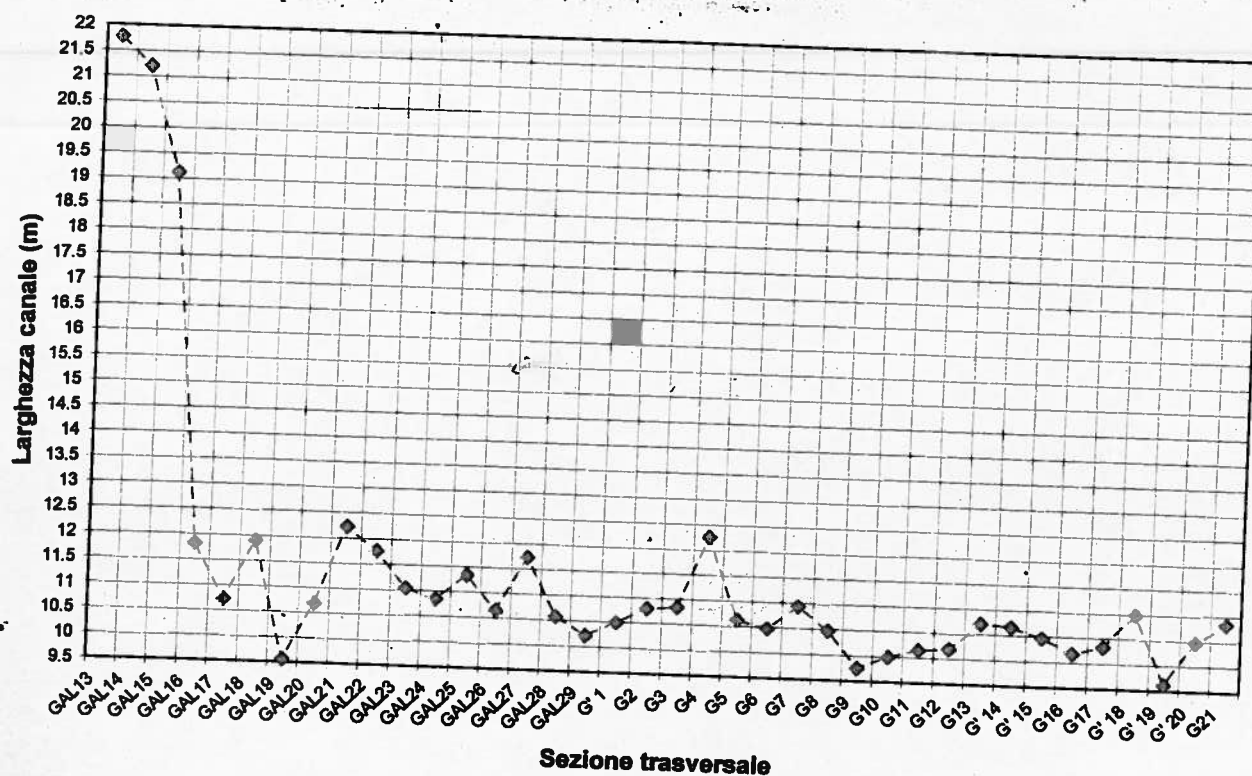


Figura 2-14. Andamento della larghezza delle sezioni trasversali nel tratto compreso tra le sezioni GAL13 e G21

Relativamente all'altezza delle sponde si possono distinguere due tratti: quello di monte compreso tra le sezioni GAL13 e GAL29 e quello di valle tra le sezioni GAL29 e G21. Nel tratto di monte le altezze delle sponde presentano una variabilità maggiore passando da un valore minimo di 1.9 m a un massimo di 6.22 m. Le sezioni del tratto di valle, invece, hanno altezza generalmente pari a 2 m eccezion fatta per le sezioni G4, G9, G10, G'15 e G'16 le quali presentano sponde di altezza inferiore (Figura 2-15).

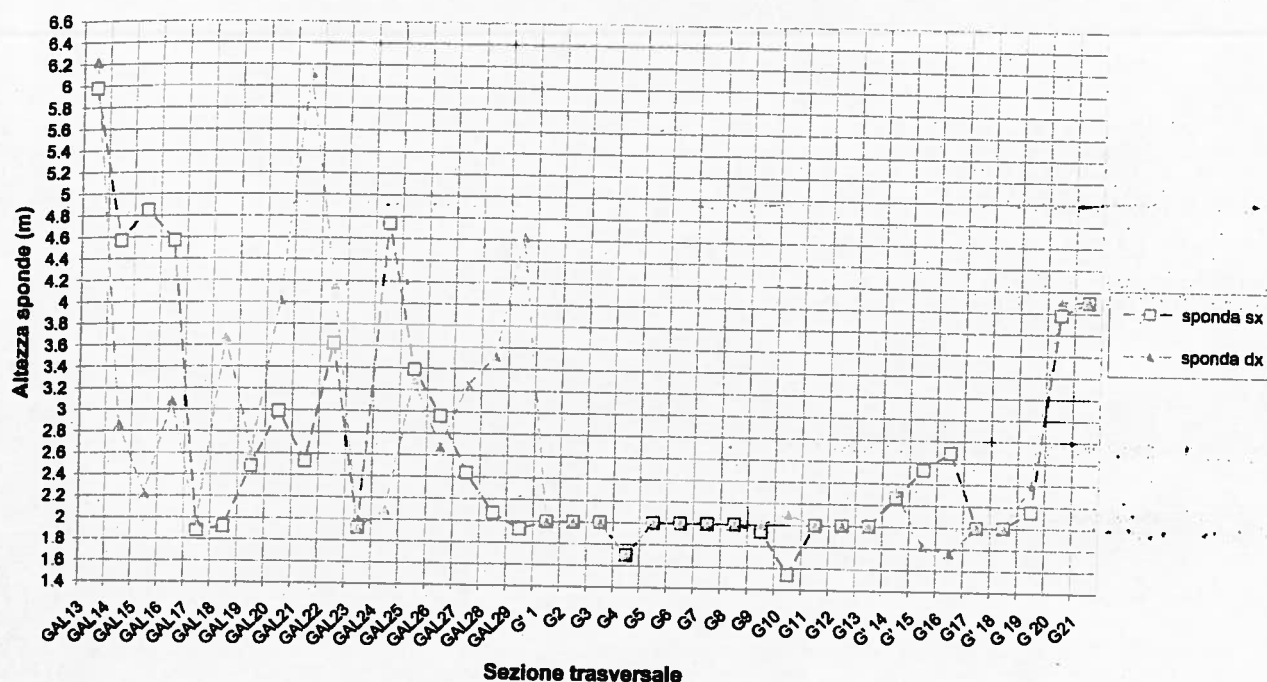


Figura 2-15. Andamento dell'altezza spondale del tratto compreso tra le sezioni GAL13 e G21

L'analisi dei grafici appena riportati consente alcune prime considerazioni circa i tronchi idraulicamente più critici. In particolare:

- lo studio circa l'andamento delle pendenze consente di poter ritenere che il canale in questione abbia una pendenza tale da generare correnti veloci o al più critiche. Nel tratto a valle del vecchio ponte ferroviario, però, tale pendenza si riduce drasticamente sicché è ragionevole ritenere che in tale tratto si generino correnti lente dotate di una minore capacità di trasporto rispetto a quelle che defluiscono nel tratto di monte. È quindi probabile che il tratto in questione possa diventare zona di deposito ed accumulo del materiale solido proveniente da monte. Vi è poi da ritenere che in condizioni di regime ed assenza di interventi manutentori, in tale tratto si vada a determinare una pendenza di fondo compatibile con quelle che sono le portate solide e liquide di "modellamento". Sulla base delle osservazioni di campo sembrerebbe che tale pendenza di equilibrio risulti prossima all'1% con la conseguente riduzione del salto a valle del vecchio ponte ferroviario da 1.5 m a circa 0.5 m;
- dall'analisi delle larghezze delle sezioni trasversali del canale si deduce che questo non possa ritenersi ragionevolmente prismatico. In particolare, vi sono delle sezioni ristrette quali la GAL19, la G9 e la G'19. Le sezioni GAL19 e G9 appaiono più critiche dal momento che è probabile che le correnti a monte di esse siano veloci e quindi per effetto di tali restringimenti le correnti stesse tenderebbero a rigonfiare con conseguente innalzamento dei tiranti idrici ed aumento del rischio di esondazione. Meno critica appare invece la sezione G'19 poiché si tratterebbe di un restringimento in un tratto d'alveo a debole pendenza. Anzi, ciò comporterebbe una accelerazione (benefica) della corrente che in questo modo incrementerebbe la propria capacità di trasporto in un tratto destinato invece ad essere piazza di deposito;
- dall'analisi circa l'andamento delle quote delle sommità spondali nel tratto completamente rivestito emerge come le sezioni più critiche siano la: G4 (sia in sponda dx che sx), G9

(sponda sx); G10 (sponda sx), G'15 (sponda dx) e G'16 (sponda dx). Intrecciando tale informazione con quelle precedenti, emerge un'amplificazione del grado di rischio associato alle sezioni G9 e G10. Anche le restanti, e soprattutto la G4 e la G'16, presentano un grado di rischio di esondazione elevato. Con riferimento al tratto compreso fra le sezioni GAL13 e GAL29, le sezioni più a rischio risulterebbero le seguenti: GAL17 (sia sponda dx che sx), GAL18 (sponda sx) GAL23 (sia sponda dx che sx) e GAL29 (sponda sx).

2.3 TIRANTI IDRICI E CARATTERISTICHE CINEMATICHE DELLA CORRENTE IN CONDIZIONI DI MOTO UNIFORME

Ai fini di un ulteriore approfondimento della valutazione del rischio idraulico, si è proceduto al calcolo dei tiranti idrici di moto uniforme in corrispondenza delle sezioni trasversali rilevate nel tratto compreso tra le sezioni GAL7 (attraversamento della strada che conduce al Seminario Maggiore) e GAL34 (ponte della Strada Statale 94) facendo riferimento alle sole sezioni rilevate dall'Ufficio Tecnico del Comune di Potenza nel 2005 (sezioni G1-G23) e alle sezioni rilevate per conto dell'Autorità di Bacino della Basilicata (GAL1-GAL35). Inoltre, si è tenuto conto delle opere in fase di attuazione e principalmente consistenti nella riattivazione della campata più in destra dell'attraversamento della SS 94, quale ulteriore luce di deflusso delle portate del Torrente Gallitello. Per ciascuna di tali sezioni, sono stati considerati diversi valori della portata e del coefficiente di scabrezza. In particolare, per il tratto non rivestito compreso fra le sezioni GAL7 e GAL17 si è assunto un coefficiente di scabrezza di Strickler K_S pari a $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ sia in alveo che sui piani golenali, mentre nel tratto rivestito compreso tra le sezioni GAL17 e GAL34 si sono considerate le seguenti due situazioni: (a) coefficiente di scabrezza di Strickler K_S pari a $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ sia in alveo che sui piani golenali (prolungata assenza di interventi di pulizia d'alveo); (b) K_S pari a $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ in alveo e pari a $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ sui piani golenali (condizioni di ordinaria manutenzione). Per quel che riguarda la portata si è fatto riferimento ai valori calcolati utilizzando il modello razionale (con tempo di ritardo stimato attraverso la formula di Fiorentino e Iacobellis) considerando tempi di ritorno T pari a 25 e 200 anni.

Ai fini di una preliminare valutazione del rischio di esondazione, il tirante di moto uniforme (h_u) è stato confrontato con la quota delle sponde (h_s). Le figure seguenti sintetizzano i risultati ottenuti dal confronto.

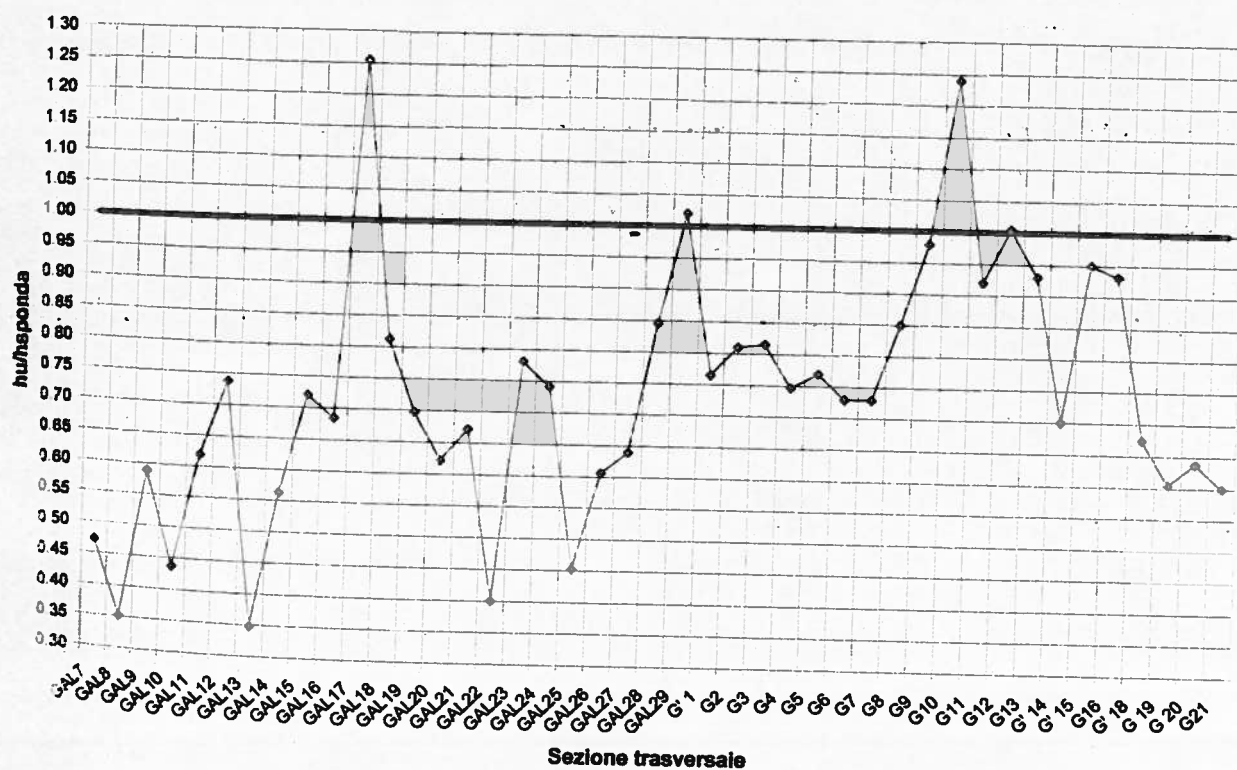


Figura 2-16. Tronco compreso tra le sezioni GAL7 e G21: rapporto tra altezza di moto uniforme e altezza delle sponde per Q_{25} e coefficiente di scabrezza di Manning $n = 0.040 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$.

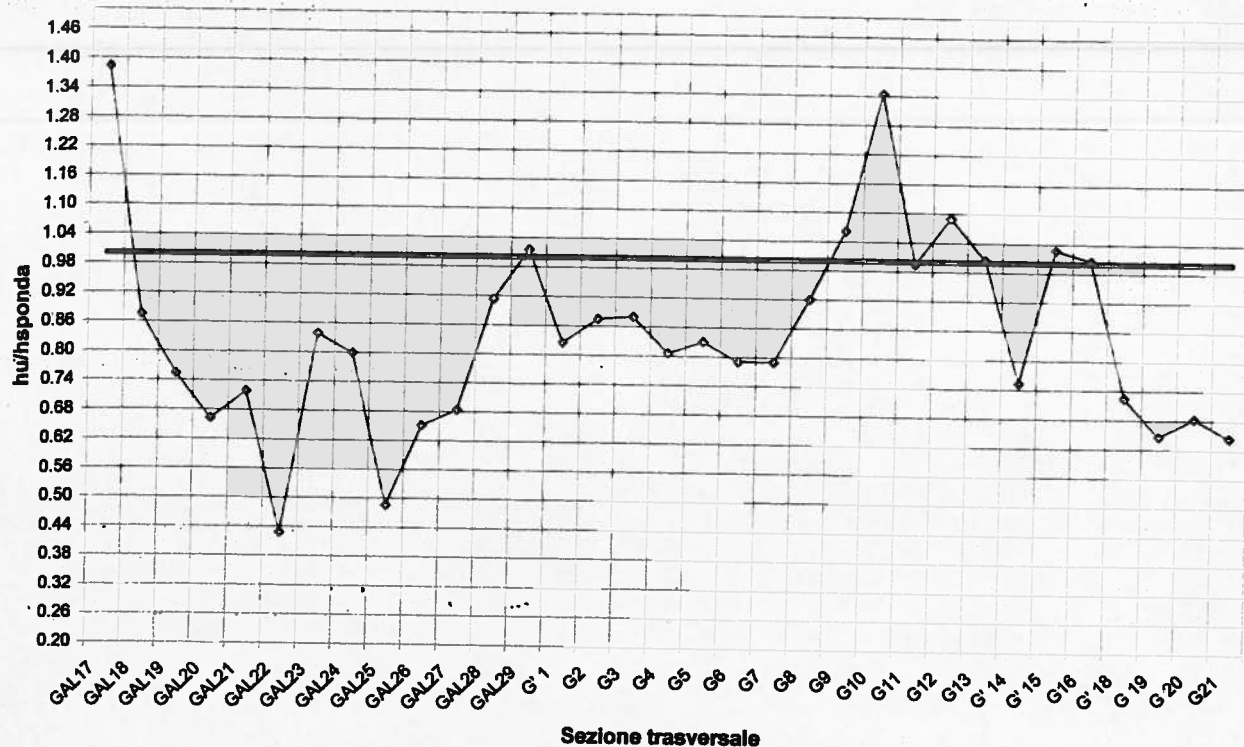


Figura 2-19. Tronco rivestito compreso tra le sezioni GAL17 e G21: rapporto tra altezza di moto uniforme e altezza delle sponde per Q_{200} e coefficiente di scabrezza di Manning $n = 0.025 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$

I diagrammi appena riportati inducono alle seguenti considerazioni:

- con riferimento all'intero tratto compreso tra le sezioni GAL7 e GAL34 (o G21) e nell'ipotesi di canale rivestito con molta vegetazione ($n = 0.040 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$) le portate di piena con periodo di ritorno $T=25$ anni determinerebbero esondazioni nelle seguenti sezioni del tronco rivestito: GAL17, G10 e GAL29. Con riferimento invece al tronco non rivestito la sezione più critica apparirebbe la GAL12 per la presenza nei suoi dintorni di cabine elettriche ed aree di parcheggio. Vi è poi da aggiungere la potenziale vulnerabilità, emersa in fase di sopralluogo, delle aree coltivate in sponda sx e comprese fra le sezioni GAL9 e GAL10. Per $T=200$ anni oltre alle sezioni appena elencate, risulta a rischio gran parte del canale rivestito eccezion fatta per i tratti compresi tra le sezioni GAL13 e GAL16, GAL21 e GAL22, GAL25 e GAL27 e per il tratto prossimo alla sezione G19. Emerge quindi l'importanza di regolari interventi di pulizia d'alveo soprattutto nel tratto in cui esso risulta rivestito;
- nell'ipotesi di canale rivestito in condizioni di ordinaria manutenzione ($n = 0.025 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$) ed assenza quindi di arbusti e/o depositi tali da aumentarne la scabrezza, le portate di piena con periodo di ritorno $T=25$ anni risultano essere interamente convogliate all'interno dell'alveo senza esondazione alcuna. Nel caso invece di eventi di piena più gravosi ($T = 200$ anni) le sezioni che appaiono evidentemente critiche sono la GAL17 e la G10. Per la GAL17 tale criticità scaturisce sia dalla ridotta pendenza che della modesta altezza delle sponde. Per la G10, invece, il rischio di esondazione è connesso esclusivamente alla ridotta larghezza. Inoltre, anche le sezioni G12, G9, G15 e GAL29 (riportate in ordine di rischio decrescente) rientrerebbero fra quelle soggette ad esondazione.

2.4 SIMULAZIONI NUMERICHE CON MODELLO UNIDIMENSIONALE

Quale ulteriore approfondimento dei fenomeni idraulici sul tratto del Torrente Gallitello in studio sono state effettuate alcune simulazioni numeriche con modello unidimensionale. In particolare, si è utilizzato il software HEC-RAS (River Analysis System) sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center (HEC) per conto dell'U.S. Army Corps of Engineers⁹.

Qui di seguito vengono riportati i grafici relativi ai profili idrici longitudinali per i valori delle portate Q_{20} e Q_{200} assumendo un coefficiente di Strickler $K_s = 40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ nel caso del tratto rivestito (dalla sezione GAL17 alla sezione GAL34) e $K_s = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per il tratto di monte compreso tra le sezioni GAL7 e GAL17. Ciò presuppone condizioni di ordinaria manutenzione per il tratto rivestito.

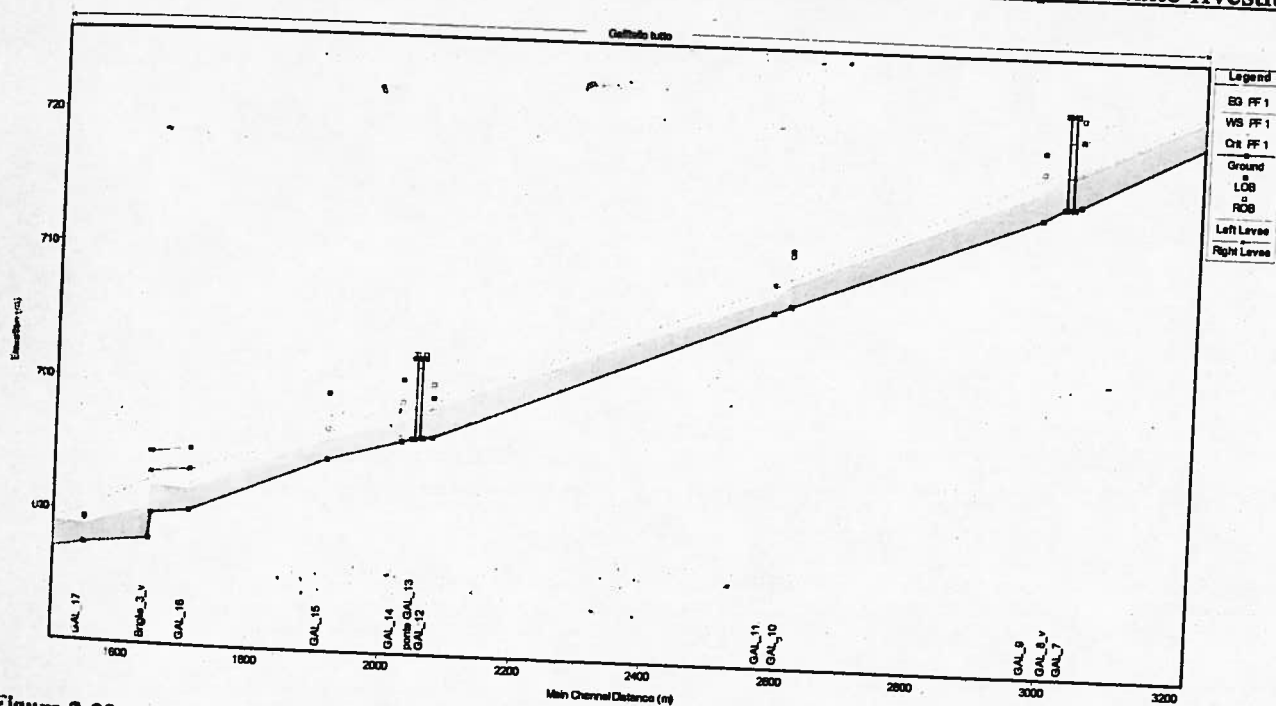


Figura 2-20. Profilo longitudinale del fondo alveo per il tratto compreso tra le sezioni GAL7 e GAL17 per $T = 20$ anni. L'immagine è stata ottenuta da una simulazione numerica con il software HEC-RAS

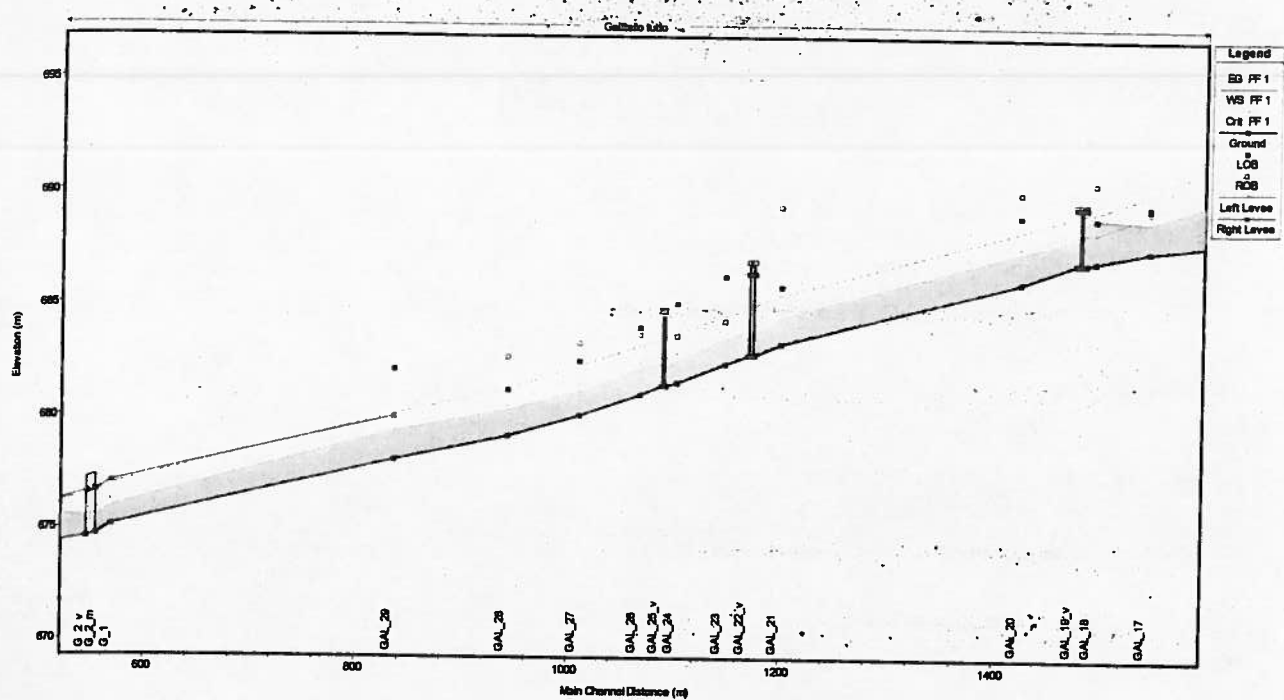


Figura 2-21. Profilo longitudinale del fondo alveo per il tratto compreso tra le sezioni GAL17 e G1 per T = 20 anni. L'immagine è stata ottenuta da una simulazione numerica con il software HEC-RAS

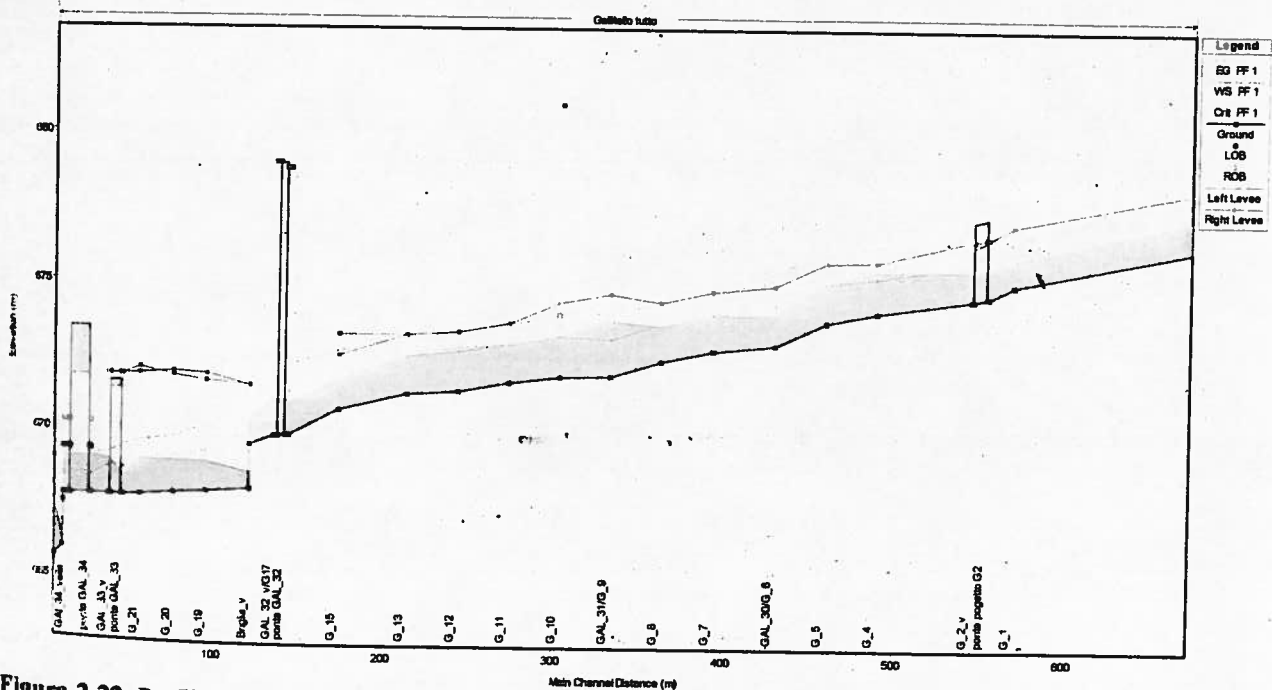


Figura 2-22. Profilo longitudinale del fondo alveo per il tratto compreso tra le sezioni G1 e GAL34 per T = 20 anni. L'immagine è stata ottenuta da una simulazione numerica con il software HEC-RAS

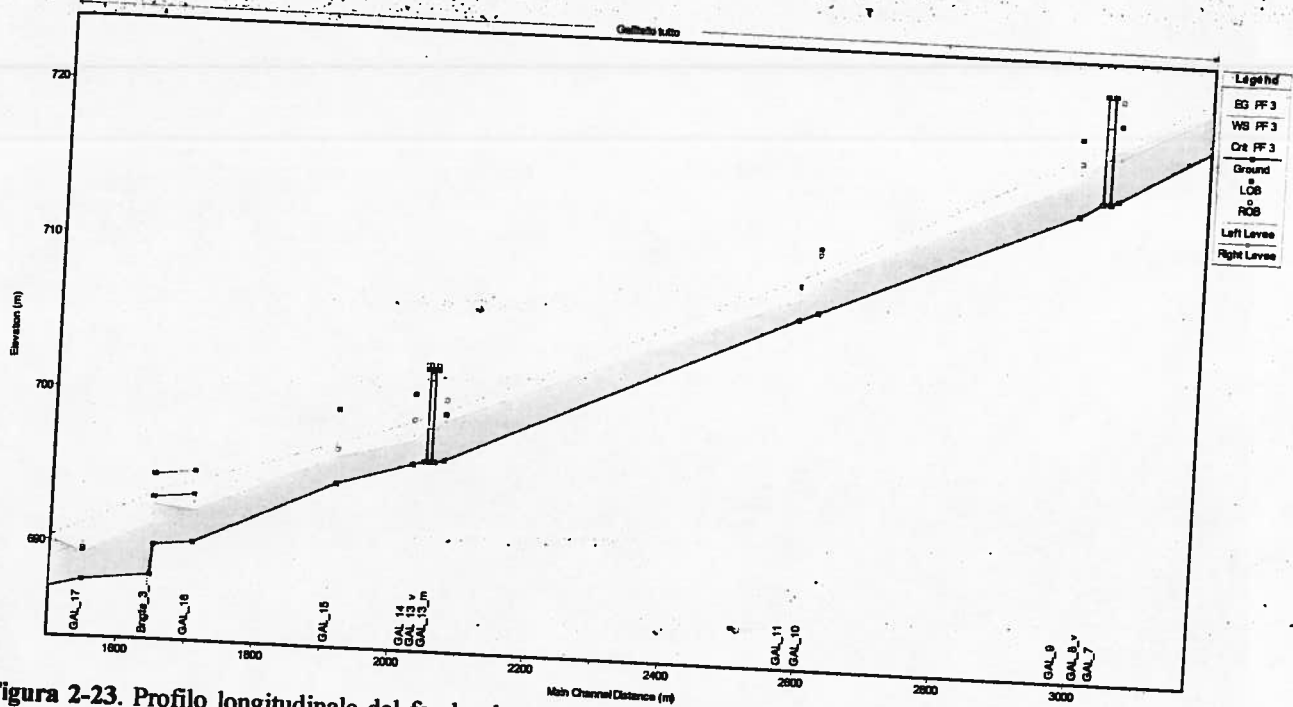


Figura 2-23. Profilo longitudinale del fondo alveo per il tratto compreso tra le sezioni GAL7 e GAL17 per T = 200 anni. L'immagine è stata ottenuta da una simulazione numerica con il software HEC-RAS

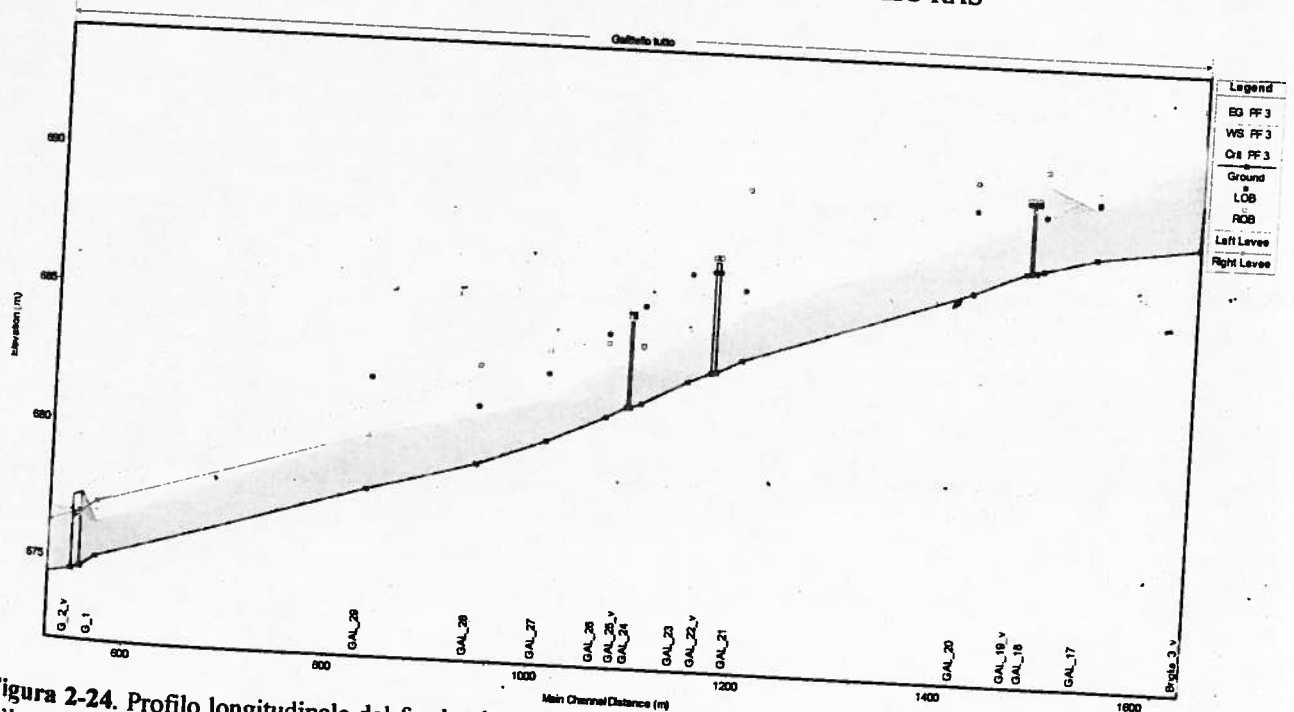


Figura 2-24. Profilo longitudinale del fondo alveo per il tratto compreso tra le sezioni GAL17 e G1 per T = 200 anni. L'immagine è stata ottenuta da una simulazione numerica con il software HEC-RAS

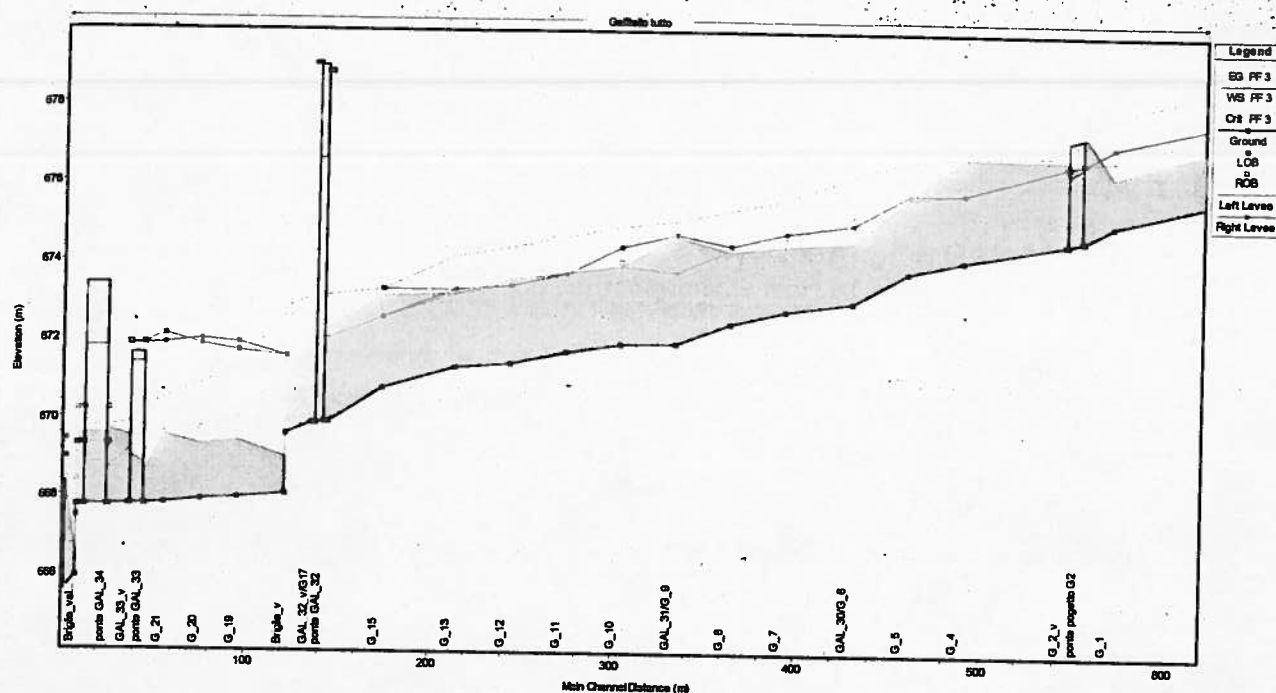


Figura 2-25. Profilo longitudinale del fondo alveo per il tratto compreso tra le sezioni G1 e GAL34 per $T = 200$ anni. L'immagine è stata ottenuta da una simulazione numerica con il software HEC-RAS

I profili riportati nelle figure precedenti confermano, ed approfondiscono ovviamente, i risultati descritti nei precedenti paragrafi. In particolare, da tali profili si evince quanto segue:

(a) $T=20$ anni

- I tratti più critici comprendono quelli già evidenziati applicando le formule del moto uniforme. In particolare, la sezione GAL12 risulterebbe critica per la presenza nei suoi dintorni ed in sponda destra di cabine elettriche ed aree di parcheggio. Vi è poi da aggiungere la potenziale vulnerabilità, emersa soprattutto in fase di sopralluogo, delle aree coltivate in sponda sx e comprese fra le sezioni GAL9 e GAL10. In aggiunta a tali sezioni va considerato il tratto compreso tra le sezioni GAL18 e GAL19 in cui si avrebbe una sia pur modesta esondazione in sponda sx a causa del rigurgito, in questo caso marcato, esercitato dall'attraversamento con pila in alveo nella sezione GAL19;
- Generalmente la corrente risulta (debolmente) veloce con numeri di Froude molto prossimi all'unità. Soltanto nel tratto terminale, immediatamente a monte del salto di fondo in corrispondenza della SS94, si è in presenza di una corrente lenta per effetto della contenuta pendenza di fondo;
- Gli attraversamenti in corrispondenza delle sezioni GAL 7 (ponte sulla strada che conduce al Seminario Maggiore) e GAL13 determinano soltanto deboli fenomeni di rigurgito.

(b) $T=200$ anni

- I tratti più critici comprendono quelli già evidenziati per $T=200$ anni. In particolare, la sezione GAL12 risulterebbe critica per la presenza nei suoi dintorni di cabine elettriche ed aree di parcheggio. A rischio di esondazione sono pure le aree coltivate in sponda sx e comprese fra le sezioni GAL9 e GAL10. In aggiunta a tali sezioni va considerato il tratto compreso tra le sezioni GAL17, GAL18 e GAL19 in cui si avrebbe una significativa esondazione in sponda sx principalmente a causa del rigurgito indotto dall'attraversamento con pila in alveo nella sezione GAL19. Ulteriori tratti a rischio di esondazione sono i tratti

compresi tra le sezioni G1 e G2 e le sezioni G2 e G5. I profili idrici che si realizzerebbero in tali tratti sono dovuti all'attuale configurazione plano-altimetrica dell'alveo e solo marginalmente influenzati dall'attraversamento in fase di realizzazione. Ulteriori sezioni a rischio sono quelle del tratto compreso fra le sezioni G8 e G15 e la sezione GAL29.

- Anche in questo caso la corrente risulta generalmente veloce sebbene con numeri di Froude poco discosti dall'unità;
- Gli attraversamenti in corrispondenza delle sezioni GAL 7 e GAL 13 determinerebbero fenomeni di rigurgito sebbene non particolarmente marcati.

Nelle figure seguenti si riportano, in dettaglio, i grafici relativi ai tratti risultati a maggiore rischio di esondazione. Inoltre, nell'Allegato D si riportano tutte le sezioni trasversali con le relative quote d'alveo, idriche ed energetiche.

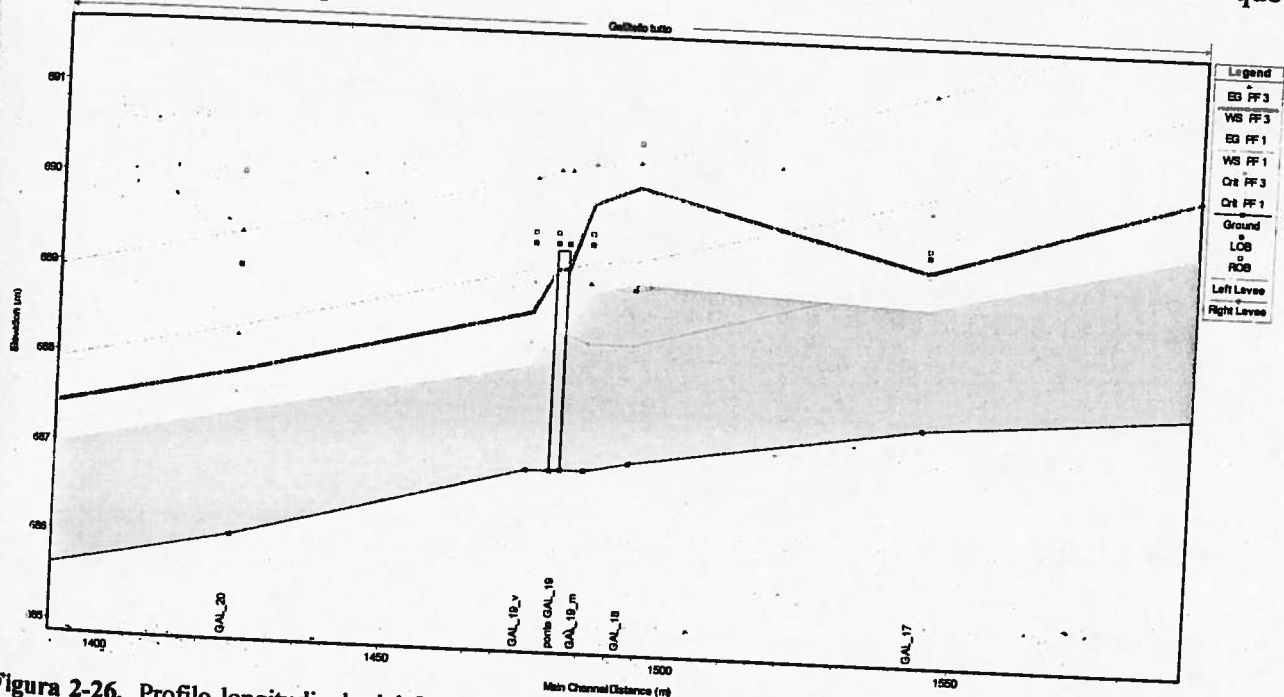


Figura 2-26.. Profilo longitudinale del fondo alveo per il tratto in corrispondenza della sezione GAL19 per $T = 20$ e 200 anni. L'immagine è stata ottenuta da una simulazione numerica con il software HEC-RAS. Le linee con simboli rappresentano le quote dei muri di sponda



Figura 2-27.. Profilo longitudinale del fondo alveo per il tratto in corrispondenza della sezione GAL29 per T = 20 e 200 anni. L'immagine è stata ottenuta da una simulazione numerica con il software HEC-RAS. Le linee con simboli rappresentano le quote dei muri di sponda

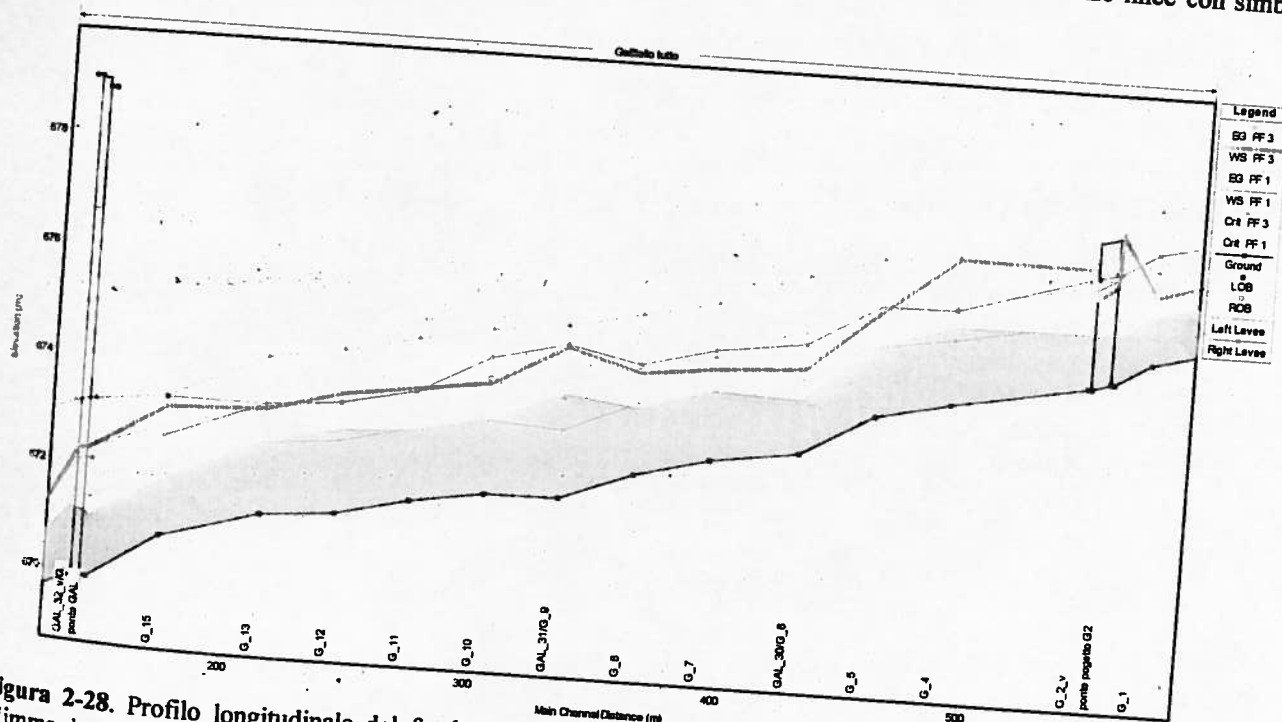


Figura 2-28. Profilo longitudinale del fondo alveo per il tratto tra le sezioni G1 e G15 per T = 20 e 200 anni. L'immagine è stata ottenuta da una simulazione numerica con il software HEC-RAS. Le linee con simboli rappresentano le quote dei muri di sponda

3 VALUTAZIONE DELLE AREE URBANE SOTTOPOSTE A RISCHIO DI INONDAZIONE

Nel presente capitolo viene affrontata l'analisi idraulica del torrente Gallitello con l'utilizzo di modelli idrodinamici più sofisticati. L'obiettivo di tale capitolo, infatti, consiste nella delimitazione con un elevato livello di affidabilità, delle aree di esondazione dello stesso torrente Gallitello nello stato di fatto.

In particolare l'analisi è finalizzata alla individuazione puntuale delle aree soggette a possibile esondazione per un evento di piena con tempo di ritorno di 200 anni relativamente alla configurazione attuale del corso d'acqua in esame.

Per "configurazione attuale del corso d'acqua" si intende anche la realizzazione del progetto del "nodo complesso del Gallitello" attualmente (ottobre 2007) in fase di esecuzione.

L'analisi idraulica viene effettuata mediante l'utilizzo dei seguenti modelli:

- "MIKE 11 GIS" del Danish Hydraulic Institute (DHI) Water & Environment;
- "Modello di inondazione in area urbana", sviluppato nell'ambito delle attività di ricerca del gruppo di Costruzioni Idrauliche del Dipartimento di Ingegneria e Fisica dell'Ambiente dell'Università degli Studi della Basilicata (Sole e Zuccaro, 2004).

Tali modelli sono stati sviluppati con l'intento di simulare il deflusso dell'onda di piena sia all'interno di un generico corso d'acqua che, in modo particolare, la fase di espansione dell'onda all'esterno. Il primo dei due, infatti, utilizza un modello digitale del terreno (DTM) per la simulazione della propagazione della piena, il secondo, invece, è più specifico per l'analisi idraulica in aree urbane in quanto utilizza una rete di nodi e canali con cui è schematizzato il territorio urbano circostante.

Per la presente analisi idraulica sono stati utilizzati i seguenti dati forniti dal Comune di Potenza:

- il rilievo delle sezioni trasversali del torrente Gallitello;
- il rilievo delle strade, parallele al torrente, di via del Gallitello (in sponda sinistra idraulica) e di via Isca del Pioppo (in destra);
- il modello digitale del terreno del Comune con celle di dimensione di 10×10 m;
- il progetto esecutivo del nodo complesso del Gallitello;
- il rilievo aerofotogrammetrico in scala 1:2.000 del Comune di Potenza.

3.1 MODELLO DI INONDAZIONE IN AREA URBANA (SOLE E ZUCCARO, 2004).

Tale modello è costituito da tre moduli integrati tra loro:

- il modulo di deflusso in alveo, che si simula il deflusso monodimensionale all'interno del corso d'acqua;
- il modulo di deflusso in area urbana, che simula il deflusso quasi-bidimensionale all'esterno del corso d'acqua, nel territorio urbano circostante;
- il modulo GIS, che consente di integrare tra loro gli altri due moduli, di analizzare i dati in ingresso e di restituire i risultati.

Come precisato in precedenza, tale modello è stato ideato per la simulazione del deflusso delle onde di piena in un territorio urbano che viene schematizzato mediante una rete di "nodi", rappresentativi degli spazi aperti, collegati tra loro da "canali", rappresentativi delle strade.

Dal punto di vista idraulico i nodi si comportano come una sorta di "serbatoi" in grado di immagazzinare e rilasciare parte dei volumi di acqua esondati, mentre i canali hanno il compito di trasferire tali volumi fra i vari nodi della rete.

Per tali ragioni è di fondamentale importanza la definizione della rete di nodi e canali che deve basarsi su dati territoriali omogenei. Nel caso del torrente Gallitello tale rete è stata ricavata in base alle informazioni, fornite dal Comune di Potenza, ed elencate in precedenza. Nella seguente figura, ad esempio, è visibile il modello digitale del terreno della zona del Gallitello.

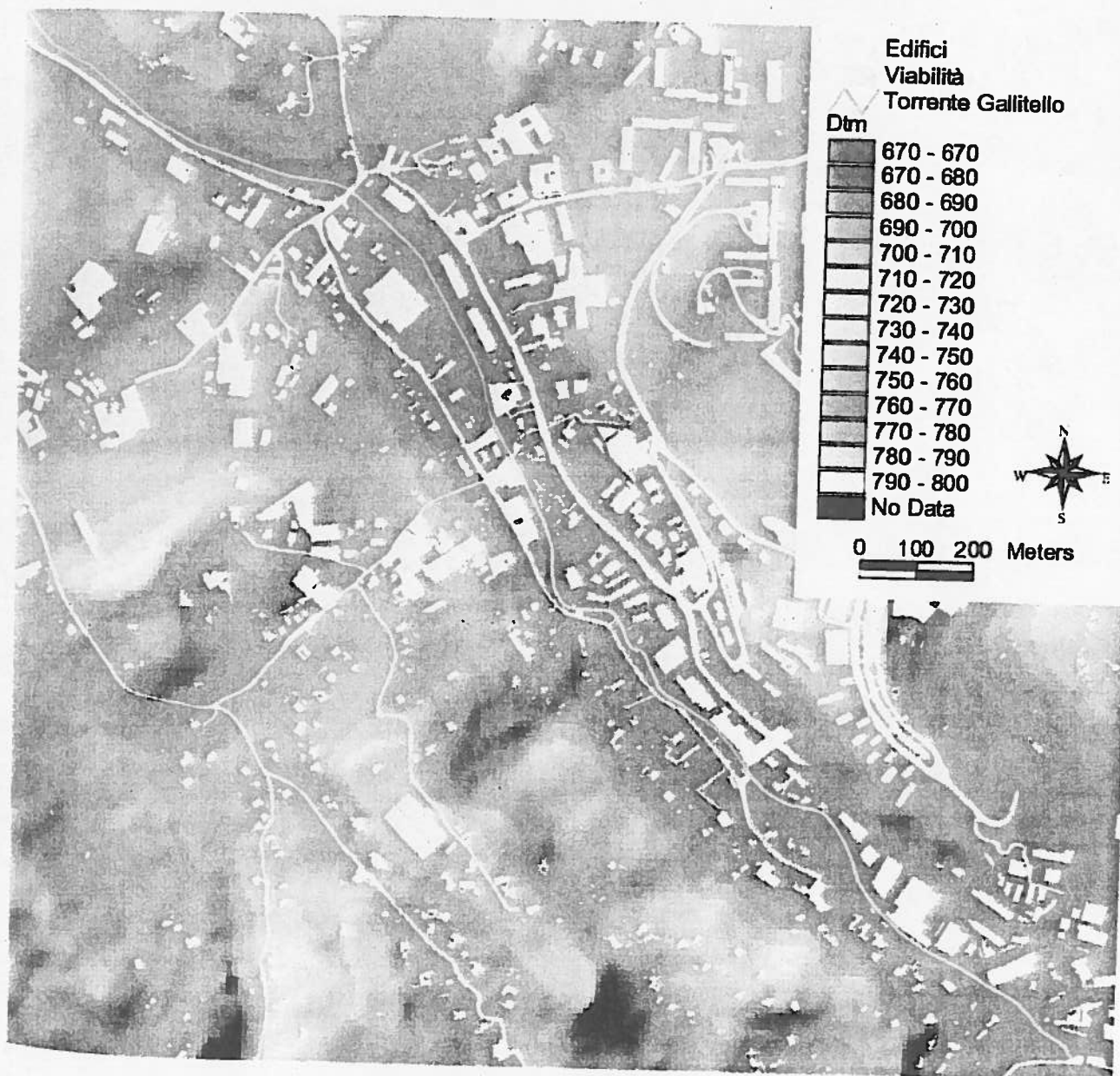


Figura 3-1. Modello digitale del terreno.

Tra i dati forniti dal Comune di Potenza è stata notata una discrepanza in termini di quote tra il rilievo delle strade ed il DTM. In fase di impostazione del modello è stato necessario ricavare il valore della quota di ogni nodo, ma si è preferito utilizzare, come fonte dei valori altimetrici, il rilievo delle strade perché ritenuto più cautelativo (in quanto fornisce quote generalmente inferiori al DTM) e più coerente con il rilievo delle sezioni trasversali (in quanto effettuato dalla stessa ditta) e perché non contiene dati interpolati.

Nella figura seguente è visualizzata l' area che è stata presa in considerazione per la presente analisi idraulica.

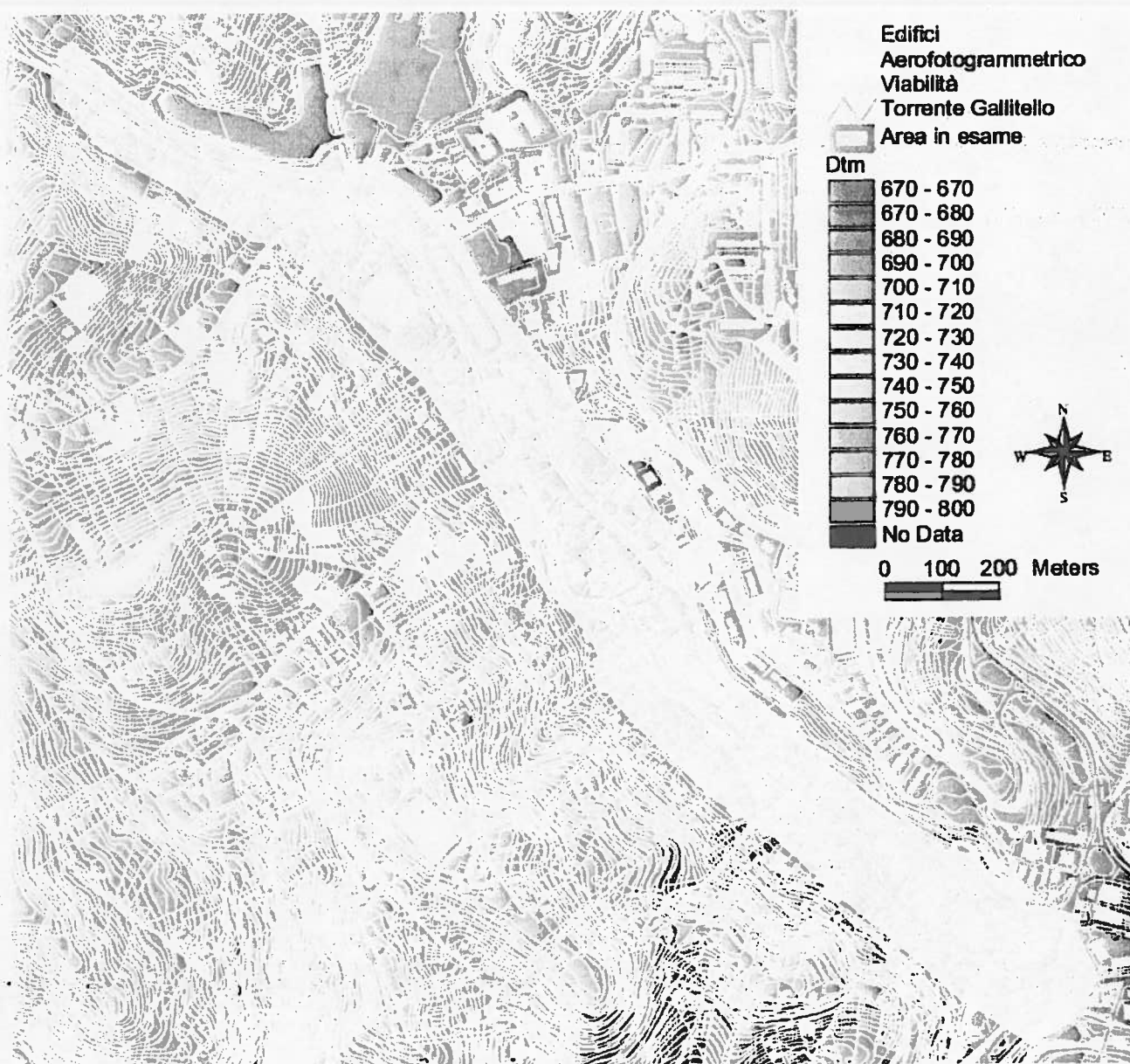


Figura 3-2. Area del Gallitello in esame.

All' interno di tale area è stata ricostruita la rete di nodi e canali visibile nella figura 3. Come è possibile osservare da tale figura, i nodi sono stati posizionati in corrispondenza delle aree aperte lasciate dagli edifici. I canali, invece, sono rappresentativi degli spazi tra due edifici che consentono il deflusso dei volumi di acqua esondati dal torrente.

Nella stessa figura sono indicate anche le posizioni delle sezioni trasversali utilizzate per la simulazione del deflusso dell' onda di piena all' interno dell' alveo del torrente Gallitello.

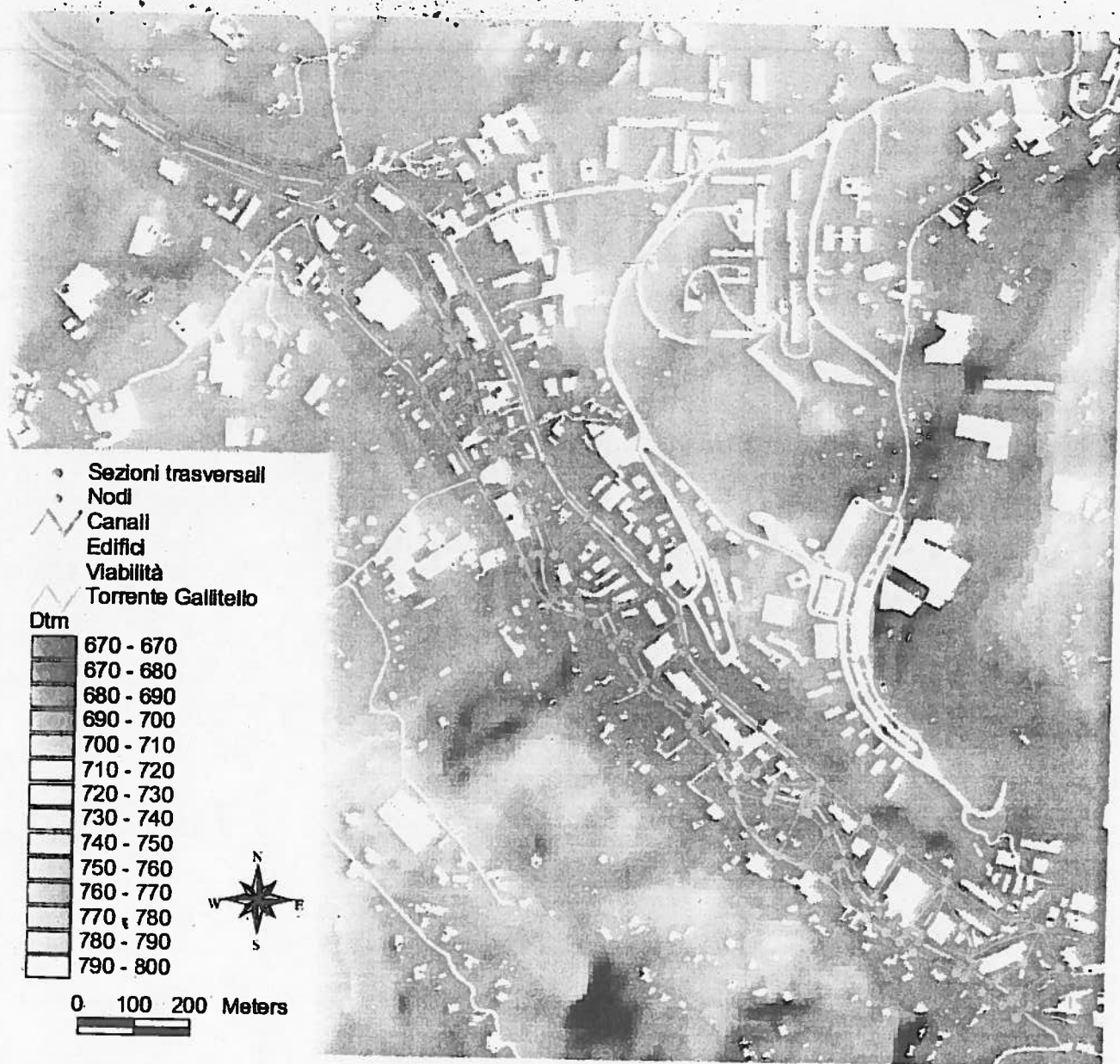


Figura 3-3. Rete di nodi e canali.

Ad ogni nodo della rete è stata associata un' "area afferente" che rappresenta la superficie della sezione del serbatoio corrispondente, valutata con il metodo dei topoi. Naturalmente nel computo di ogni area è stata sottratta l' estensione degli edifici ricadenti al suo interno. Nella figura 4 sono mostrate le aree afferenti per ciascun nodo.

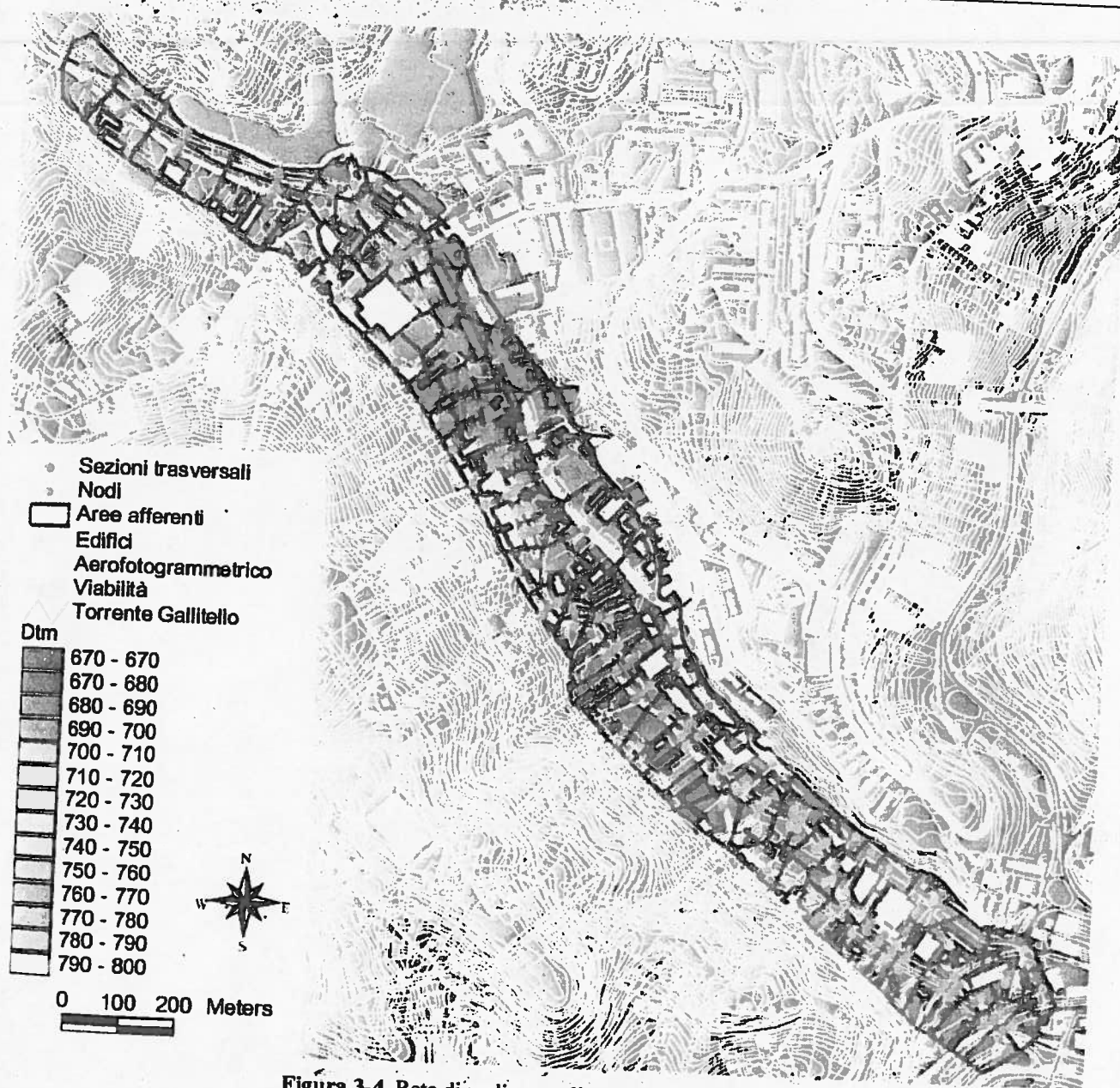


Figura 3-4. Rete di nodi e canali con le aree afferenti.

Per la simulazione del deflusso in alveo è stato impostato il modulo corrispondente con i seguenti dati:

- come condizione al contorno di monte è stato impostato l' idrogramma sintetico visualizzato nella figura 3-5 e ricavato a partire dalla formulazione di Fiorentino e Margiotta (1998) per un evento di piena con tempo di ritorno di 200 anni;
- come condizione al contorno di valle è stata impostata una scala di deflusso nell' ipotesi di stato critico della corrente dato che l' ultima sezione di valle è situata su una briglia con un salto di circa 1.80 m nei pressi della confluenza nel fiume Basento;
- come parametro di scabrezza è stato utilizzato il coefficiente di Gauckler-Strickler variabile da un minimo di $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ nella zona di monte fino ad un massimo di $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ nella zona canalizzata di valle, anche tenendo conto delle valutazioni descritte al capitolo successivo.

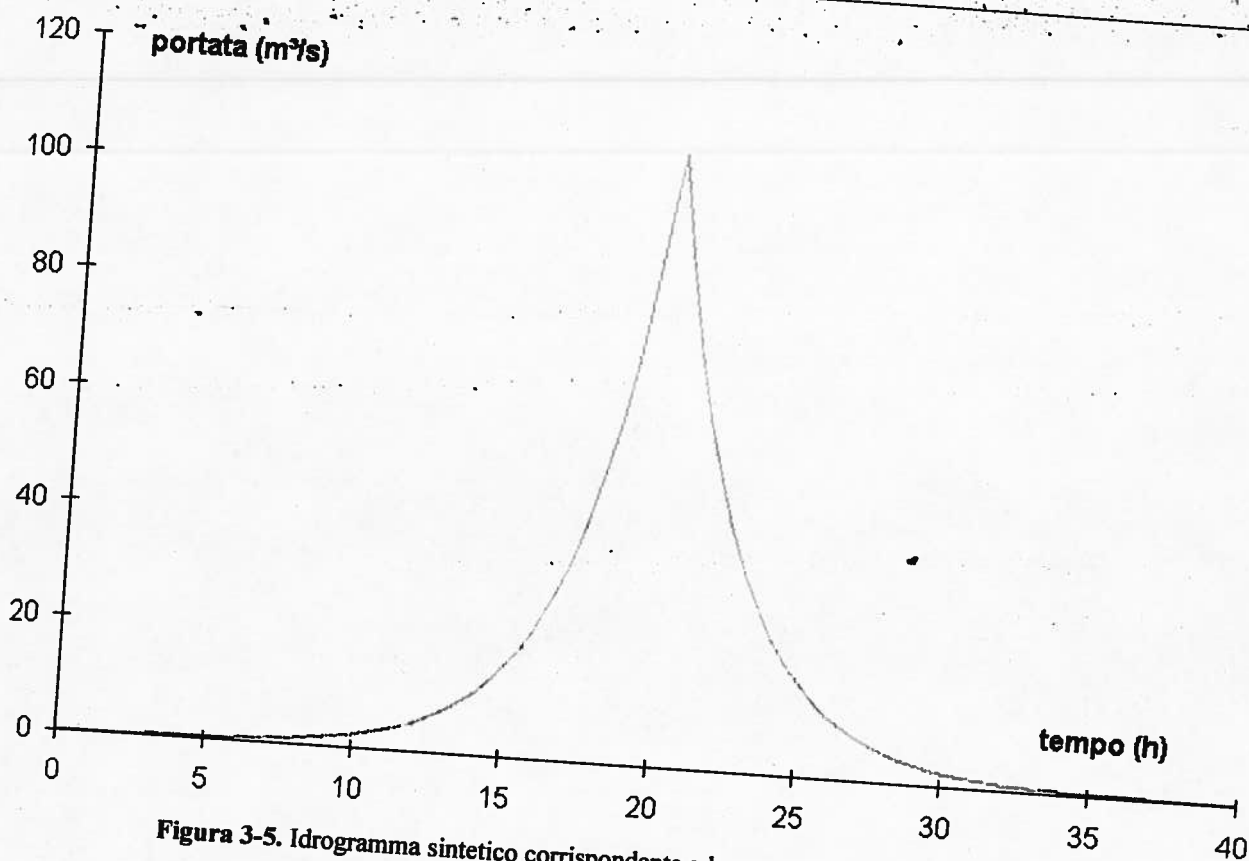


Figura 3-5. Idrogramma sintetico corrispondente ad un tempo di ritorno di 200 anni.

Nella tabella seguente è presente l'elenco delle sezioni trasversali con l'indicazione della progressiva e del coefficiente di scabrezza utilizzato.

sezione	progressiva (m)	scabrezza ($m^{1/3}/s$)
GAL11	1619.00	20
GAL47	1725.00	20
GAL48	1842.00	20
GAL49	2028.00	25
GAL12	2132.00	25
GAL14	2178.00	25
GAL15	2290.00	25
GAL50	2307.00	25
GAL51	2389.00	25
GAL52	2470.00	25
GAL53	2486.00	25
GAL16	2497.00	25
GAL54	2550.00	30
GAL57	2611.00	30
GAL17	2658.00	30
GAL58	2673.00	30
GAL18	2709.00	30
GAL19	2722.00	30
GAL20	2779.00	30
GAL61	2815.00	30
GAL62	2859.00	30
GAL63	2922.00	30

sezione	progressiva (m)	scabrezza (m ^{1/3} /s)
GAL21	3003.00	30
GAL23	3056.00	30
GAL24	3101.00	30
GAL65	3166.00	40
GAL66	3205.00	40
GAL28	3260.00	40
GAL67	3321.00	40
GAL29	3368.00	40
GAL68	3389.00	40
GAL69	3461.00	40
GAL70	3502.00	40
GAL71	3580.00	40
G1	3633.00	40
G2	3648.00	40
G4	3713.00	40
GAL30/G6	3773.00	40
G8	3839.00	40
G10	3899.00	40
G11	3929.00	40
G12	3959.00	40
G13	3989.00	40
GAL32/G17	4058.00	40
G18	4081.00	40
G20	4127.00	40
GAL34	4176.00	40
BRIGLIA	4194.00	40

Tabella 3-1. Sezioni trasversali utilizzate per la descrizione dell' alveo del torrente Gallitello.

I risultati forniti dal modello sono visualizzati nella figura 3-6, nella quale sono evidenziate le aree allagabili per un evento con tempo di ritorno di 200 anni.

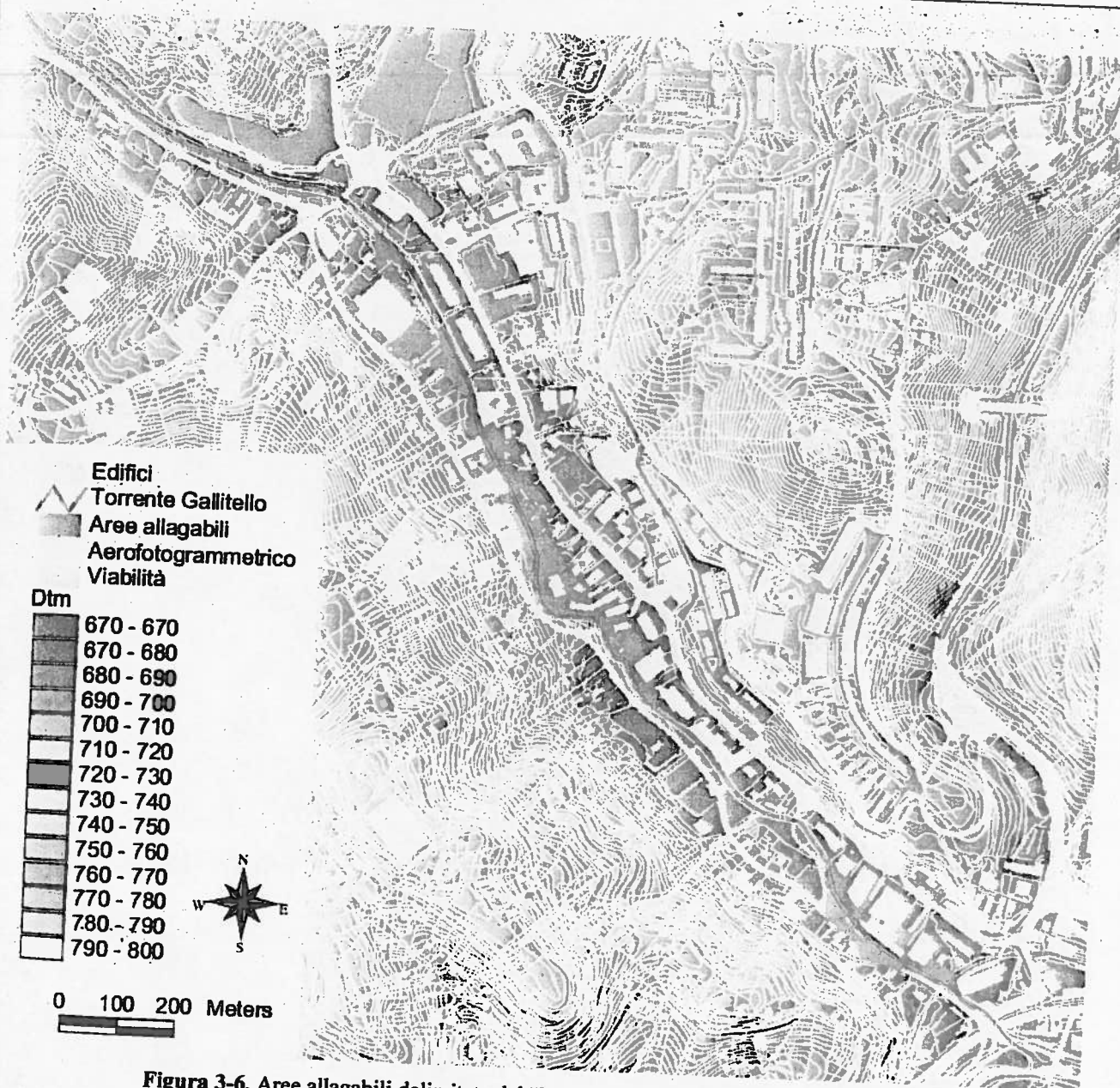


Figura 3-6. Aree allagabili delimitate dal "Modello di inondazione in area urbana".

Come è possibile osservare nella figura precedente il Torrente Gallitello presenta delle difese spondali insufficienti in almeno quattro punti. In tali zone, infatti, è altamente probabile un' esondazione del corso d' acqua con conseguente allagamento delle aree circostanti, in accordo con quanto rilevato nello studio dello stato di fatto descritto al capitolo successivo.

Nelle figure successive è mostrato un dettaglio delle aree allagabili.

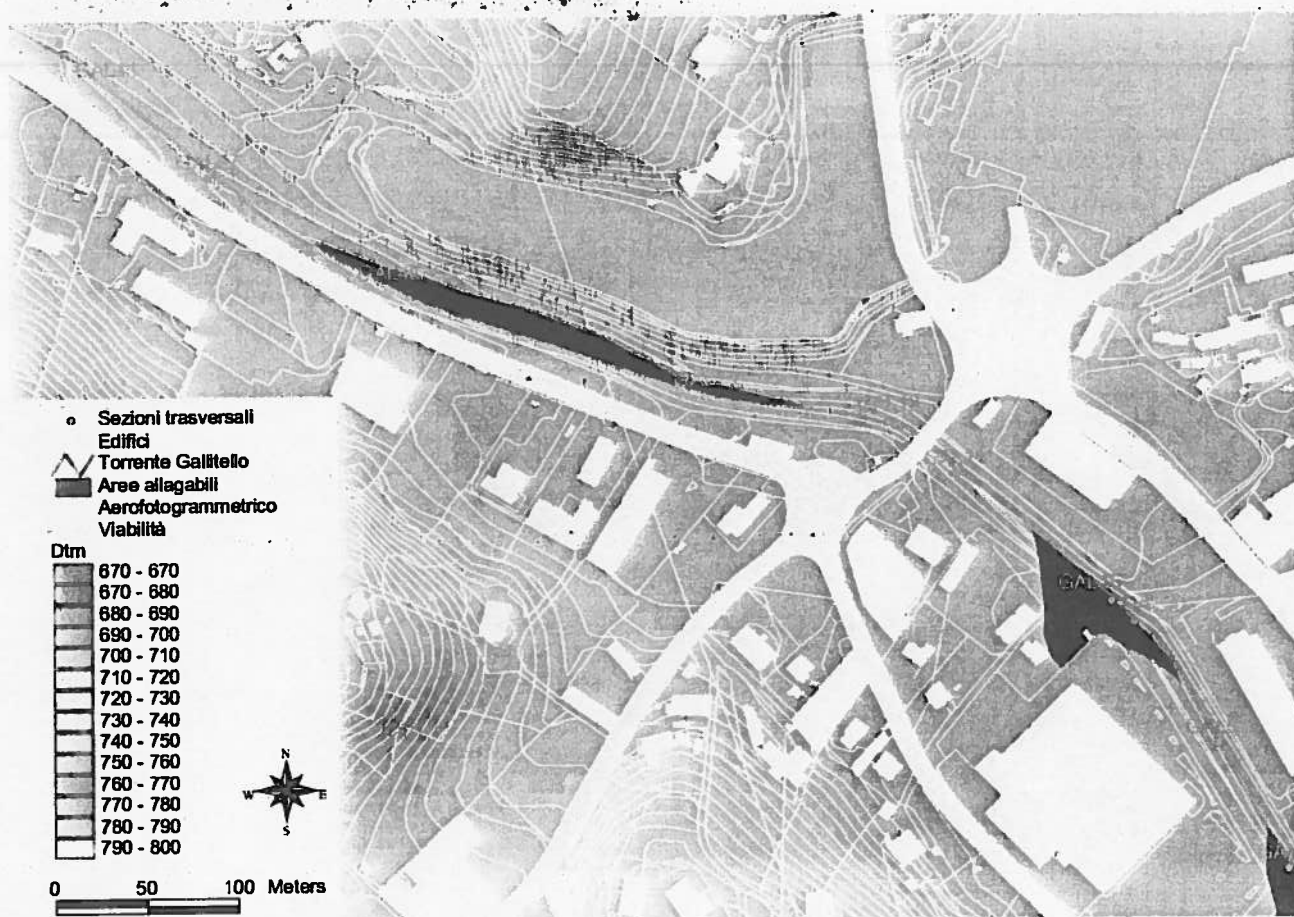


Figura 3-7. Aree allagabili di monte.

Nella precedente figura, ad esempio, sono mostrate le prime due aree allagabili di monte. La prima di esse, di modesta entità è causata prevalentemente dalla mancata pulizia dell' alveo. In tale tratto, infatti, il torrente Gallitello è caratterizzato dalla presenza di sedimenti sul fondo che hanno contribuito, assieme alla mancanza di manutenzione, alla crescita di alberi.

Il livello massimo di pelo libero raggiunto in occasione di un evento di piena con tempo di ritorno di 200 anni supera la quota dell' argine in sponda sinistra idraulica di circa 30 cm all' altezza della sezione GAL48.

La seconda area allagabile è dovuta in parte alla mancata pulizia dell' alveo ed in parte all' altezza della sponda destra che, in corrispondenza della sezione GAL15, risulta inferiore di circa 70 cm rispetto al livello di pelo libero.

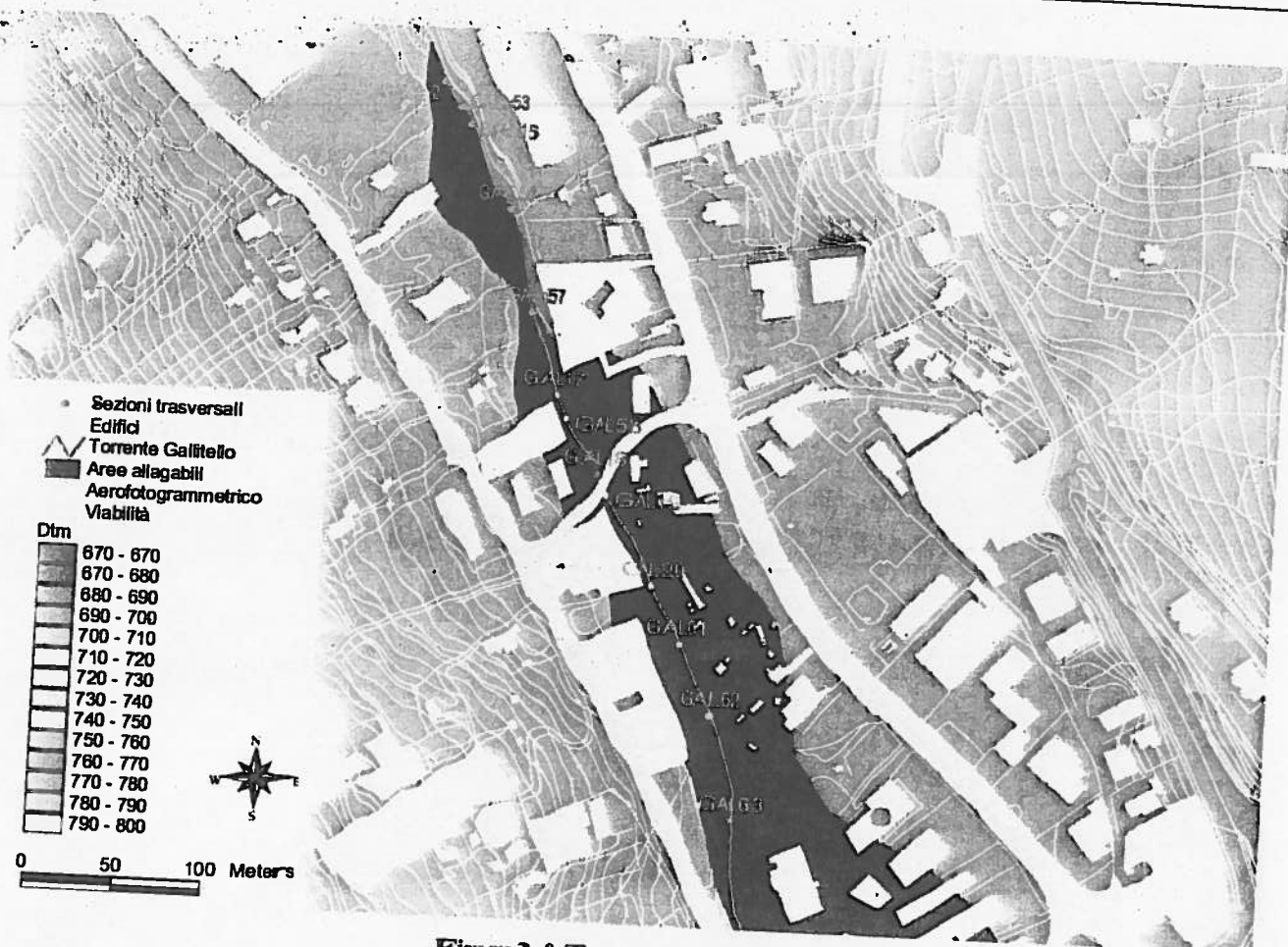


Figura 3-8. Terza area allagabile.

Nelle figure 8 e 10 è presente la terza area allagabile che è dovuta all' esondazione del torrente Gallitello in più punti. Procedendo da monte verso valle, risulta inadeguata la sponda destra in corrispondenza delle sezioni GAL53, GAL16 e GAL54 per un' altezza variabile tra 10 e 30 cm.

Successivamente la presenza del ponte all' altezza della sezione GAL19, visibile nella figura 9, provoca un brusco innalzamento del livello di pelo libero nelle sezioni GAL17, GAL58 e GAL18. Tale ponte risulta ampiamente inadeguato a consentire il deflusso dell' evento di piena in esame in quanto presenta un intradosso ad una quota di circa 2 m rispetto al fondo alveo e, soprattutto, perché è affiancato da due condotte poste ad una quota di soli 1.2 m dal fondo.

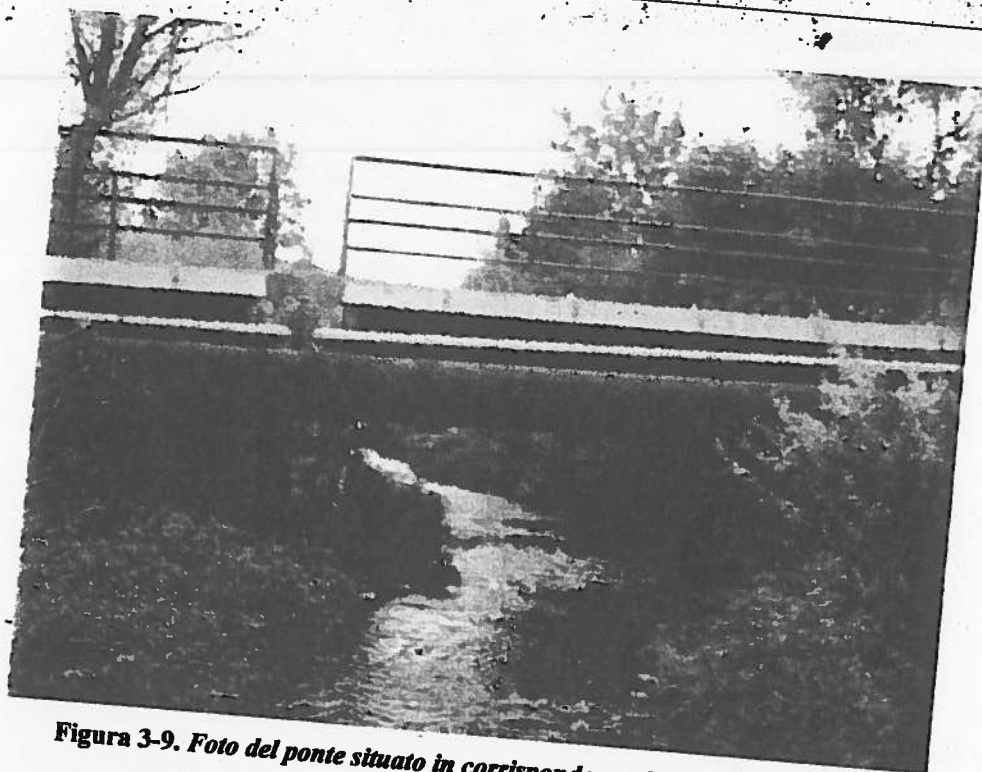
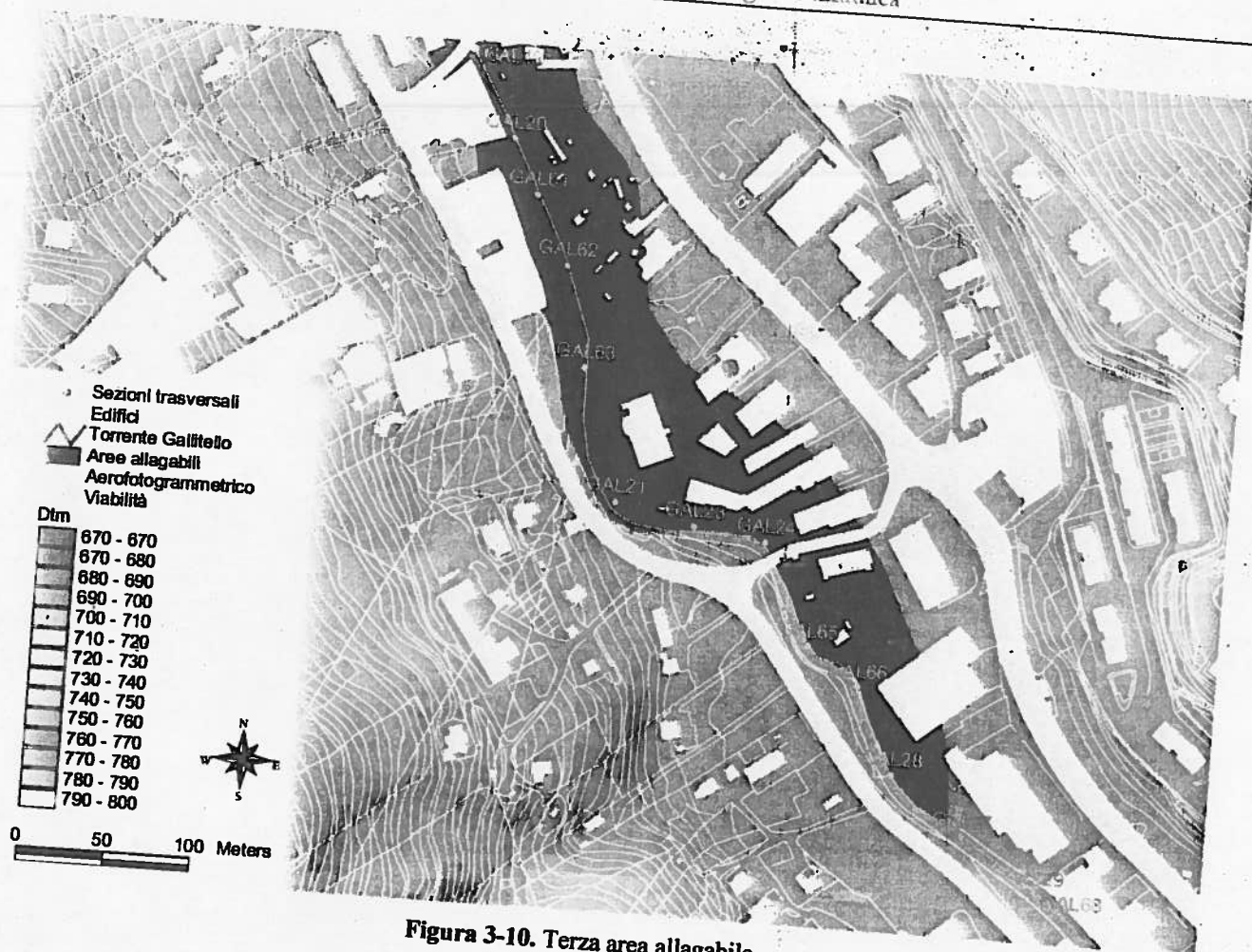


Figura 3-9. Foto del ponte situato in corrispondenza della sezione GAL19.

Un ulteriore punto critico è costituito dalle sezioni GAL61, GAL62 e GAL63 che presentano entrambe le sponde inferiori di un' altezza compresa tra 20 e 60 cm rispetto al livello massimo raggiunto dalla piena duecentennale. In sponda sinistra, in particolare, l' area allagabile si estende anche più a valle a causa del deflusso dei volumi esondati più a monte, ma che procedono parallelamente al torrente lungo l' area golenale sinistra.



Successivamente è presente un' altra area allagabile, visualizzata nella figura seguente, causata dall' altezza delle sponde che risultano inadeguate rispetto al livello di massima piena. In realtà, in tale tratto, il livello è superiore alle sponde di pochi centimetri, ma solo perché parte dei volumi di piena vengono dispersi a monte a causa degli altri punti di esondazione.

In caso di adeguamento delle sponde nei tratti a monte, pertanto, un evento di piena con tempo di ritorno di 200 anni provocherebbe un' esondazione ben più grave con livelli idrici di molto superiori.

In sponda destra l' arginatura presente risulta più alta di quella in sponda sinistra, per tale ragione l' entità dell' esondazione è più limitata. Tale esondazione è ulteriormente limitata dal progetto, attualmente in fase di esecuzione, del nodo complesso del Gallitello che prevede un generale innalzamento di via Isca del Pioppo.

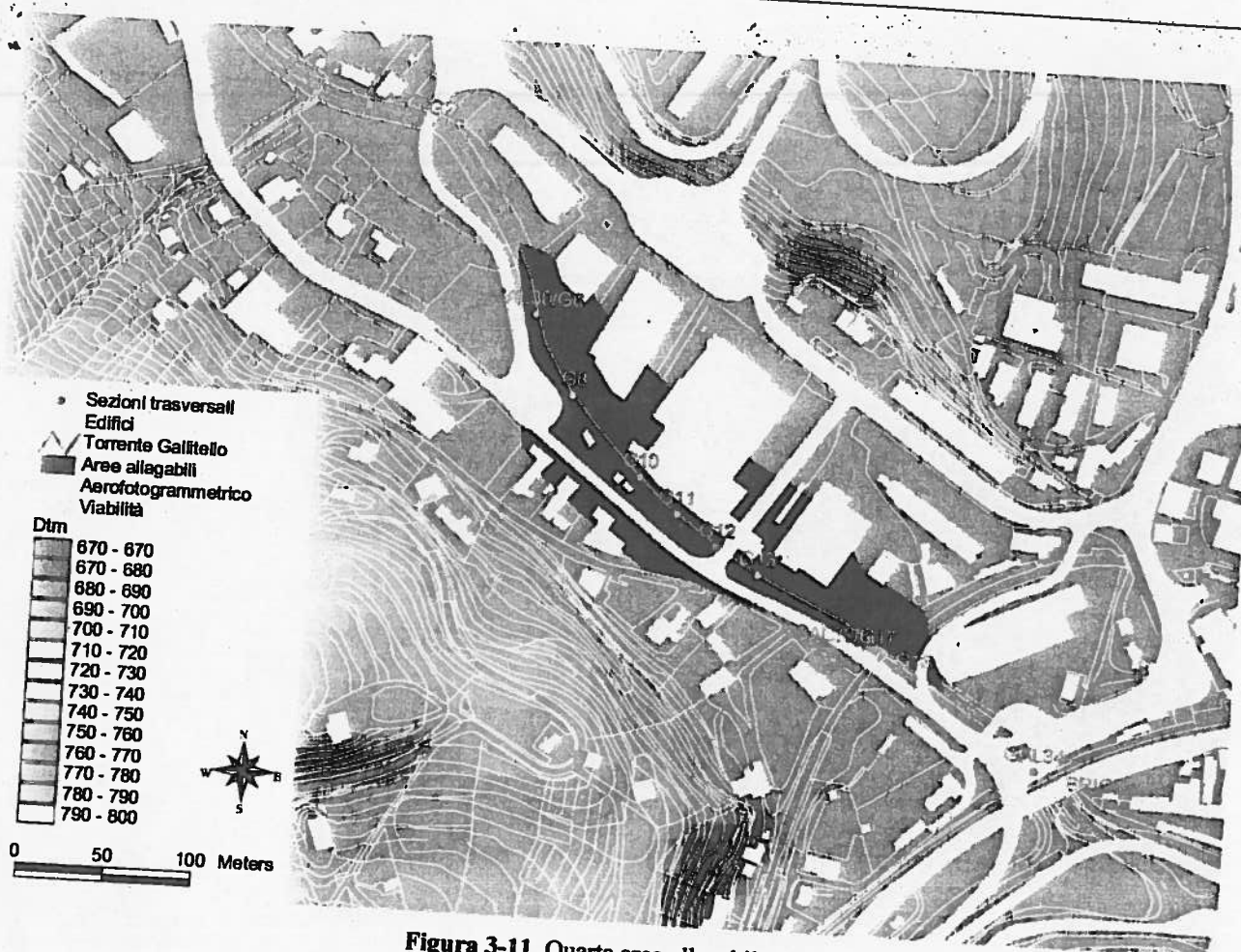


Figura 3-11. Quarta area allagabile.

in tali aree allagabili non è stata inserita un' area a forte rischio di allagamento, situata in sponda sinistra in corrispondenza delle sezioni GAL67, GAL29 e GAL68, perché l' arginatura risulta adeguata al deflusso dell' onda di piena anche se con un franco inferiore a 10 cm.

Nella tabella successiva sono presenti i livelli restituiti dal "Modello di inondazione in area urbana" per ogni sezione trasversale utilizzata.

sezione	progressiva (m)	quota di fondo (m s.m.)	tirante massimo (m)	livello di pelo libero massimo (m s.m.)
GAL11	1619	706.41	1.98	708.39
GAL47	1725	703.93	2.54	706.47
GAL48	1842	701.89	2.38	704.27
GAL49	2028	697.61	3.00	700.61
GAL12	2132	696.18	2.55	698.73
GAL14	2178	695.84	2.42	698.26
GAL15	2290	694.34	2.72	697.06
GAL50	2307	694.47	2.30	696.77
GAL51	2389	692.44	2.45	694.89
GAL52	2470	691.10	2.73	693.83
GAL53	2486	690.73	2.66	693.39
GAL16	2497	690.18	2.45	692.63
GAL54	2550	690.52	2.16	692.68
GAL57	2611	687.93	2.18	690.11

sezione	progressiva (m)	quota di fondo (m s.m.)	tirante massimo (m)	livello di pelo libero massimo (m s.m.)
GAL17	2658	687.48	2.28	689.76
GAL58	2673	687.40	2.39	689.79
GAL18	2709	686.97	2.71	689.68
GAL19	2722	686.88	2.53	689.41
GAL20	2779	686.01	2.19	688.20
GAL61	2815	685.50	2.02	687.52
GAL62	2859	684.95	2.11	687.06
GAL63	2922	684.13	2.49	686.62
GAL21	3003	683.23	2.20	685.43
GAL23	3056	682.35	1.92	684.28
GAL24	3101	681.49	1.91	683.39
GAL65	3166	680.46	1.82	682.28
GAL66	3205	679.82	1.73	681.55
GAL28	3260	679.08	1.88	680.96
GAL67	3321	678.46	1.97	680.43
GAL29	3368	678.00	1.86	679.86
GAL68	3389	677.78	1.83	679.61
GAL69	3461	676.84	1.75	678.59
GAL70	3502	676.20	1.77	677.97
GAL71	3580	675.55	1.74	677.29
G1	3633	675.05	1.34	676.39
G2	3648	674.65	1.43	676.08
G4	3713	674.10	1.60	675.70
GAL30/G6	3773	673.02	1.86	674.88
G8	3839	672.45	1.89	674.34
G10	3899	671.92	2.04	673.96
G11	3929	671.70	1.98	673.68
G12	3959	671.40	1.96	673.36
G13	3989	671.30	1.84	673.14
GAL32/G17	4058	669.91	1.73	671.64
G18	4081	669.58	1.36	670.94
G20	4127	667.89	1.13	669.02
GAL34	4176	667.76	1.33	669.09
BRIGLIA	4194	667.74	1.67	669.41

Tabella 3-2. Livelli di pelo libero restituiti dal "Modello di inondazione in area urbana".

3.2 MIKE 11 GIS

Il modello MIKE 11 GIS è simile al precedente perché è anch' esso costituito da due moduli: uno che si occupa del deflusso in alveo (il MIKE 11 HD) e l' altro del deflusso fuori alveo (il modulo GIS). La differenza fondamentale è che tali moduli non sono integrati tra loro, in questo modo non tiene conto dell' entità dei volumi esondati dal corso d' acqua.

Tale modello, però, è stato utilizzato per poter ottenere un confronto con un modello quasi-bidimensionale molto affidabile ed utilizzato comunemente dalle varie Autorità di Bacino per la delimitazione delle aree allagabili in occasione di eventi estremi.

Per la simulazione del deflusso in alveo sono state utilizzate le stesse informazioni inserite nel Modello di inondazione in area urbana in termini di sezioni trasversali, condizioni al contorno e parametri di scabrezza.

Per la simulazione del deflusso fuori alveo, invece, è stato utilizzato il modello digitale del terreno con le celle di dimensione di 10×10 m.

I risultati forniti dal modello sono mostrati nella figura seguente nella quale è visibile l' estensione delle aree allagabili.

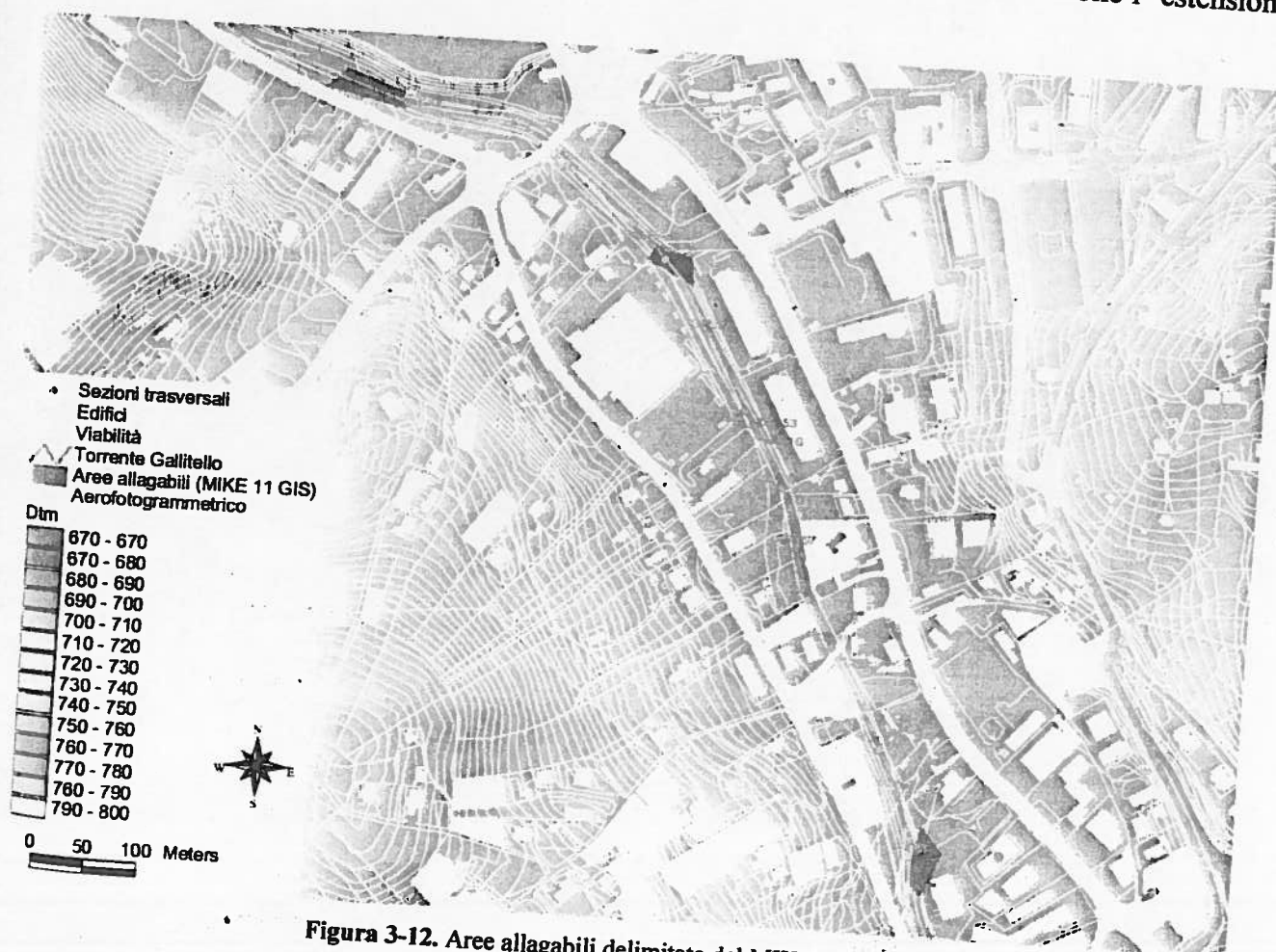


Figura 3-12. Aree allagabili delimitate dal MIKE 11 GIS.

Da un confronto con le figure precedenti è immediato notare l' esiguità delle aree allagabili determinate dal MIKE 11 GIS rispetto al modello precedente. Tale disparità è dovuta sostanzialmente all' utilizzo del modello digitale del terreno all' interno dello stesso MIKE 11 GIS.

Come accennato in precedenza, infatti, sono state osservate delle discrepanze tra le quote fornite dal rilievo delle strade e delle sezioni trasversali e quelle fornite dal DTM. Probabilmente tali differenze sono dovute alle procedure di interpolazione utilizzate per ottenere il DTM che, evidentemente, risultano poco affidabili specialmente all'interno di un territorio molto "accidentato" come quello urbano.

Tali differenze non sono dovute a differenze in termini di livelli idrici all'interno del torrente Gallitello perché, come dimostra la tabella seguente nella quale sono presenti i livelli ottenuti da entrambi i modelli, le differenze sono minime.

sezione	progressiva (m)	quota di fondo (m s.m.)	Mod. inond. in area urbana		MIKE 11 GIS	
			tirante massimo (m)	livello di pelo libero massimo (m s.m.)	tirante massimo (m)	livello di pelo libero massimo (m s.m.)
GAL11	1619	706.41	1.98	708.39	2.05	708.46
GAL47	1725	703.93	2.54	706.47	2.53	706.46
GAL48	1842	701.89	2.38	704.27	2.24	704.13
GAL49	2028	697.61	3.00	700.61	2.99	700.60
GAL12	2132	696.18	2.55	698.73	2.91	699.09
GAL14	2178	695.84	2.42	698.26	2.20	698.04
GAL15	2290	694.34	2.72	697.06	2.42	696.76
GAL50	2307	694.47	2.30	696.77	2.14	696.61
GAL51	2389	692.44	2.45	694.89	2.52	694.96
GAL52	2470	691.10	2.73	693.83	2.69	693.79
GAL53	2486	690.73	2.66	693.39	2.89	693.62
GAL16	2497	690.18	2.45	692.63	3.32	693.50
GAL54	2550	690.52	2.16	692.68	2.53	693.05
GAL57	2611	687.93	2.18	690.11	2.77	690.70
GAL17	2658	687.48	2.28	689.76	2.77	690.25
GAL58	2673	687.40	2.39	689.79	2.76	690.16
GAL18	2709	686.97	2.71	689.68	3.02	689.99
GAL19	2722	686.88	2.53	689.41	2.96	689.84
GAL20	2779	686.01	2.19	688.20	2.35	688.36
GAL61	2815	685.50	2.02	687.52	2.33	687.83
GAL62	2859	684.95	2.11	687.06	2.32	687.28
GAL63	2922	684.13	2.49	686.62	2.39	686.52
GAL21	3003	683.23	2.20	685.43	2.05	685.29
GAL23	3056	682.35	1.92	684.28	1.98	684.33
GAL24	3101	681.49	1.91	683.39	1.99	683.48
GAL65	3166	680.46	1.82	682.28	1.86	682.32
GAL66	3205	679.82	1.73	681.55	1.90	681.72
GAL28	3260	679.08	1.88	680.96	2.02	681.10
GAL67	3321	678.46	1.97	680.43	2.01	680.47
GAL29	3368	678.00	1.86	679.86	1.90	679.90
GAL68	3389	677.78	1.83	679.61	1.85	679.63
GAL69	3461	676.84	1.75	678.59	1.86	678.70
GAL70	3502	676.20	1.77	677.97	1.97	678.17
GAL71	3580	675.55	1.74	677.29	1.82	677.37
G1	3633	675.05	1.34	676.39	1.55	676.60
G2	3648	674.65	1.43	676.08	1.76	676.41
G4	3713	674.10	1.60	675.70	1.67	675.77

sezione	progressiva (m)	quota di fondo (m s.m.)	Mod. inond. in area urbana		MIKE 11 GIS	
			tirante massimo (m)	livello di pelo libero massimo (m s.m.)	tirante massimo (m)	livello di pelo libero massimo (m s.m.)
GAL30/G6	3773	673.02	1.86	674.88	2.10	675.12
G8	3839	672.45	1.89	674.34	2.03	674.48
G10	3899	671.92	2.04	673.96	2.04	673.96
G11	3929	671.70	1.98	673.68	1.97	673.67
G12	3959	671.40	1.96	673.36	1.95	673.35
G13	3989	671.30	1.84	673.14	1.74	673.04
GAL32/G17	4058	669.91	1.73	671.64	2.20	672.11
G18	4081	669.58	1.36	670.94	2.32	671.90
G20	4127	667.89	1.13	669.02	1.63	669.52
GAL34	4176	667.76	1.33	669.09	1.08	668.84
BRIGLIA	4194	667.74	1.67	669.41	1.01	668.75

Tabella 3-3. Livelli di pelo libero restituiti dai modelli utilizzati.

Come ulteriore forma di cautela si è preferito effettuare una seconda simulazione con il modello MIKE 11 GIS in moto permanente. Tale simulazione risulta più cautelativa della precedente in quanto è stato sostituito l' idrogramma sintetico, utilizzato come condizione al contorno di monte, con un idrogramma costante con una portata pari al colmo di piena.

Tale simulazione, però, ha restituito dei valori praticamente identici a quelli della simulazione in moto vario dato che si è registrato un innalzamento massimo di pelo libero pari a 5 cm. L'esiguità di tale scostamento evidenzia la quasi totale assenza di laminazione lungo il corso d' acqua analizzato.

3.3 VALUTAZIONI CONCLUSIVE

Nel presente capitolo è stata affrontata l'analisi idraulica del torrente Gallitello con l'utilizzo di diversi strumenti modellistici avanzati. L'obiettivo di tale capitolo, infatti, è consistito nella delimitazione delle aree di esondazione dello stesso torrente Gallitello con un elevato livello di affidabilità.

Tale analisi è finalizzata alla individuazione puntuale delle aree soggette a possibile esondazione per un evento con tempo di ritorno di 200 anni relativamente alla configurazione attuale del corso d' acqua in esame.

All'interno della "configurazione attuale del corso d' acqua" si intende realizzato anche il progetto del "nodo complesso del Gallitello" attualmente (ottobre 2007) in fase di esecuzione.

L'analisi idraulica è stata effettuata mediante l'utilizzo dei seguenti modelli:

- il "MIKE 11 GIS" del DHI Water & Environment;
- il "Modello di inondazione in area urbana", sviluppato dal Dipartimento di Ingegneria e Fisica dell'Ambiente dell'Università degli Studi della Basilicata (Sole e Zuccaro, 2004).

Tali modelli sono stati sviluppati con l'intento di simulare il deflusso dell'onda di piena sia all'interno di un generico corso d' acqua che, in modo particolare, all'esterno. Il primo, infatti,

utilizza un modello digitale delle elevazioni (DEM) per la simulazione della propagazione della piena, il secondo, invece, è più specifico per l'analisi idraulica in aree urbane in quanto utilizza una rete di nodi e canali che rappresentano il territorio urbano circostante.

Per l'analisi idraulica sono stati utilizzati i seguenti dati forniti dal Comune di Potenza:

- il rilievo delle sezioni trasversali del torrente Gallitello;
- il rilievo delle strade, parallele al torrente, di via del Gallitello (in sponda sinistra idraulica) e di via Isca del Pioppo (in destra);
- il modello digitale del terreno del Comune con le celle di dimensione di 10×10 m;
- il progetto esecutivo del nodo complesso del Gallitello;
- il rilievo aerofotogrammetrico in scala 1:2.000 del Comune di Potenza.

Entrambi i modelli utilizzati hanno ottenuto risultati molto simili in termini di livelli idrici all'interno dell'alveo del torrente Gallitello, ma molto diversi per quanto riguarda le estensioni delle aree soggette ad allagamento. Tale differenza, però, è imputabile prevalentemente alla discrepanza tra il rilievo delle strade della zona del Gallitello ed il modello digitale del terreno.

Come precisato in precedenza, infatti, sono state osservate delle quote differenti, talvolta con scarti superiori ai 2 m, probabilmente a causa della natura "accidentata" del territorio urbano del Gallitello. Il modello digitale del terreno, infatti, contiene delle informazioni interpolate che possono risultare falsate in corrispondenza di grossi sbalzi di quota come nelle vicinanze degli edifici. Evidentemente è per tali ragioni che le quote fornite dal rilievo delle strade risultano generalmente inferiori a quelle del DTM.

Di conseguenza, come estensione delle aree allagabili è stata scelta quella ottenuta dal "Modello di inondazione in area urbana" perché ritenuta più affidabile oltre che più cautelativa.

4 SUGGERIMENTI SUGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO E RELATIVE SIMULAZIONI NUMERICHE

I risultati ottenuti dalle simulazioni idrologiche ed idrauliche, le quali si sono dimostrate in buon accordo con le evidenze emerse in fase di sopralluogo e con le documentazioni relative agli eventi di piena verificatisi negli ultimi anni, hanno consentito di individuare possibili interventi volti a garantire il contenimento in alveo (evitando quindi fenomeni di esondazione) delle piene con periodo di ritorno fino a $T=200$ anni. Con riferimento agli stralci indicati nelle Figure da 4-1 a 4-4, tali interventi possono descriversi come segue:



Figura 4-1. Stralcio su ortofoto del tratto compreso tra le sezioni GAL1 e GAL7



Figura 4-2. Stralcio su ortofoto del tratto compreso tra le sezioni GAL7 e GAL51



Figura 4-3. Stralcio su ortofoto del tratto compreso tra le sezioni GAL51 e GAL23



Figura 4-4. Stralcio su ortofoto del tratto compreso tra le sezioni GAL51 e GAL35

1) nel tratto compreso tra le sezioni GAL1 e GAL13 si consigliano interventi di pulizia d'alveo soprattutto finalizzati alla rimozione di quegli ostacoli (in genere alberi ed arbusti) che anche in occasione di eventi di piena con T inferiore ai 200 anni, potrebbero essere rimossi dalla corrente e conseguentemente trasportati con elevato rischio di occlusione parziale o totale delle luci degli attraversamenti situati a valle.

In aggiunta, nello stesso tratto si consigliano interventi volti alla protezione al piede dei muri di sponda i quali, attualmente, risultano soggetti in più tratti a fenomeni di scalzamento localizzato;



Figura 4-5 Torrente Gallitello nel tratto GAL1 – GAL13 durante l'evento di piena del 24 gennaio 2005 (foto gentilmente concessa dall'Ufficio di Protezione Civile di Potenza)

2) nel tratto compreso tra le sezioni GAL13 e GAL54 (in corrispondenza della quale si ha un salto brusco di circa 1.5 m), al fine di garantire il contenimento all'interno del canale delle portate fino alla Q_{200} , si suggerisce l'innalzamento dei muri di sponda fino al raggiungimento delle quote indicate nella tabella seguente tabella:

Sezione trasversale	Quota sommità spondale
	[m s.l.m.m.]
GAL13 v	699
GAL14	699
GAL15	698
GAL50	697
GAL51	696
GAL52	695
GAL53	694
GAL16	694
GAL54	694

Tabella 4-1. Quote consigliate per le sommità dei muri di sponda nel tratto del Torrente Gallitello compreso tra le sezioni GAL13 e GAL54 al fine di garantire il contenimento all'interno del canale delle portate di piena fino alla Q_{200}

Mediamente, ciò corrisponde ad un'altezza (consigliata) delle sponde pari a 3.50 m rispetto alla linea di thalweg (nel tratto in questione il fondo non è rivestito);

3) per il tratto canalizzato che si estende a valle della sezione GAL54 si suggerisce che l'altezza delle sponde, rispetto al fondo (rivestito) canale, sia almeno pari a 3.50 m. Ciò garantirebbe il contenimento delle portate fino alla Q_{200} . Pertanto, per gli attraversamenti esistenti o da realizzare in questo tratto dovrà verificarsi che: la distanza tra la quota dell'intradosso dell'impalcato ed il fondo canale sia pari ad almeno 3.50 m; non vi siano pile in alveo; le spalle di appoggio non determinino

restringimento alcuno del canale. A tal proposito si specifica che l'attraversamento in fase di realizzazione in corrispondenza della sezione G2, praticamente ottempera ai suddetti suggerimenti in quanto l'intradosso dell'impalcato risulta sopraelevato di 3.44 m rispetto al fondo canale. Invece, con riferimento agli attraversamenti esistenti in tale tratto, alcuni risultano particolarmente inadeguati anche per gli eventi di piena poco discosti da quelli ordinari. In particolare, ci si riferisce all'attraversamento GAL19, peraltro caratterizzato da pila in alveo (Figura 4-6)

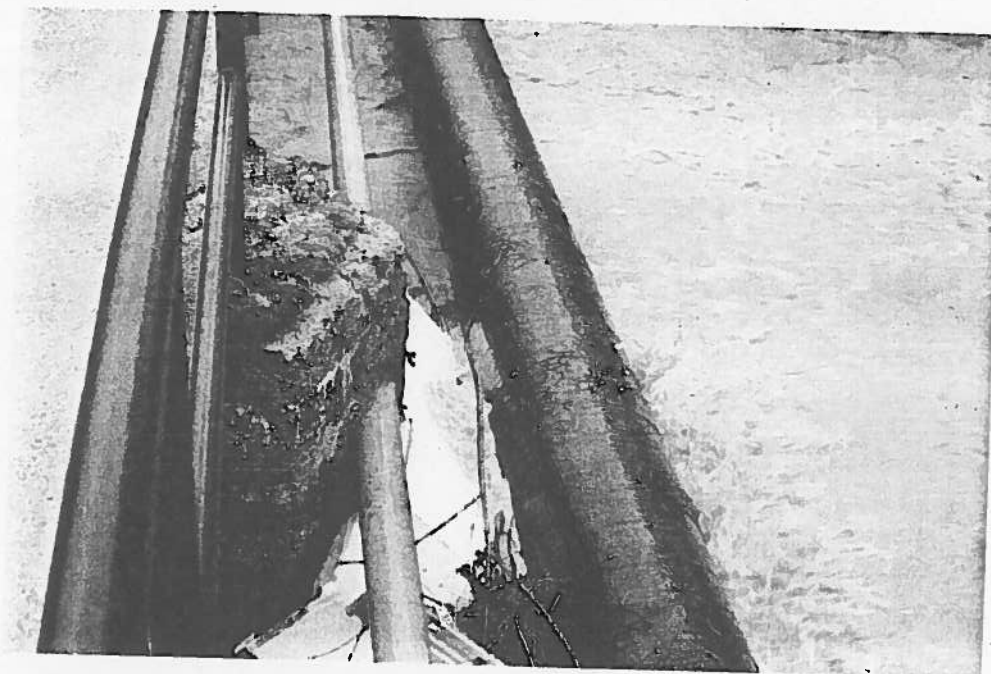


Figura 4-6. Attraversamento GAL 59. Vista verso la sinistra idrografica. Si noti come la tubazione posta a monte dell'attraversamento sia investita dalla corrente.

Si raccomanda quindi la rimozione o l'adeguamento di tale attraversamento in conformità con i suddetti suggerimenti. Analogamente, si suggerisce la rimozione o l'adeguamento degli attraversamenti posti alle sezioni: GAL25, GAL69 e GAL72;

- 4) Per tutto il tratto in studio, si consigliano interventi ordinari (almeno annuali) di pulizia d'alveo;
- 5) Infine, l'adeguamento dei muri di sponda deve altresì prevedere opportuni rinforzi strutturali volti a contenere le sollecitazioni indotte dalla corrente soprattutto nei tratti in curva (vedasi Figura 4-7 quale esempio)



Figura 4-7. Torrente Gallitello in corrispondenza della sezione GAL 25. Vista verso monte. Si noti il significativo sopralzo dovuto alla presenza di una curva con ristretto raggio di curvatura.

4.1 SIMULAZIONI NUMERICHE CON MODELLO UNIDIMENSIONALE

Quale ulteriore approfondimento dei fenomeni idraulici sul tratto del Torrente Gallitello in studio sono state effettuate alcune simulazioni numeriche con modello unidimensionale avvalendosi non solo delle sezioni rilevate dall'Ufficio Tecnico del Comune di Potenza nel 2005 (sezioni G1-G23) e quelle rilevate per conto dell'Autorità di Bacino della Basilicata (GAL1-GAL35) ma, anche delle sezioni rilevate dal Comune di Potenza nel 2007 (da GAL36 a GAL75). Anche in questo caso, come in precedenza, si è utilizzato il software HEC-RAS (River Analysis System) sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center (HEC) per l'U.S. Army Corps of Engineers¹⁰. Sebbene la simulazione sia stata realizzata sia in moto permanente (considerando la Q_{200} pari a $106 \text{ m}^3/\text{s}$) che in moto vario facendo riferimento all'idrogramma sintetico ottenuto dall'espressione proposta da Fiorentino e Margiotta (1998), si riportano di seguito i soli risultati ottenuti dalla simulazione in moto permanente. Questo per tenere in conto, in maniera cautelativa, lo scenario più gravoso.

La simulazione idraulica è stata effettuata nell'ipotesi di realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio di inondazione descritti al capitolo 3.

Qui di seguito vengono riportati i grafici relativi ai profili idrici longitudinali per la portata Q_{200} assumendo un coefficiente di Strickler $K_s = 40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ nel caso del tratto rivestito (dalla sezione di valle fino alla sezione GAL25), $K_s = 30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per il tratto compreso tra la GAL25 e la GAL54, $K_s = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ tra le sezioni GAL54 e GAL48 e, infine, $K_s = 20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ dalla sezione GAL48 fino alla sezione di monte. Ciò presuppone condizioni di ordinaria manutenzione per il tratto rivestito. Inoltre, come già precedentemente detto, si è tenuto conto delle opere in fase di attuazione relative alle modifiche della viabilità in corrispondenza del nodo complesso del Gallitello.

Nei grafici seguenti vengono riportati i profili di corrente con evidenziazione della linea dei tiranti di stato critico, dell'energia specifica totale e delle quote delle sommità spondali così come raccomandate nel paragrafo precedente.

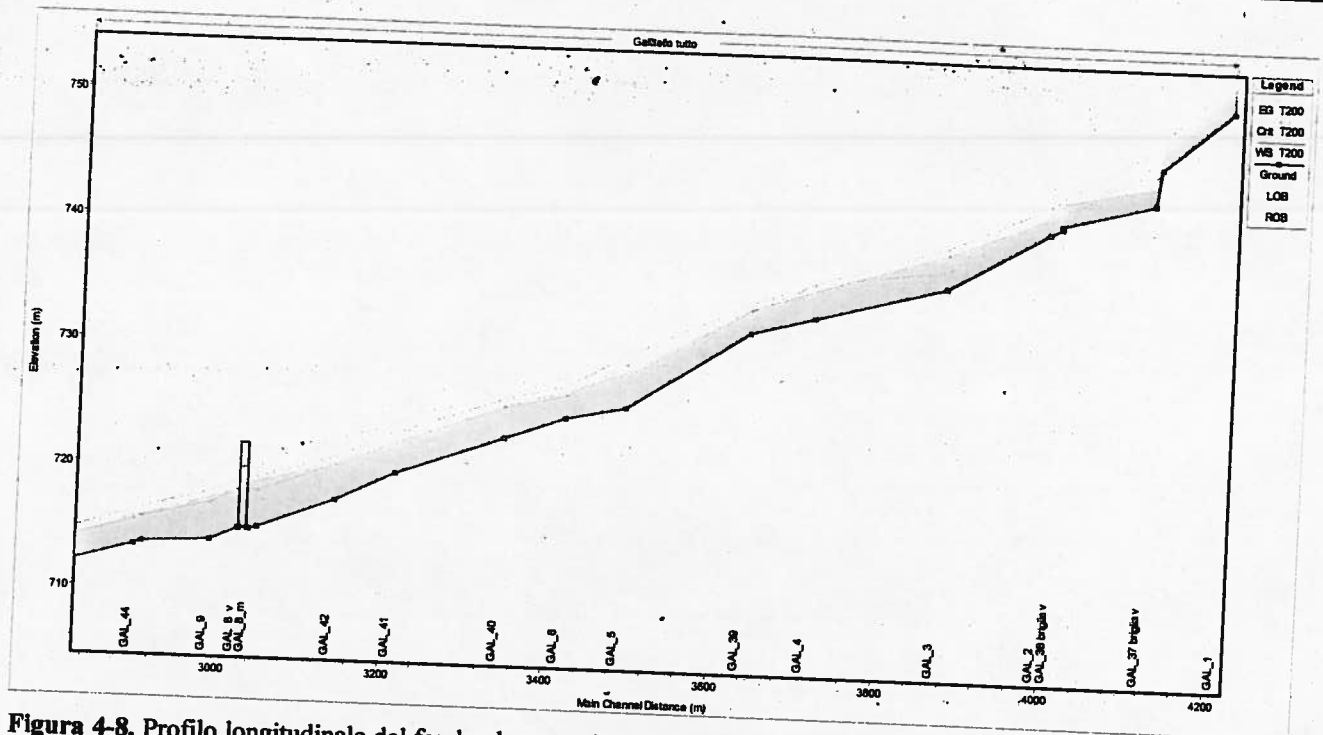


Figura 4-8. Profilo longitudinale del fondo alveo per il tratto compreso tra le sezioni GAL1 e GAL8 per $T = 200$ anni. L'immagine è stata ottenuta da una simulazione numerica con il software HEC-RAS

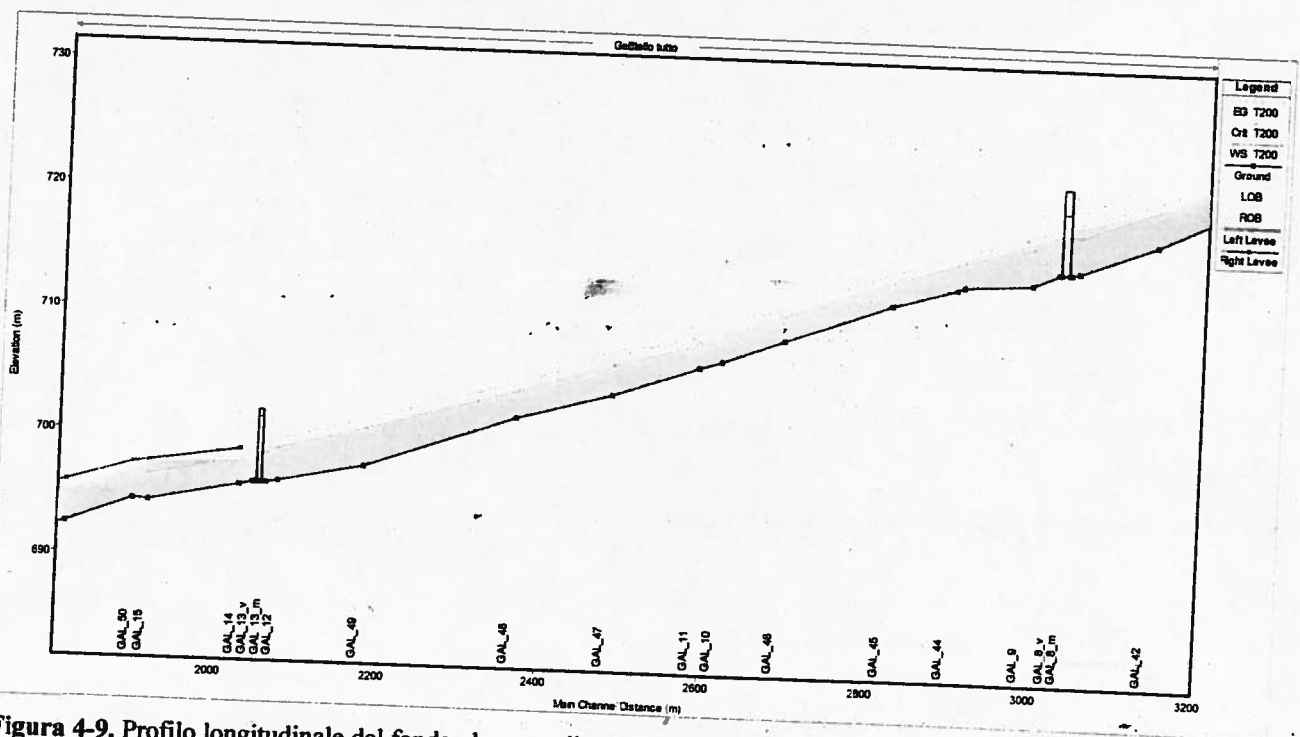


Figura 4-9. Profilo longitudinale del fondo alveo per il tratto compreso tra le sezioni GAL8 e GAL13 per $T = 200$ anni. L'immagine è stata ottenuta da una simulazione numerica con il software HEC-RAS

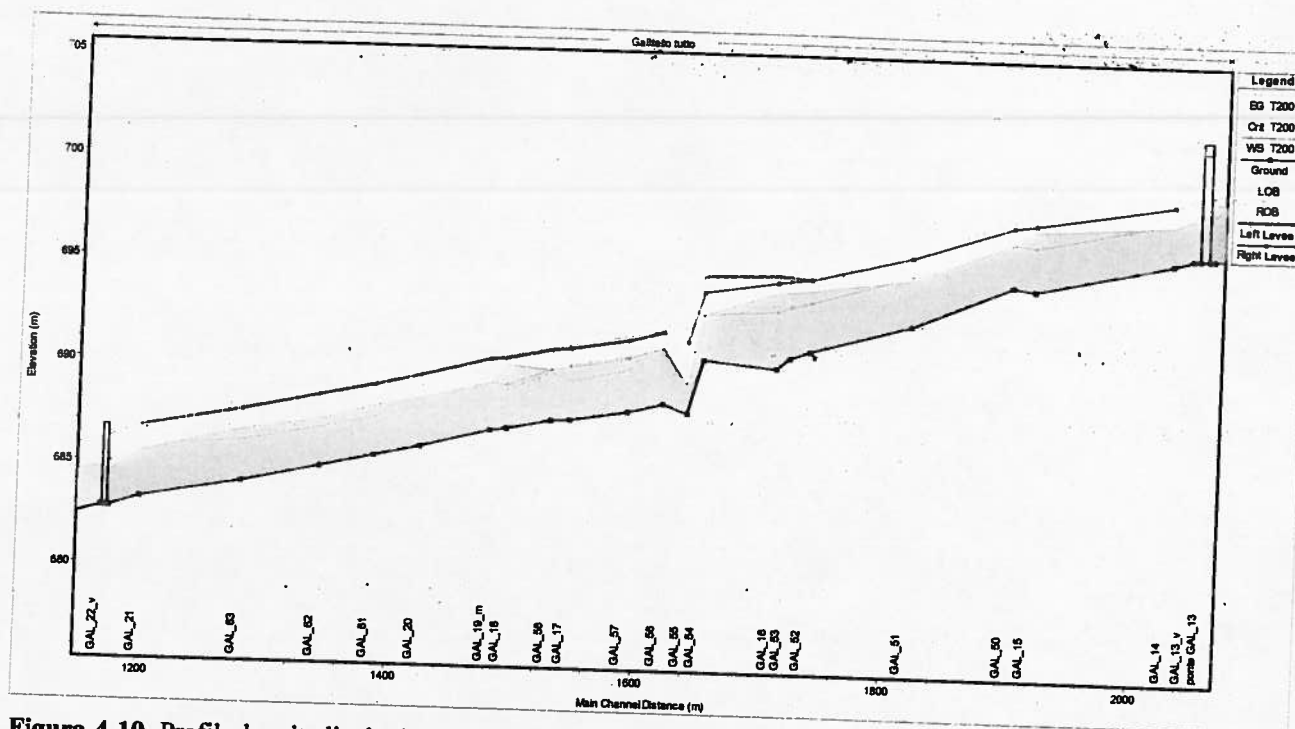


Figura 4-10. Profilo longitudinale del fondo alveo per il tratto compreso tra le sezioni GAL13 e GAL22 per $T = 200$ anni. L'immagine è stata ottenuta da una simulazione numerica con il software HEC-RAS

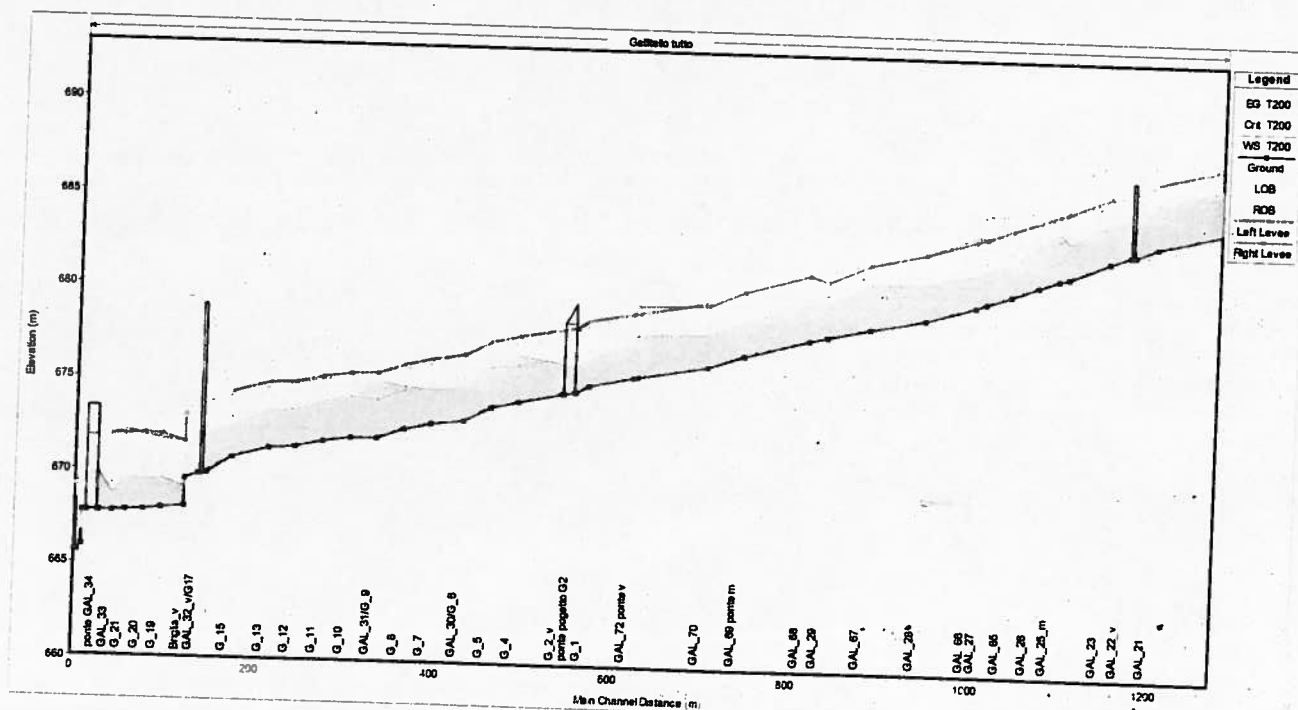


Figura 4-11. Profilo longitudinale del fondo alveo per il tratto compreso tra le sezioni GAL22 e GAL35 per $T = 200$ anni. L'immagine è stata ottenuta da una simulazione numerica con il software HEC-RAS

Come è possibile notare il canale contiene completamente la portata considerata. In aggiunta, le sommità spondali sono tali da coincidere quasi sempre con la linea dell'energia specifica totale il che rassicherebbe circa il contenimento della portata anche qualora dovessero verificarsi significativi effetti di rigurgito indotti da sopraggiunte ostruzioni.

5 CONCLUSIONI

Facendo riferimento alle valutazioni idrologiche e idrauliche e ai sopralluoghi effettuati lungo il Torrente Gallitello si sintetizzano i risultati ottenuti:

Analisi Idrologica. Dall'applicazione della metodologia VAPI-CNR e del modello razionale proposto da Rossi (1974) con stima del tempo di ritardo attraverso le relazioni di Rossi (1974) o di Fiorentino & Iacobellis (2001), si è pervenuti alle seguenti stime delle portate al colmo di piena relative ai periodi di ritorno $T = 2, 25$ e 200 anni.

T [anni]	k_T [-]	Q_T [m ³ /s]
1÷2	1.00	26
25	1.44	37
200	2.87	76

Tabella 5-1. Piena indice e portate al colmo di piena per i tempi di ritorno $T = 25$ e 200 anni, calcolate con la metodologia VAPI-CNR.

T [anni]	k_T [-]	Rossi		Fiorentino & Iacobellis	
		i_T [mm/ora]	Q_T [m ³ /s]	i_T [mm/ora]	Q_T [m ³ /s]
2	0.92	9.8	24	12.4	23
25	1.83	29.5	48	24.7	56
200	2.91	31.1	76	39.3	106

Tabella 5-2. Portate al colmo di piena per i tempi di ritorno $T=2, 25$ e 200 anni calcolate con il metodo razionale.

Cautelativamente, nei calcoli idraulici sono state prese in considerazione le stime maggiori (modello razionale con tempo di ritardo stimato attraverso la formula di Fiorentino e Iacobellis).

Analisi Idraulica (stato di fatto). Quale ulteriore approfondimento dei fenomeni idraulici sul tratto del Torrente Gallitello in studio sono state effettuate alcune simulazioni numeriche con modello unidimensionale. In particolare, si è utilizzato il software HEC-RAS (River Analysis System) sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center (HEC) per conto dell'U.S. Army Corps of Engineers¹¹.

I profili di corrente ottenuti confermano, si evince quanto segue:

(a) $T=20$ anni

- I tratti più critici comprendono quelli già evidenziati applicando le formule del moto uniforme. In particolare, la sezione GAL12 risulterebbe critica per la presenza nei suoi dintorni ed in sponda destra di cabine elettriche ed aree di parcheggio. Vi è poi da aggiungere la potenziale vulnerabilità, emersa soprattutto in fase di sopralluogo, delle aree coltivate in sponda sx e comprese fra le sezioni GAL9 e GAL10. In aggiunta a tali sezioni va considerato il tratto compreso tra le sezioni GAL18 e GAL19 in cui si avrebbe una sia pur modesta esondazione in sponda sx a causa del rigurgito, in questo caso marcato, esercitato dall'attraversamento con pila in alveo nella sezione GAL19;
- Generalmente la corrente risulta (debolmente) veloce con numeri di Froude molto prossimi all'unità. Soltanto nel tratto terminale, immediatamente a monte del salto di fondo in

¹¹ www.hec.usace.army.mil

corrispondenza della SS94, si è in presenza di una corrente lenta per effetto della contenuta pendenza di fondo;

- Gli attraversamenti in corrispondenza delle sezioni GAL 7 (ponte sulla strada che conduce al Seminario Maggiore) e GAL13 determinano soltanto deboli fenomeni di rigurgito.

(b) T=200 anni

- I tratti più critici comprendono quelli già evidenziati per T=200 anni. In particolare, la sezione GAL12. risulterebbe critica per la presenza nei suoi dintorni di cabine elettriche ed aree di parcheggio. A rischio di esondazione sono pure le aree coltivate in sponda sx e comprese fra le sezioni GAL9 e GAL10. In aggiunta a tali sezioni va considerato il tratto compreso tra le sezioni GAL17, GAL18 e GAL19 in cui si avrebbe una significativa esondazione in sponda sx principalmente a causa del rigurgito indotto dall'attraversamento con pila in alveo nella sezione GAL19. Ulteriori tratti a rischio di esondazione sono i tratti compresi tra le sezioni G1 e G2 e le sezioni G2 e G5. I profili idrici che si realizzerebbero in tali tratti sono dovuti all'attuale configurazione plano-altimetrica dell'alveo e solo marginalmente influenzati dall'attraversamento in fase di realizzazione. Ulteriori sezioni a rischio sono quelle del tratto compreso fra le sezioni G8 e G15 e la sezione GAL29.
- Anche in questo caso la corrente risulta generalmente veloce sebbene con numeri di Froude poco discosti dall'unità;
- Gli attraversamenti in corrispondenza delle sezioni GAL 7 e GAL 13 determinerebbero fenomeni di rigurgito sebbene non particolarmente marcati.

Nelle figure seguenti si riportano, in dettaglio, i grafici relativi ai tratti risultati a maggiore rischio di esondazione. Inoltre, nell'Allegato D si riportano tutte le sezioni trasversali con le relative quote d'alveo, idriche ed energetiche.

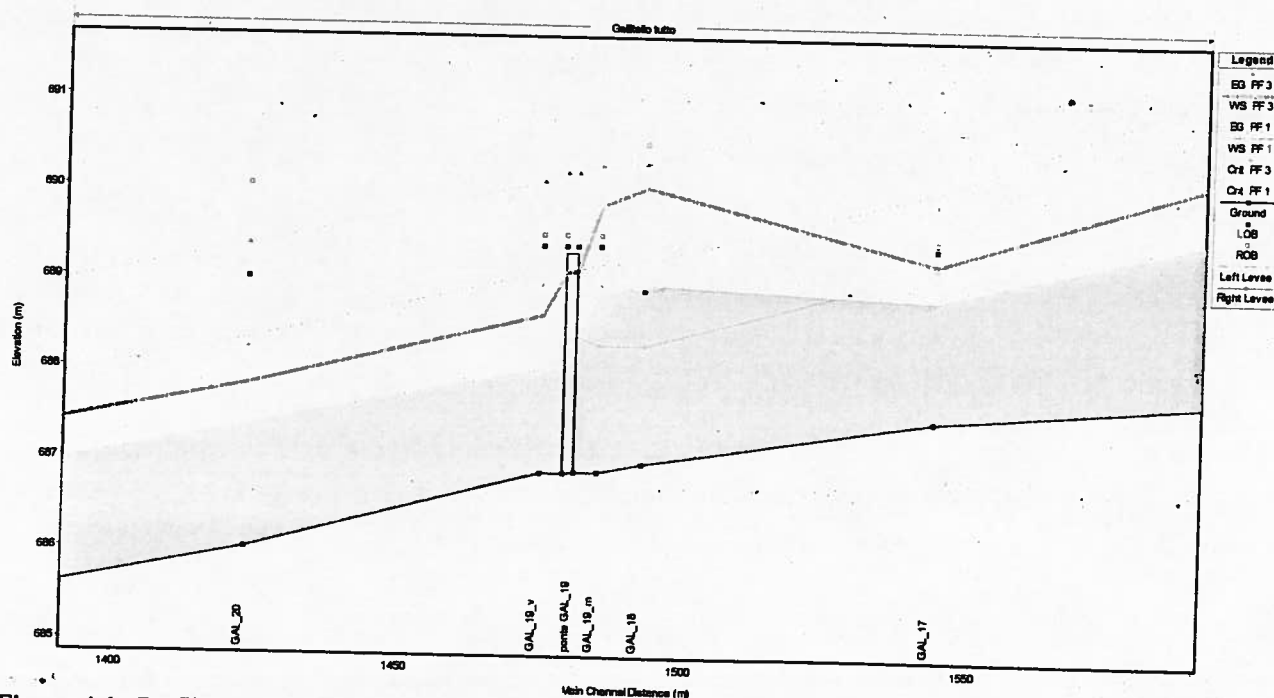


Figura 4-1.. Profilo longitudinale del fondo alveo per il tratto in corrispondenza della sezione GAL19 per T = 20 e 200 anni. L'immagine è stata ottenuta da una simulazione numerica con il software HEC-RAS. Le linee con simboli rappresentano le quote dei muri di sponda

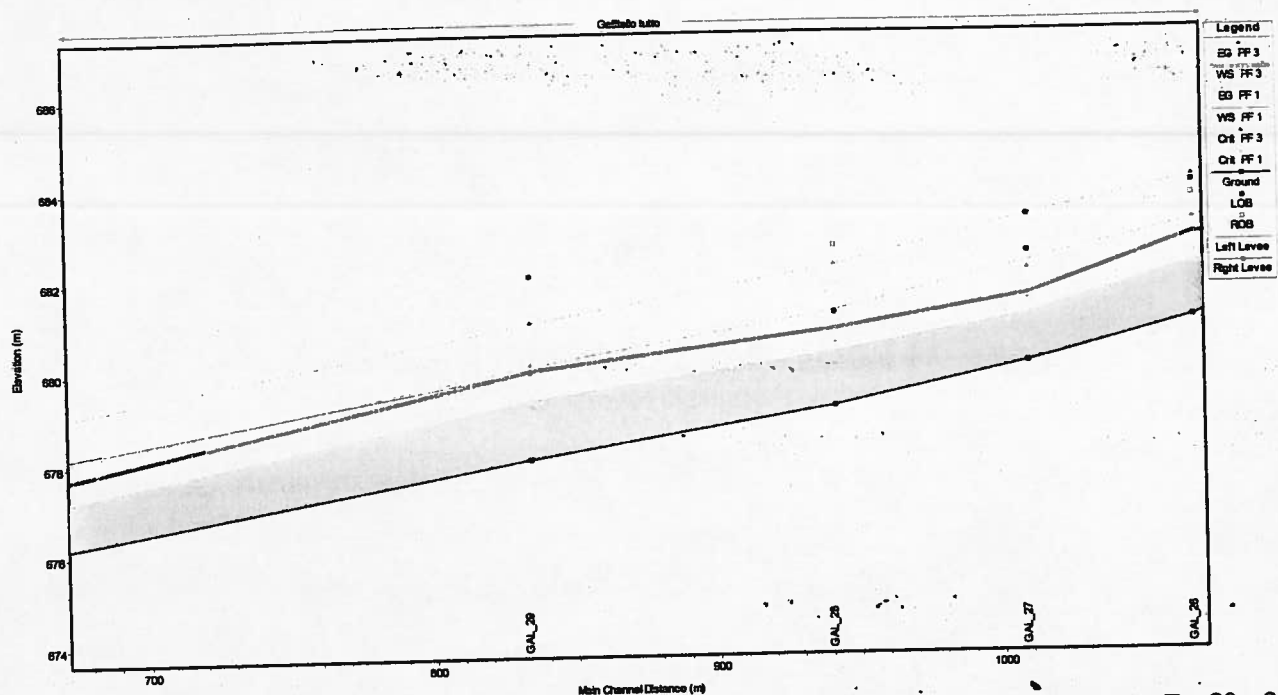


Figura 4-2.. Profilo longitudinale del fondo alveo per il tratto in corrispondenza della sezione GAL29 per T = 20 e 200 anni. L'immagine è stata ottenuta da una simulazione numerica con il software HEC-RAS. Le linee con simboli rappresentano le quote dei muri di sponda

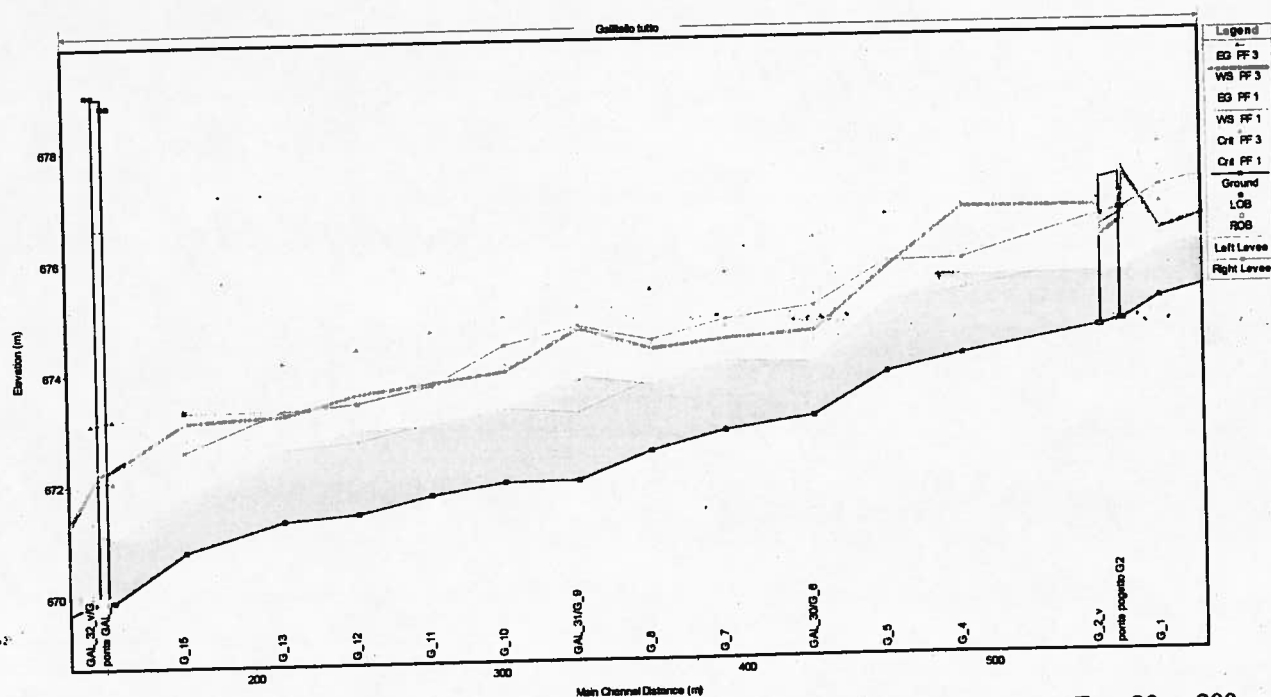


Figura 4-3. Profilo longitudinale del fondo alveo per il tratto tra le sezioni G1 e G15 per T = 20 e 200 anni. L'immagine è stata ottenuta da una simulazione numerica con il software HEC-RAS. Le linee con simboli rappresentano le quote dei muri di sponda

Determinazione delle arre a rischio di inondazione. Entrambi i modelli utilizzati hanno ottenuto risultati molto simili in termini di livelli idrici all'interno dell'alveo del torrente Gallitello, ma molto diversi per quanto riguarda le estensioni delle aree soggette ad allagamento. Tale differenza, però, è imputabile prevalentemente alla discrepanza tra il rilievo delle strade della zona del Gallitello ed il modello digitale del terreno. Come precisato in precedenza, infatti, sono state osservate delle quote differenti, talvolta con scarti superiori ai 2 m, probabilmente a causa della natura "accidentata" del

territorio urbano del Gallitello. Il modello digitale del terreno, infatti, contiene delle informazioni interpolate che possono risultare falsate in corrispondenza di grossi sbalzi di quota come nelle vicinanze degli edifici. Evidentemente è per tali ragioni che le quote fornite dal rilievo delle strade risultano generalmente inferiori a quelle del DTM.

Di conseguenza, come estensione delle aree allagabili è stata scelta quella ottenuta dal "Modello di inondazione in area urbana" perché ritenuta più affidabile oltre che più cautelativa. Per un dettaglio sulle aree inondabili si rimanda all'Allegato G 6.

Proposta di interventi di mitigazione del rischio idraulico. Ai fini del contenimento delle portate anche duecentennali (senza rischi di esondazione) si suggeriscono i seguenti interventi:

1) nel tratto compreso tra le sezioni GAL1 e GAL13 si consigliano interventi di pulizia d'alveo soprattutto finalizzati alla rimozione di quegli ostacoli (in genere alberi ed arbusti) che anche in occasione di eventi di piena con T inferiore ai 200 anni, potrebbero essere rimossi dalla corrente e conseguentemente trasportati con elevato rischio di occlusione parziale o totale delle luci degli attraversamenti situati a valle.

In aggiunta, nello stesso tratto si consigliano interventi volti alla protezione al piede dei muri di sponda i quali, attualmente, risultano soggetti in più tratti a fenomeni di scalzamento localizzato;

2) nel tratto compreso tra le sezioni GAL13 e GAL54 (in corrispondenza della quale si ha un salto brusco di circa 1.5 m), al fine di garantire il contenimento all'interno del canale delle portate fino alla Q_{200} , si suggerisce l'innalzamento dei muri di sponda fino al raggiungimento delle quote indicate nella tabella seguente:

Sezione trasversale	Quota sommità spondale
	[m s.l.m.]
GAL13 v	699
GAL14	699
GAL15	698
GAL50	697
GAL51	696
GAL52	695
GAL53	694
GAL16	694
GAL54	694

Tabella 5-3. Quote consigliate per le sommità dei muri di sponda nel tratto del Torrente Gallitello compreso tra le sezioni GAL13 e GAL54 al fine di garantire il contenimento all'interno del canale delle portate di piena fino alla Q_{200}

Mediamente, ciò corrisponde ad un'altezza (consigliata) delle sponde pari a 3.50 m rispetto alla linea di thalweg (nel tratto in questione il fondo non è rivestito);

3) per il tratto canalizzato che si estende a valle della sezione GAL54 si suggerisce che l'altezza delle sponde, rispetto al fondo (rivestito) canale, sia almeno pari a 3.50 m. Ciò garantirebbe il contenimento delle portate fino alla Q_{200} . Pertanto, per gli attraversamenti esistenti o da realizzare in questo tratto dovrà verificarsi che: la distanza tra la quota dell'intradosso dell'impalcato ed il fondo canale sia pari ad almeno 3.50 m; non vi siano pile in alveo; le spalle di appoggio non determinino restringimento alcuno del canale. A tal proposito si specifica che l'attraversamento in fase di realizzazione in corrispondenza della sezione G2, praticamente ottempera ai suddetti suggerimenti in quanto l'intradosso dell'impalcato risulta sopraelevato di 3.44 m rispetto al fondo canale. Invece,

con riferimento agli attraversamenti esistenti in tale tratto, alcuni risultano particolarmente inadeguati anche per gli eventi di piena poco discosti da quelli ordinari. In particolare, ci si riferisce all'attraversamento GAL19, peraltro caratterizzato da pila in alveo.

Si raccomanda quindi la rimozione o l'adeguamento di tale attraversamento in conformità con i suddetti suggerimenti. Analogamente, si suggerisce la rimozione o l'adeguamento degli attraversamenti posti alle sezioni: GAL25, GAL69 e GAL72;

4) Per tutto il tratto in studio, si consigliano interventi ordinari (almeno annuali) di pulizia d'alveo;

5) Infine, l'adeguamento dei muri di sponda deve altresì prevedere opportuni rinforzi strutturali volti a contenere le sollecitazioni indotte dalla corrente soprattutto nei tratti in curva.

Analisi Idraulica (con interventi suggeriti). Nel grafico seguente viene riportato il profilo di corrente per $T=200$ anni. Inoltre, sono evidenziati la linea dei tiranti di stato critico, dell'energia specifica totale e delle quote delle sommità spondali così come raccomandate.

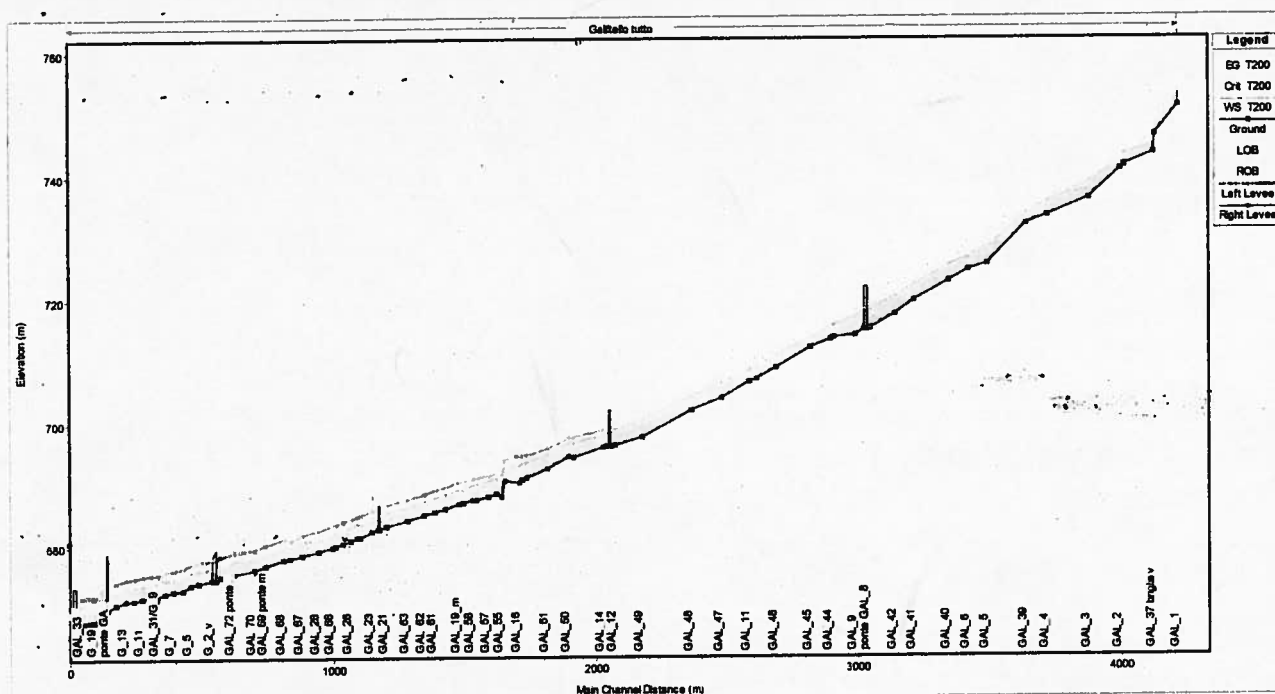


Figura 4-4. Profilo longitudinale del fondo alveo del T. Gallitello per $T = 20$ e 200 anni. L'immagine è stata ottenuta da una simulazione numerica con il software HEC-RAS. Le linee con simboli rappresentano le quote dei muri di sponda

Come è possibile notare il canale contiene completamente la portata considerata. In aggiunta, le sommità spondali sono tali da coincidere quasi sempre con la linea dell'energia specifica totale il che rassicherebbe circa il contenimento della portata anche qualora dovessero verificarsi significativi effetti di rigurgito indotti da sopraggiunte ostruzioni.