

**RWM ITALIA SpA**

*Località Matt'è Conti – Domusnovas (SU)*

*Località San Marco – Iglesias (SU)*

**STUDIO IDRAULICO IDROLOGICO DEL RIO FIGU**

IL PROFESSIONISTA

[REDACTED]

[REDACTED]

Febbraio 2025 – Revisione 1

## Indice generale

<b>1 Premessa .....</b>	<b>3</b>
<b>2 Calcolo della portata di piena .....</b>	<b>4</b>
2.1 Generalità.....	4
2.2 Valutazione della portata di piena dei bacini in esame .....	5
2.3 Metodo razionale.....	6
2.3.1 Il coefficiente di riduzione areale .....	7
2.3.2 Il tempo di corrivazione .....	7
2.3.3 Il coefficiente di deflusso $\Phi$ .....	8
Stima basata sul CN .....	8
Stima del CN basata sulla mappatura regionale.....	9
2.4 Metodo razionale con curva di possibilità pluviometrica TCEV.....	13
2.5 Scelta della portata di piena .....	15
<b>3 L'analisi idraulica .....</b>	<b>16</b>
3.1 Risultati in forma grafica .....	18
3.2 La mappatura della pericolosità idraulica .....	26
3.3 La mappatura del rischio idraulico.....	27
<b>4 Azione di trascinamento .....</b>	<b>28</b>

# 1 Premessa

Il presente documento ha lo scopo di rispondere alle osservazioni e alla richiesta di integrazioni e chiarimenti di cui alla nota protocollo n° 12335 del 13 novembre 2024 dell'A.D.I.S., allegata alla nota protocollo n° 35192 del 27 novembre 2024 del Servizio Valutazione Impatti e Incidenze Ambientali della Regione Sardegna, nell'ambito del procedimento di V.I.A. ex post (comprensivo dello screening di V.Inc.A.) avente ad oggetto: "Nuovo Campo Prove R140 e nuovi Reparti R200 e R210", ricadenti in Località San Marco, Comune di Iglesias (SU), ai sensi dell'art. 29 del D. Lgs.152/2006, e s.m.i., e dell'art. 11 delle Direttive regionali in materia di V.I.A., allegate alla Delib.G.R. 11/75 del 2021.

In particolare, il documento si propone di dare riscontro alla suddetta nota relativamente al seguente punto:

[...]

*Presa visione della documentazione resa disponibile, con particolare riferimento all'elaborato denominato "Allegato 2- All.2\_RT4901393\_00\_Interventi in area a pericolosità idraulica", si prende atto che in riscontro a quanto evidenziato da questa Direzione nell'ambito della citata seduta del 12 settembre u.s., in merito alla gestione delle problematiche del rischio derivante dalla pericolosità idraulica per l'esonazione del rio Figu e alle richieste di delocalizzazione degli elementi a rischio, si provvede attraverso la dislocazione dei materiali stoccati e la dismissione di alcuni locali tecnici e di servizio, oltreché con la predisposizione di un piano per la gestione del rischio residuo determinato dalle opere non delocalizzabili.*

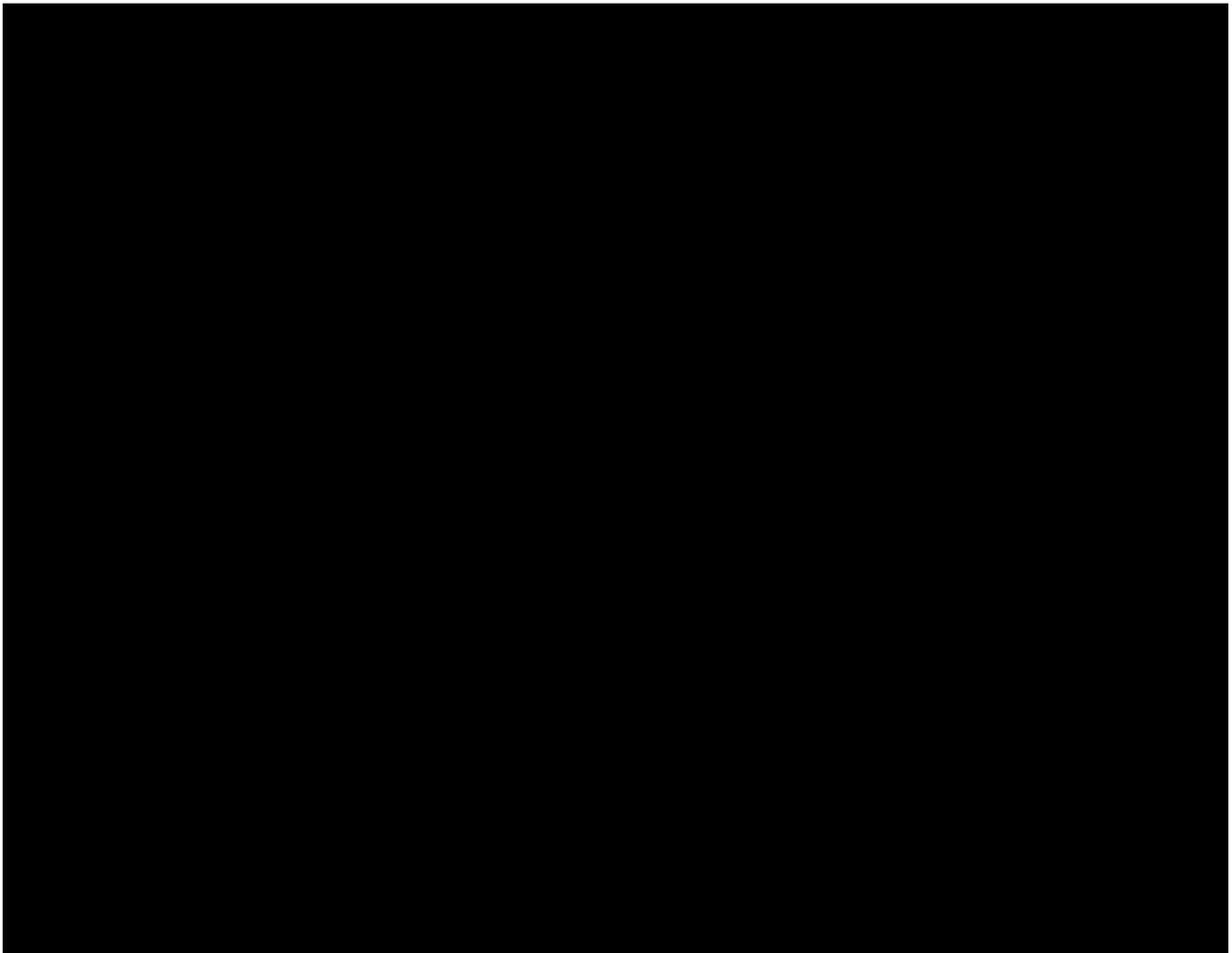
*Si rileva, tuttavia, che in merito a quest'ultimo aspetto, non è stato dato riscontro alla richiesta di approfondimento di analisi del rischio idraulico sulla quale basare, nel breve termine, la gestione del rischio residuo e, nel medio/lungo termine, i futuri interventi di mitigazione del rischio idraulico.*

*Si era infatti osservato che per una valutazione del rischio determinato dall'impianto allo stato attuale, sarebbe necessario rivedere anche la definizione delle pericolosità idrauliche con un modello idraulico a scala di intervento avente dettaglio superiore a quello adottato dallo studio comunale, basato su un modello fisico del terreno (DTM) aggiornato allo stato attuale della morfologia dell'area così come modificata dagli interventi effettuati, che hanno determinato sbancamenti, riporti ed edificazioni come nel caso del ██████████.*

[...]

Il presente documento pertanto si configura come un nuovo studio idrologico idraulico che intende aggiornare la mappatura della pericolosità idraulica del Rio Figu in corrispondenza dell'area dello Stabilimento RWM Italia SpA, basato su un modello fisico del terreno (DTM) aggiornato allo stato attuale della morfologia dell'area così come modificata dagli interventi effettuati nell'area dello stabilimento stesso, e ottenuto attraverso un rilievo con drone effettuato nel mese di dicembre 2024.

Come illustrato in Fig. 1, l'area dell'intervento presenta una mappatura della pericolosità basata su un rilievo non aggiornato.



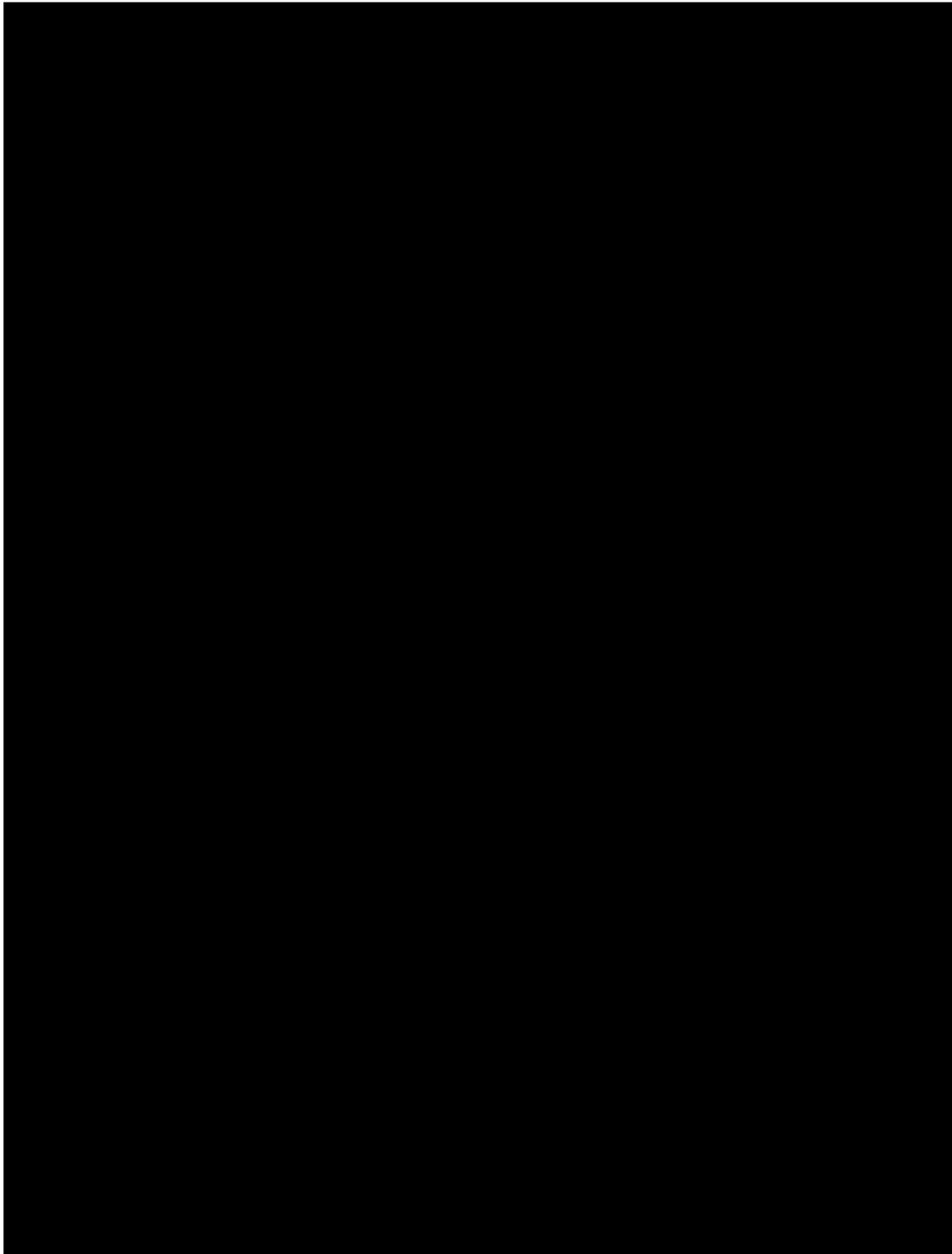
*Figura 1 - Mappatura della pericolosità idraulica vigente (da Sardegna Mappe PAI)*

## **2 Calcolo della portata di piena**

### **2.1 Generalità**

La valutazione della portata di piena di un corso d'acqua in Sardegna si basa sulle indicazioni riportate nelle Linee Guida del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI).

Per la stima delle portate di piena si deve tener conto delle risultanze della "Variante puntuale al PAI, ai sensi degli artt. 8 e 37 delle Norme di Attuazione", presentato dal Comune di Iglesias, e approvato da ADIS con determinazione n. 237, protocollo interno n. 11977 del 22.11.2022, che, nell'analisi del Rio Figu, analizzò il bacino del Rio Figu chiuso più a valle della sezione di interesse del presente intervento (Fig. 2).



*Figura 2 - Bacino del Rio Figu analizzato nella Variante PAI*

Nella presente analisi si adotteranno gli stessi criteri utilizzato in quello studio.

## **2.2 Valutazione della portata di piena dei bacini in esame**

La valutazione della portata di piena di un corso d'acqua si basa, con l'eccezione di espressioni empiriche grossolane ormai in disuso, su considerazioni probabilistiche dalle quali emerge il legame

tra la portata di piena  $Q$  ed il numero medio di anni ( $T_r$  = tempo di ritorno) che occorre attendere affinché si abbia una portata pari o maggiore di  $Q$ .

I parametri descrittivi del bacino rappresentativi ai fini della valutazione della piena sono:

•superficie del bacino	$S$ [km <sup>2</sup> ]
•lunghezza dell'asta principale	$L$ [km]
•pendenza media dell'asta principale	$J$ [m/m]
•pendenza media del bacino	$J_b$ [m/m]
•altitudine media del bacino	$H_m$ [m s.l.m.]
•quota della sezione terminale	$H_o$ [m s.l.m.]
•quota massima del bacino	$H_{max}$ [m s.l.m.]
•celerità media di propagazione in alveo	$V$ [m/s]

I parametri descrittivi dei bacini in esame sono riportati in Tab. 1

Parametri descrittivi								
Bacino	S	L	J	J <sub>b</sub>	H <sub>m</sub>	H <sub>o</sub>	H <sub>x</sub>	V
	Kmq	Km	m/m	m/m	m slm	m slm	m slm	m/s
Rio Figu	10.088	9.51	0.030	0.330	327.50	115.02	704.08	1.00

Tabella 1 - Parametri descrittivi dei bacini in esame

## 2.3 Metodo razionale

Il metodo razionale, impropriamente anche detto cinematico, fornisce la portata di piena tramite l'espressione:

$$Q = \Phi \text{ ARF } S H / (3.6 T_c) \quad (1)$$

nella quale  $\Phi$  rappresenta l'aliquota di precipitazione che, in occasione della piena, scorre in superficie, ARF (Areal Reduction Factor - Coefficiente di Riduzione Areale) esprime il rapporto tra l'altezza di pioggia media su tutto il bacino e l'altezza di pioggia in un punto al suo interno, valutati a parità di durata e di tempo di ritorno,  $T_c$  è il tempo di corrivazione espresso in ore,  $S$  la superficie del bacino in kmq,  $H$  è l'altezza di precipitazione, in mm, che cade in un punto del bacino in una durata pari a  $T_c$  con l'assegnato Tempo di ritorno e  $Q$  la portata di piena in mc/s.

### 2.3.1 Il coefficiente di riduzione areale

Per la stima del coefficiente ARF si possono utilizzare le Formule di Wallingford:

$$ARF_w = 1 - (0.0394 S^{0.354}) T_c^{(-0.40+0.0208 \ln(4.6-\ln(S)))} \text{ per } S < 20 \text{ km}^2 \quad (2)$$

$$ARF_w = 1 - (0.0394 S^{0.354}) T_c^{(-0.40+0.003832(4.6-\ln(S)))} \text{ per } S > 20 \text{ km}^2 \quad (3)$$

o quella dell'US Weather Service:

$$ARF_u = 1 - e^{(-1.1 T_c/4)} + e^{(-1.1 T_c/4 - 0.01 S)} \quad (4)$$

dalle quali è stato desunto il coefficiente ARF più cautelativo pari al più grande tra i due.

Il parametro ARF adottato è riportato in Tab. 2, nella quale data la scarsa sensibilità della stima in funzione di Tc non compare il valore del tempo di ritorno in funzione del quale Tc varia leggermente.

Coefficiente di riduzione areale ARF			
Bacino	ARF <sub>w</sub>	ARF <sub>u</sub>	ARF
Rio Figu	0.914	0.967	0.914

Tabella 2 - Parametro ARF calcolato e adottato

### 2.3.2 Il tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione Tc può essere stimato facendo riferimento a diverse espressioni empiriche che forniscono le seguenti stime (espressioni consigliate nelle Linee Guida del PAI Sardegna):

$$\text{Soil Conservation Service: } T_{cSCS} = 0.00227(1000 L)^{0.8}[(1000/CN)-9]^{0.7} (100*J_b)^{-0.5} \quad (5)$$

$$\text{Giandotti: } T_{cG} = (1.5 L + 4 S^{0.5}) / (0.8 (H_m - H_o)^{0.5}) \quad (6)$$

$$\text{Pasini: } T_{cP} = 0.108 ((S L)^{1/3})/J^{0.5} \quad (7)$$

$$\text{progetto VAPI: } T_{cVP} = 0.212 S^{0.231} (H_m/J)^{0.289} \quad (8)$$

$$\text{Viparelli: } T_{cV} = L / (3.6 V) \text{ (considerando } V = 1 \text{ m/s)} \quad (9)$$

A questo tempo va aggiunto il tempo di accesso alla rete Ta, pari a

$$T_a = I_a / I_c \quad (10)$$

dove Ia sono le perdite iniziali e Ic l'intensità di pioggia critica, da ricercarsi ricorsivamente.

Applicando le varie espressioni, e adottando per il bacino il minimo tempo di corrivazione, si perviene ai valori riportati in Tab. 3.

Tempo di corrivazione						
Bacino	TcSCS	TcG	TcP	TcVP	TcV	Tca
	ore	ore	ore	ore	ore	ore
Rio Figu	1	2	2.93	5.41	2.64	1.07

Tabella 3 - Tempi di corrivazione calcolati e adottati (Tca), al netto dell'aggiunta del Ta

### 2.3.3 Il coefficiente di deflusso $\Phi$

#### Stima basata sul CN

Il CN rende conto della porzione di precipitazione meteorica che scorre effettivamente in superficie, al netto quindi delle perdite per infiltrazione, evaporazione e riempimento di depressioni superficiali, e il cui valore è compreso tra 0 (nessuno scorrimento in superficie) e 100 (totale assenza di perdite, tutta la pioggia si trasforma in scorrimento superficiale).

Il coefficiente  $\Phi$  può essere stimato col metodo del Curve Number (CN) secondo cui vale:

$$\Phi = (H - IA)^2 / (H(H + S - IA)) \quad (11)$$

in cui:

- CN è un parametro il cui valore è legato alle caratteristiche del suolo e del suo uso superficiale
- $CN_{III} = (23 \cdot CN) / (10 + 0.13 \cdot CN)$  è una correzione di CN che tiene conto del fatto che il terreno era già in condizioni di maggiore umidità per effetto di precipitazioni precedenti
- H è l'altezza di precipitazione totale caduta per la durata pari a Tc (tempo di corrivazione)
- S è la massima perdita per infiltrazione data da  $S = 254 (100/CN - 1)$
- IA rappresenta le perdite iniziali, poste pari a c S

Il coefficiente  $\Phi$  può assumere con questa metodologia, specialmente per durate molto brevi dell'evento critico, valori eccessivamente bassi, poiché fa coincidere l'inizio della precipitazione con la porzione di durata Tc considerata, anche adottando la correzione CNIII.

Per ovviare a questo inconveniente si può considerare innanzitutto di assumere come nulle le perdite iniziali IA, ponendo  $c=0$ , e/o di far precedere la precipitazione di durata critica Tc una precipitazione di durata pari a Ta.

Indicando con Hp l'altezza di precipitazione caduta nelle Ta ore precedenti la durata critica (e valutata utilizzando le curve di possibilità pluviometrica per differenza con la durata Ta+Tc e Tc) e con Ht=H+Hp l'altezza di precipitazione totale, si ha:

$$\Phi = [(Ht - IA)^2 / (Ht + S - IA) - (Hp - IA)^2 / (Hp + S - IA)] / H \quad (12)$$

## Stima del CN basata sulla mappatura regionale

Il valore del parametro CN può essere desunto dalla distribuzione del parametro CN direttamente da una elaborazione sviluppata dall'Agenzia del Distretto Idrografico che ha determinato il valore del CN sulla base della classificazione pedologica e dell'uso del suolo (Regione Sardegna - Corine Land Cover RAS 2008) determinando i valori riportati nelle Tabb. 4, 5 e 6.

Tipo idrologico di suolo	Descrizione
<b>A</b>	Scarsa potenzialità di deflusso superficiale. I suoli di questo gruppo presentano un tasso di infiltrazione elevato anche quando sono completamente bagnati. Comprende sabbie o ghiaie di notevole spessore, con elevata permeabilità
<b>B</b>	Suoli con tasso di infiltrazione moderato quando sono completamente bagnati. Sono principalmente suoli di spessore moderatamente elevato o elevato, con drenaggio da moderatamente buono a buono e con tessitura da moderatamente fine a moderatamente grossolana
<b>C</b>	Suoli con tasso di infiltrazione basso quando sono completamente bagnati. Sono principalmente suoli con uno strato che impedisce il movimento discendente dell'acqua, oppure suoli con tessitura da moderatamente fine a fine
<b>D</b>	Suoli ad alto potenziale di scorrimento, presentano un tasso di infiltrazione bassissimo quando sono completamente bagnati. Sono principalmente suoli argillosi con un alto potenziale di rigonfiamento, suoli con una falda permanentemente alta, suoli con uno strato di argilla alla superficie o presso la superficie e suoli giacenti sopra materiale pressoché impermeabile.

Tabella 4 - Descrizione delle diverse classi di suolo in funzione del tipo idrologico (metodo SCS-CN)

Pedologia	Tipo Idrologico di Suolo	Pedologia	Tipo Idrologico di Suolo	Pedologia	Tipo Idrologico di Suolo
A1	D	C5	B	G3	D
A2	C	D1	C	H1	C
Acque	A	D2	C	I1	D
B1	D	D3	C	I2	D
B2	C	D4	C	I3	C
B3	C	D5	B	L1	D
B4	B	E1	B	L2	C
B5	C	E2	B	L3	D
C1	B	F1	B	L4	B
C2	B	F2	B	M1	A
C3	B	G1	B	N1	D
C4	B	G2	C	O	A

Tabella 5 - Attribuzione delle classi di suolo in funzione della classificazione pedologica (Carta dei Suoli della Sardegna – Aru A., Baldaccini P., Vacca A.)

DESCRIZIONE	UDS	A	B	C	D
AREE AEROPORTUALI ED ELIPORTI	124	98	98	98	98
AREE ESTRATTIVE	131	89	92	94	95
DISCARICHE E DEPOSITI DI ROTTAMI	132	89	92	94	95
CANTIERI	133	89	92	94	95
AREE VERDI URBANE	141	49	69	79	84
CIMITERI	143	66	77	85	89
VIGNETI	221	72	81	88	91
FRUTTETI E FRUTTI MINORI	222	67	78	85	89
OLIVETTI	223	67	78	85	89
PRATI STABILI	231	0	71	81	89
COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE A COLTURE PERMANENTI	241	59	74	82	86
SISTEMI COLTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	242	66	77	85	89
AREE PREV. OCCUPATE DA COLTURA AGRARIE CON PRESENZA DI SPAZI NATURALI IMPORTANTI	243	66	77	85	89
AREE AGROFORESTALI	244	NaN	51	63	70
BOSCHI MISTI DI CONIFERE E LATIFOGIE	313	NaN	51	63	70
AREE A PASCOLO NATURALE	321	49	69	79	84
SPIAGGE DUNE E SABBIE	331	63	77	85	88
PARETI ROCCIOSE E FALESIE	332	95	95	95	95
AREE CON VEGETAZIONE RADA <5%E>40%	333	55	72	81	86
PALUDI INTERNE	411	100	100	100	100
PALUDI SALMASTRE	421	100	100	100	100
SALINE	422	100	100	100	100
ZONE INTERTIDALI	423	95	95	95	95
LAGUNE, LAGHI E STAGNE COSTIERI	521	100	100	100	100
MARI	523	100	100	100	100
TESSUTO RESIDENZIALE COMPATTO E DENSO	1111	77	85	90	92
TESSUTO RESIDENZIALE RADO	1112	51	68	79	84
TESSUTO RESIDENZIALE RADO E NUCLEIFORME	1121	46	65	77	82
FABBRICATI RURALI	1122	46	65	77	82
INSEDIAMENTI INDUSTRIALI/ARTIG. E COMM. E SPAZI ANNESSI	1211	89	92	94	95
INSEDIAMENTO DI GRADI IMPIANTI DI SERVIZI	1212	89	92	94	95
RETI STRADALI E SPAZI ACCESSORI	1221	98	98	98	98

DESCRIZIONE	UDS	A	B	C	D
RETI FERROVIARIE E SPAZI ANNESSI	1222	98	98	98	98
GRANDI IMPIANTI DI CONCENTRAMENTO E SMISTAMENTO MERCI	1223	89	92	94	95
IMPIANTI A SERVIZIO DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE	1224	89	92	94	95
DISCARICHE	1321	89	92	94	95
DEPOSITI DI ROTTAMI A CIELO APERTO, CIMITERI DI AUTOVEICOLI	1322	89	92	94	95
AREE RICREATIVE E SPORTIVE	1421	49	69	79	84
AREE ARCHEOLOGICHE	1422	49	69	79	84
SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	2111	66	77	85	89
PRATI ARTIFICIALI	2112	NaN	62	74	85
SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	2121	58	72	81	85
RISAIE	2122	98	98	98	98
VIVAI	2123	66	77	85	89
COLTURA IN SERRA	2124	66	77	85	89
COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE ALL'OLIVO	2411	59	74	82	86
COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AL VIGNETO	2412	72	81	88	91
COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AD ALTRE COLTURE PERMANENTI	2413	58	72	81	85
BOSCO DI LATIFOGIE	3111	NaN	48	57	63
ARBORICOLTURA CON ESSENZE FORESTALI DI LATIFOGIE	3112	NaN	51	63	70
BOSCO DI CONIFERE	3121	NaN	48	57	63
ARBORICOLTURA CON ESSENZE FORESTALI DI CONIFERE	3122	NaN	58	73	80
CESPUGLIETI ED ARBUSTETI	3221	NaN	58	73	80
FORMAZIONI DI RIPA NON ARBOREE	3222	NaN	58	73	80
MACCHIA MEDITERRANEA	3231	NaN	58	73	80
GARIGA	3232	NaN	51	63	70
AREE A RICOLONIZZAZIONE NATURALE	3241	NaN	51	63	70
AREE A RICOLONIZZAZIONE ARTIFICIALE	3242	NaN	51	63	70
SPIAGGE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	3311	63	77	85	88
AREE DUNALI NON COPERTE DA VEGETAZIONE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	3312	49	69	79	84
AREE DUNALI COPERTE DA VEGETAZIONE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	3313	49	69	79	84
LETTI DI TORRENTI DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	3315	90	90	90	90
FIUMI, TORRENTI E FOSSI	5111	100	100	100	100

DESCRIZIONE	UDS	A	B	C	D
CANALI E IDROVIE	5112	98	98	98	98
BACINI NATURALI	5121	100	100	100	100
BACINI ARTIFICIALI	5122	100	100	100	100
LAGUNE, LAGHI E STAGNE COSTIERI A PRODUZIONE ITTICA NATURALE	5211	100	100	100	100
ACQUACOLTURE IN LAGUNE, LAGHI E STAGNI COSTIERI	5212	98	98	98	98
ESTUARI E DELTA	5213	100	100	100	100
AREE MARINE A PRODUZ. ITTICA NATURALE	5231	98	98	98	98
ACQUACOLTURE IN MARE LIBERO	5232	98	98	98	98
PIOPPETI, SALICETI, EUCALITTETI ECC. ANCHE IN FORMAZIONI MISTE	31121	NaN	48	57	63
SUGHERETE	31122	NaN	48	57	63
CASTAGNETI DA FRUTTO	31123	NaN	48	57	63
ALTRO	31124	NaN	48	57	63

Tabella 6 - Valore del Curve Number in funzione dell'uso del suolo (Corine Landcover) e del tipo idrologico di suolo

In Fig. 3 è riportata la mappa dei CN relativa ai bacini in esame.

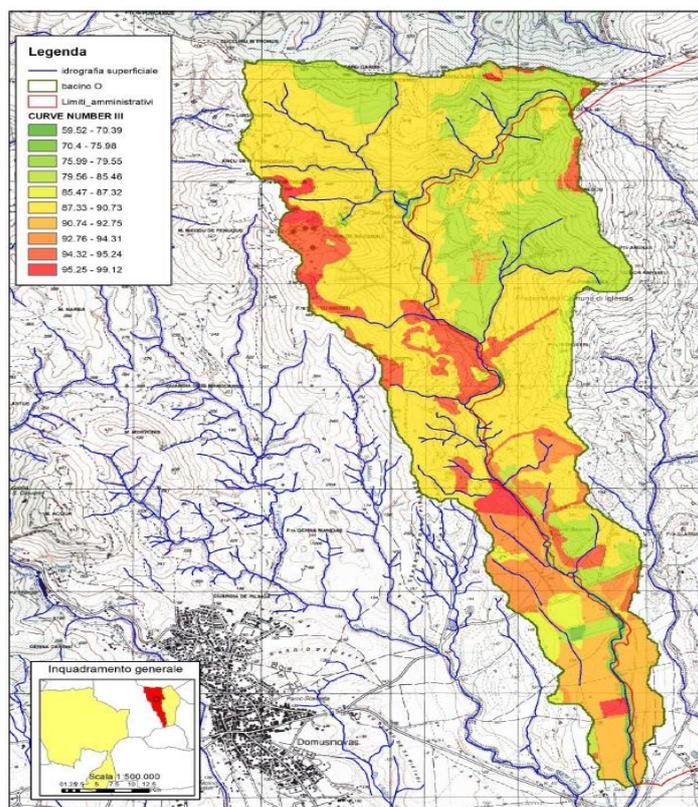


Figura 3 - Mappa del CN nell'area del bacino (da Variante PAI)

I valori del CN medio pesato e i parametri per il calcolo delle perdite sono riportati in Tab. 7

Curve Number				
Bacino	CN	CN usato	SS	c
			mm	
Rio Figu	77.400	88.735	32.246	0.2

Tabella 7 - Valori del CN adottati

## 2.4 Metodo razionale con curva di possibilità pluviometrica TCEV

La curva di possibilità pluviometrica basata sulla distribuzione probabilistica TCEV è stata calibrata da Deidda-Piga-Sechi nel 1997 con l'espressione:

$$H = H_m (T_c) a T_c^n \quad (13)$$

nella quale:

$$H_m (T_c) = 1.1287 H_g (T_c/24)^{-0.493+0.476 \text{Log} (H_g)} \quad (14)$$

con  $H_g$  dipendente dalla posizione geografica del bacino, mentre i parametri  $a$  ed  $n$  dipendono dalla sottozona di appartenenza:

per la sottozona I:

$$a = 0.4642 + 1.0376 * \text{Log} (T_r) \quad (15)$$

$$n = -0.18488 + 0.22960 * \text{Log} (T_r) - 0.033216 * (\text{Log} (T_r))^2 \quad (\text{per } T_c < 1 \text{ ora}) \quad (16)$$

$$n = -0.01469 - 0.0078505 * \text{Log} (T_r) \quad (\text{per } T_c > 1 \text{ ora}) \quad (17)$$

per la sottozona II:

$$a = 0.43797 + 1.089 * \text{Log} (T_r) \quad (18)$$

$$n = -0.18722 + 0.24862 * \text{Log} (T_r) - 0.0336305 * (\text{Log} (T_r))^2 \quad (\text{per } T_c < 1 \text{ ora}) \quad (19)$$

$$n = -0.0063887 - 0.004542 * \text{Log} (T_r) \quad (\text{per } T_c > 1 \text{ ora}) \quad (20)$$

per la sottozona III:

$$a = 0.40926 + 1.1441 * \text{Log} (T_r) \quad (21)$$

$$n = -0.1906 + 0.264438 * \text{Log} (T_r) - 0.038969 * (\text{Log} (T_r))^2 \quad (\text{per } T_c < 1 \text{ ora}) \quad (22)$$

$$n = 0.014929 + 0.0071973 * \text{Log} (T_r) \quad (\text{per } T_c > 1 \text{ ora}) \quad (23)$$

Le sottozone sono riportate in Fig. 4, mentre il parametro  $H_g$  in Fig. 5.

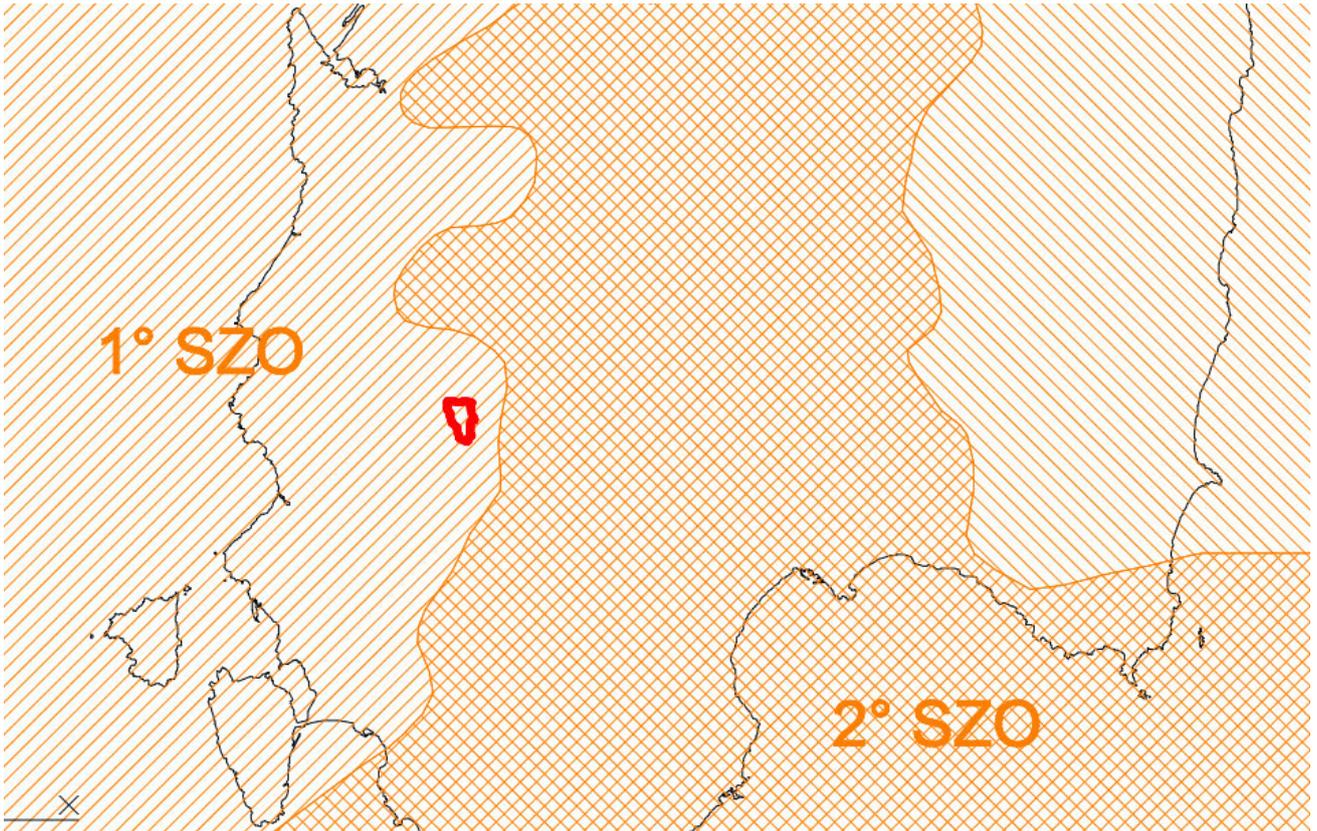


Figura 4 - Sottozone per l'applicazione del metodo TCEV

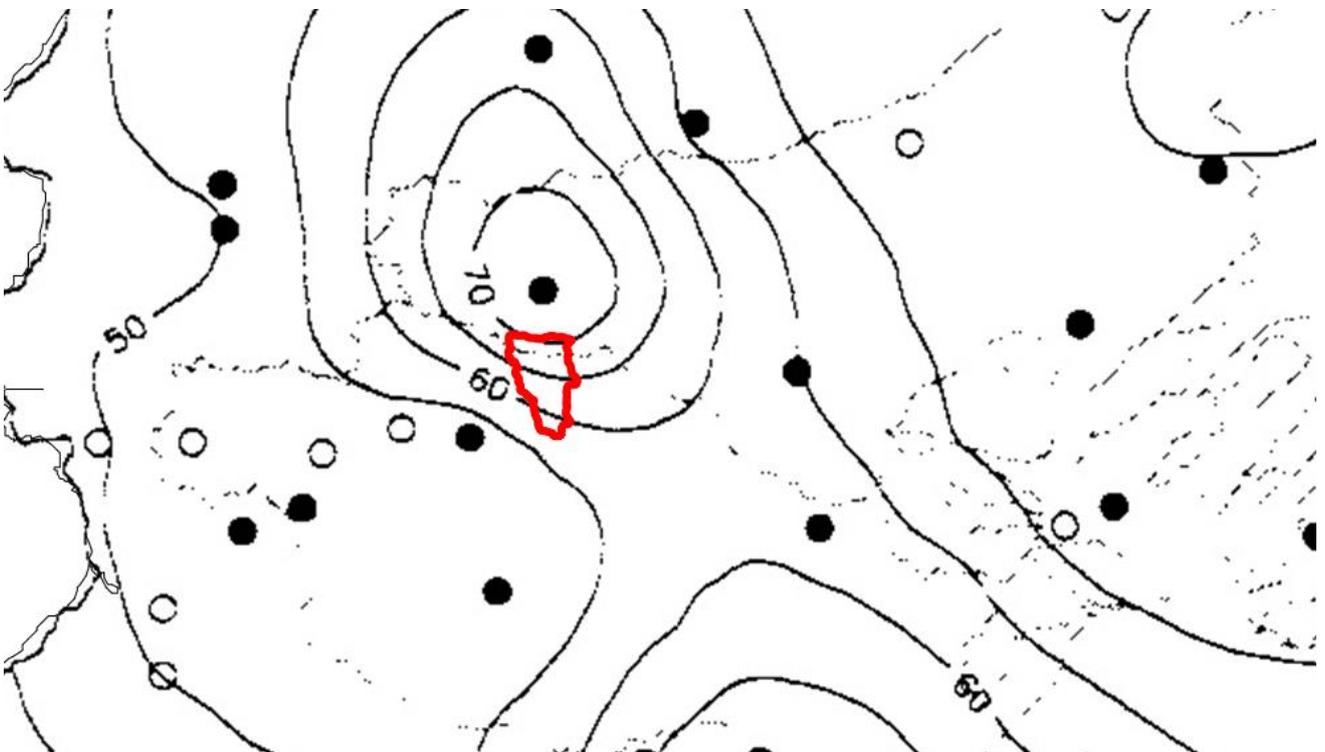


Figura 5 - Parametro Hg per l'applicazione della CPP basata su TCEV

La portata di piena calcolata con questo metodo è riportata in Tab. 8.

Portata di piena col metodo razionale e CPP TCEV-PAI							
Bacino	Tr	SZ	Hg	Hcp	Htp	$\Phi$	Qr,tcev
	anni		mm	mm	mm		mc/s
Rio Figu	50	1.000	65.000	53.269	53.27	0.52	65.34
Rio Figu	100	1.000	65.000	60.508	60.51	0.56	80.58
Rio Figu	200	1.000	65.000	67.741	67.74	0.59	96.32
Rio Figu	500	1.000	65.000	77.292	77.29	0.63	117.71

Tabella 8 - Portata di piena calcolata col metodo razionale e CPP TCEV

## 2.5 Scelta della portata di piena

Nella Tab. 9 sono riportate le portate di piena utilizzate nello studio di Variante PAI.

Tempo di ritorno	Coefficienti metodo TCEV				Pioggia lorda	Pioggia lorda ' $\prime$	Pioggia netta	Coefficiente di deflusso	Portata di progetto	Contributo Unitario
	a1	n1	a2	n2						
[anni]					[mm]	[mm]	[mm]		[m3/s]	[m3/s]
50	22.0268	0.3534	2.2283	-0.0240	50.211	45.725	21.566	0.472	60.850	5.59
100	22.0268	0.3534	2.5410	-0.0264	57.247	52.132	26.778	0.514	75.555	6.94
200	22.0268	0.3534	2.8536	-0.0287	64.280	58.537	32.169	0.550	90.767	8.34
500	22.0268	0.3534	3.2669	-0.0319	73.574	67.001	39.508	0.590	111.474	10.24

$\text{Pioggia Lorda}' = \text{Pioggia Lorda} \times \text{ARF}$

Tabella 9 - Portata di piena utilizzate nello studio di Variante PAI

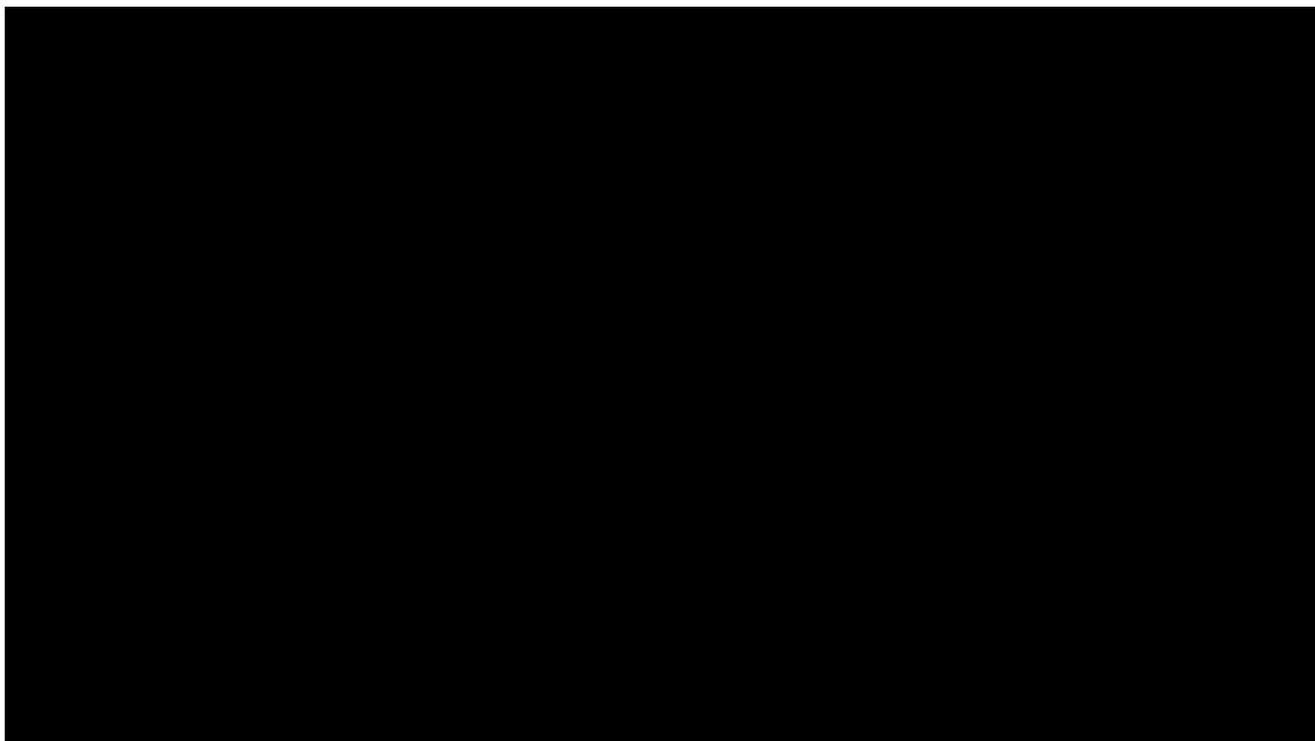
Le portate di piena utilizzate nello studio di Variante PAI, calcolate alla sezione terminale e adottate per tutto il tratto a monte, compreso quello a monte del ponte, sono molto prossime a quelle ricalcolate nella presente relazione in corrispondenza della stessa sezione.

Nel presente studio è stato adottato il valore della portata determinato sulla sezione del Rio Figu sulla base del nuovo DTM ottenuto attraverso un rilievo con drone effettuato nel mese di dicembre 2024.

### 3 L'analisi idraulica

L'analisi idraulica del deflusso è stata effettuata considerando innanzitutto il modello DTM aggiornato nel mese di dicembre 2024.

In particolare, in Fig. 6, è riportato il DTM utilizzato, insieme con l'alveo del Rio Figu e le sezioni idrauliche.

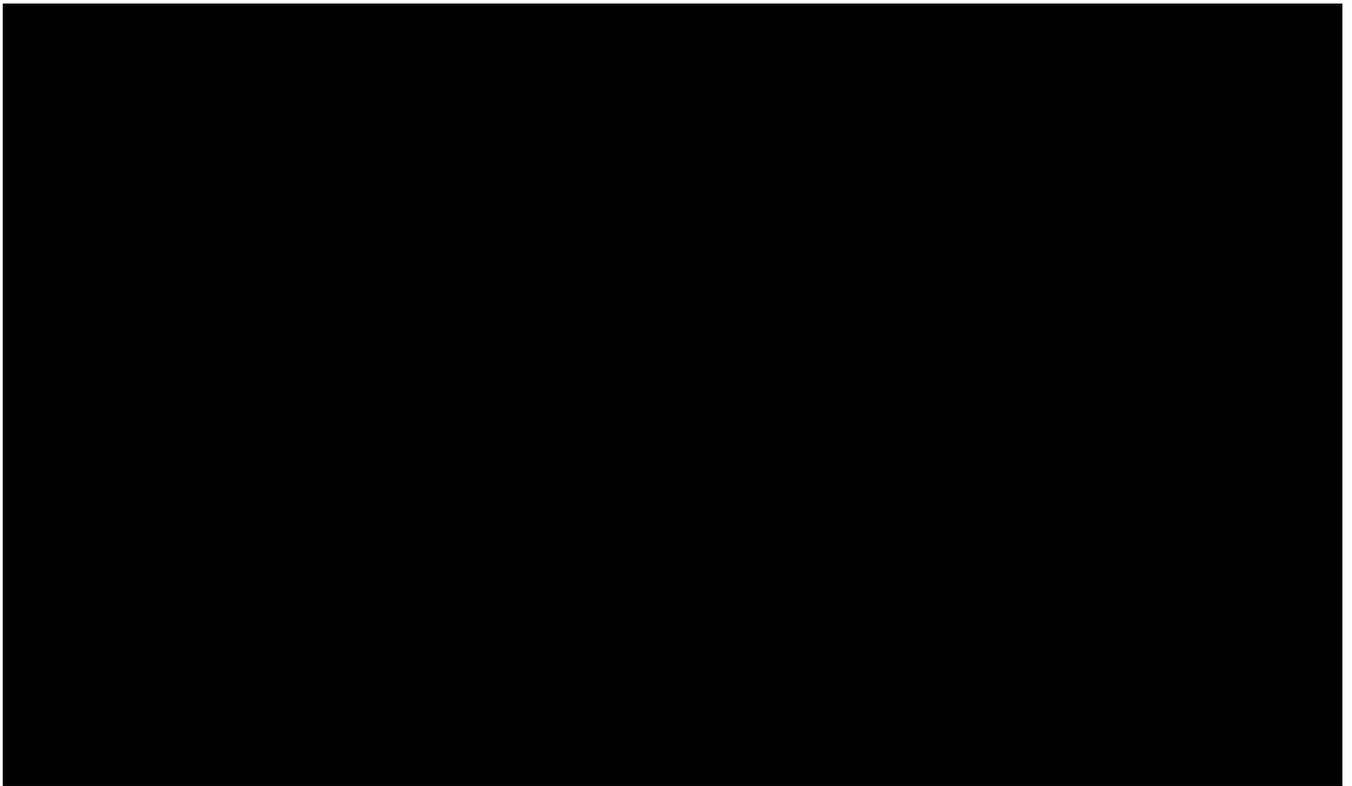


*Figura 6 - Modello DTM dell'area di intervento*

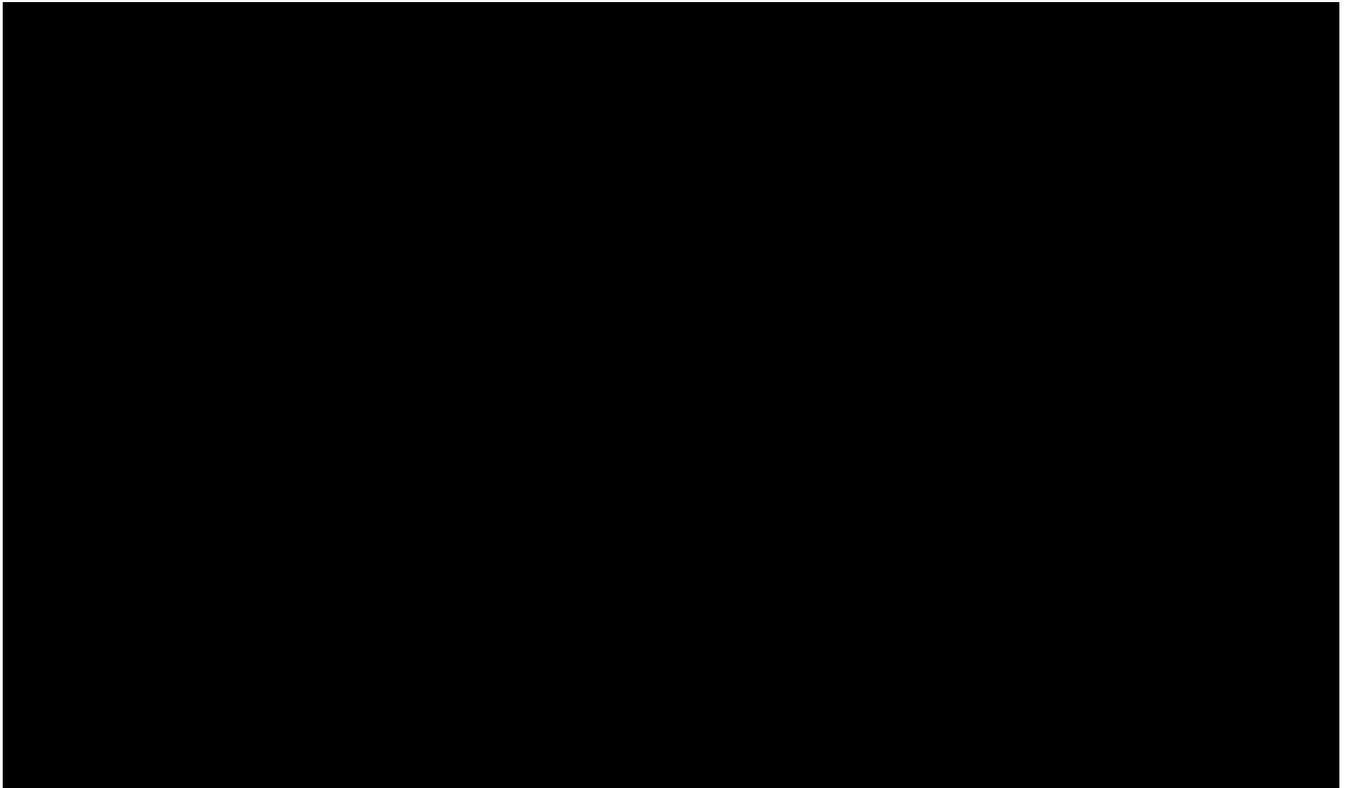
L'analisi idraulica è stata effettuata in condizioni di moto permanente e moto monodimensionale (1D).

Per l'analisi idraulica sono state considerate le sezioni trasversali del Rio Figu (Fig. 7) e il ponte esistente tra le sezioni 3581 e 3592 (Fig. 8).

Rispetto alla rappresentazione di Fig. 7, si precisa che il guado visibile in corrispondenza della chiusura del bacino era stato realizzato quale opera provvisoria, ed è stato successivamente demolito, per cui allo stato attuale non è più presente.



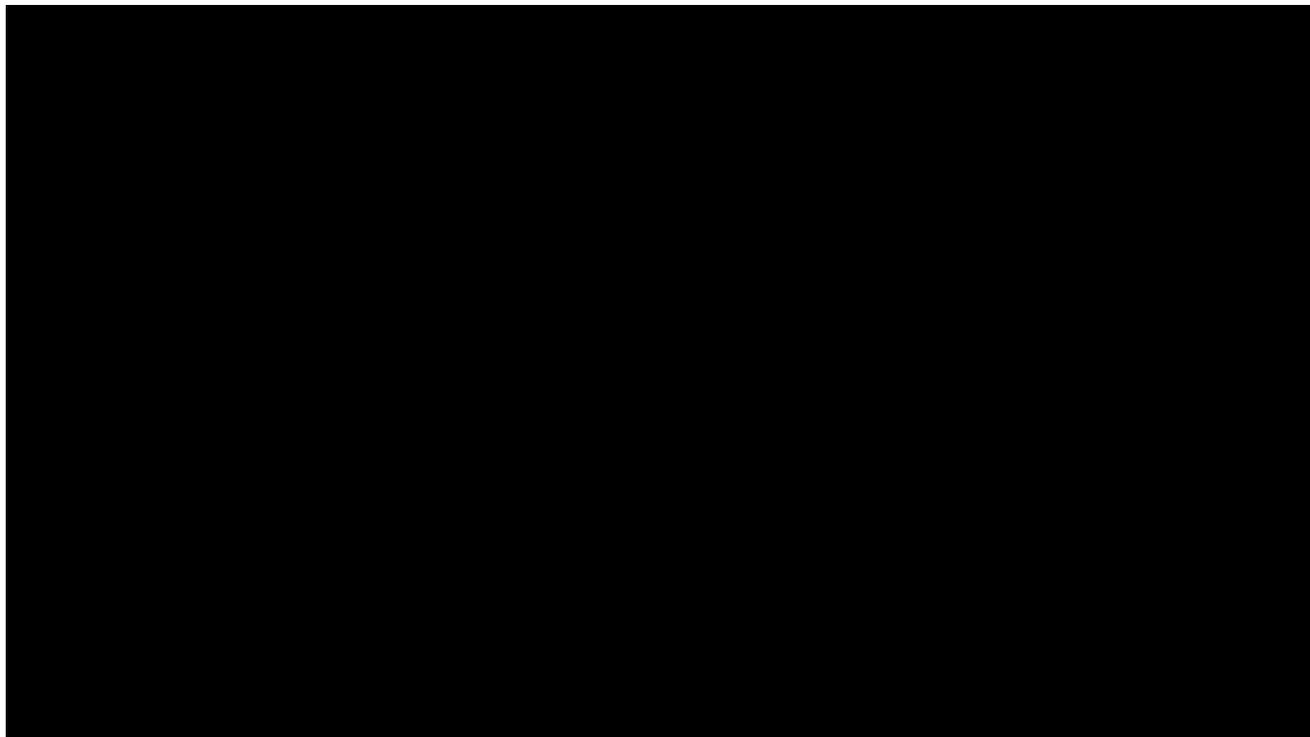
*Figura 7 - Sezioni idrauliche considerate nella simulazione idraulica*



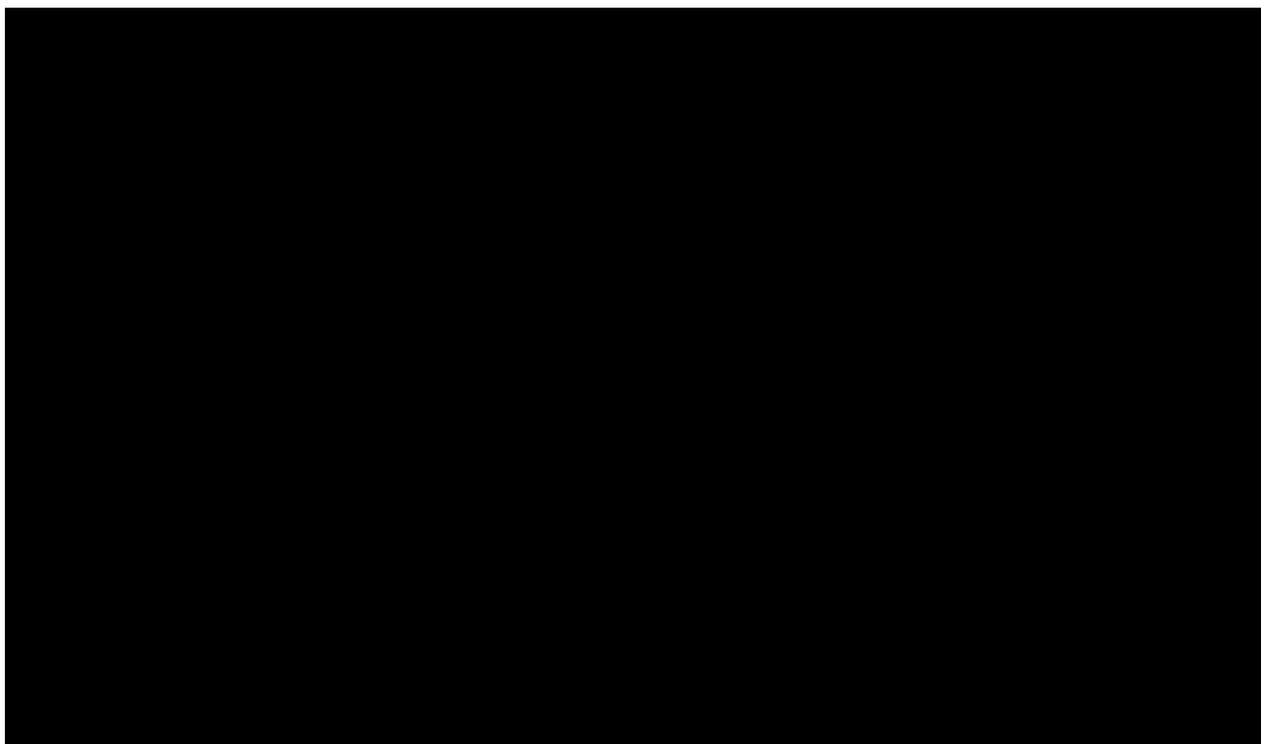
*Figura 8 - Ponte sul Rio Figu*

### 3.1 Risultati in forma grafica

Le condizioni del moto nello stato attuale, ante opera, sono rappresentate in forma grafica nelle Figg. 9, 10 e 11.

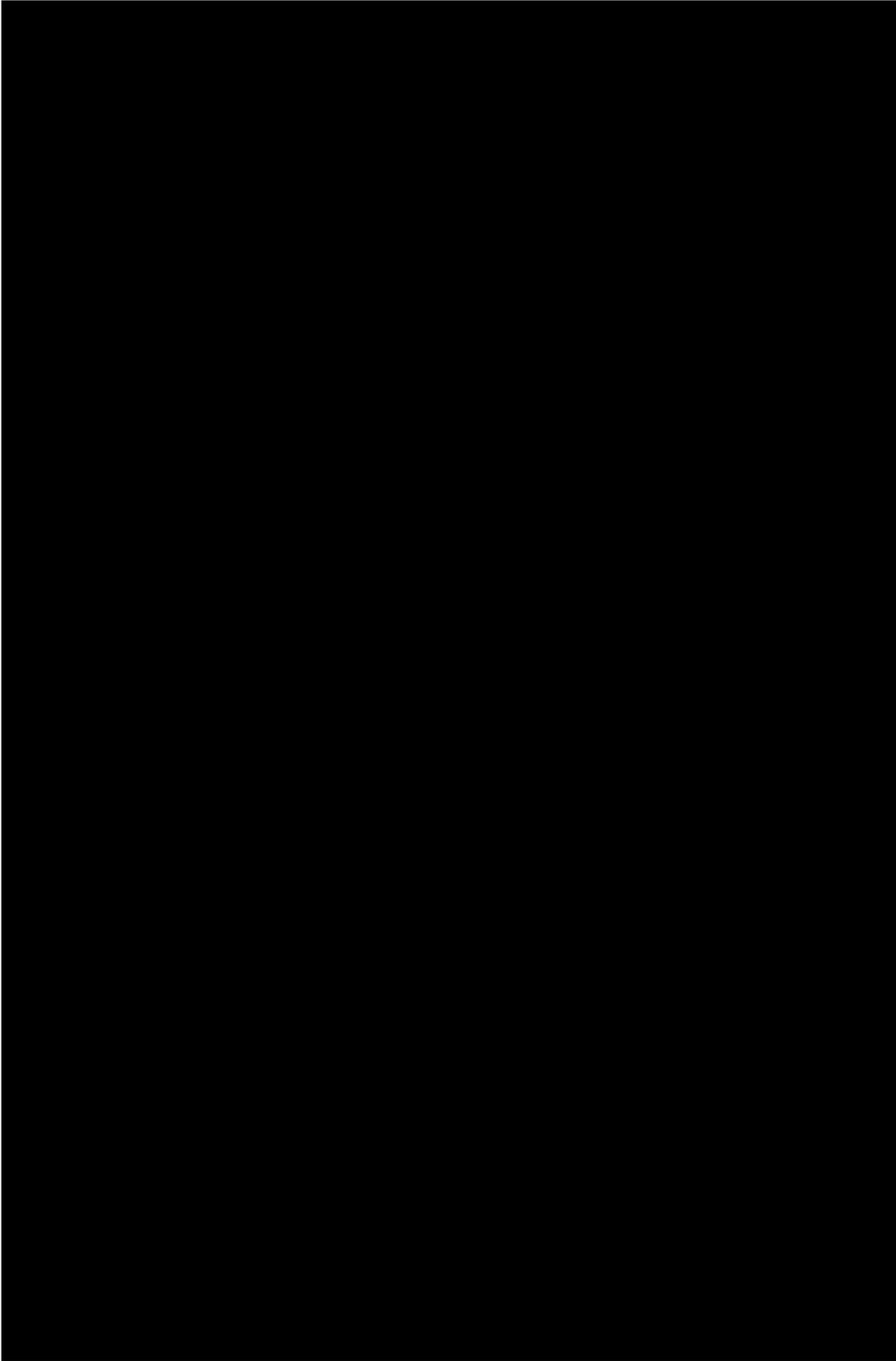


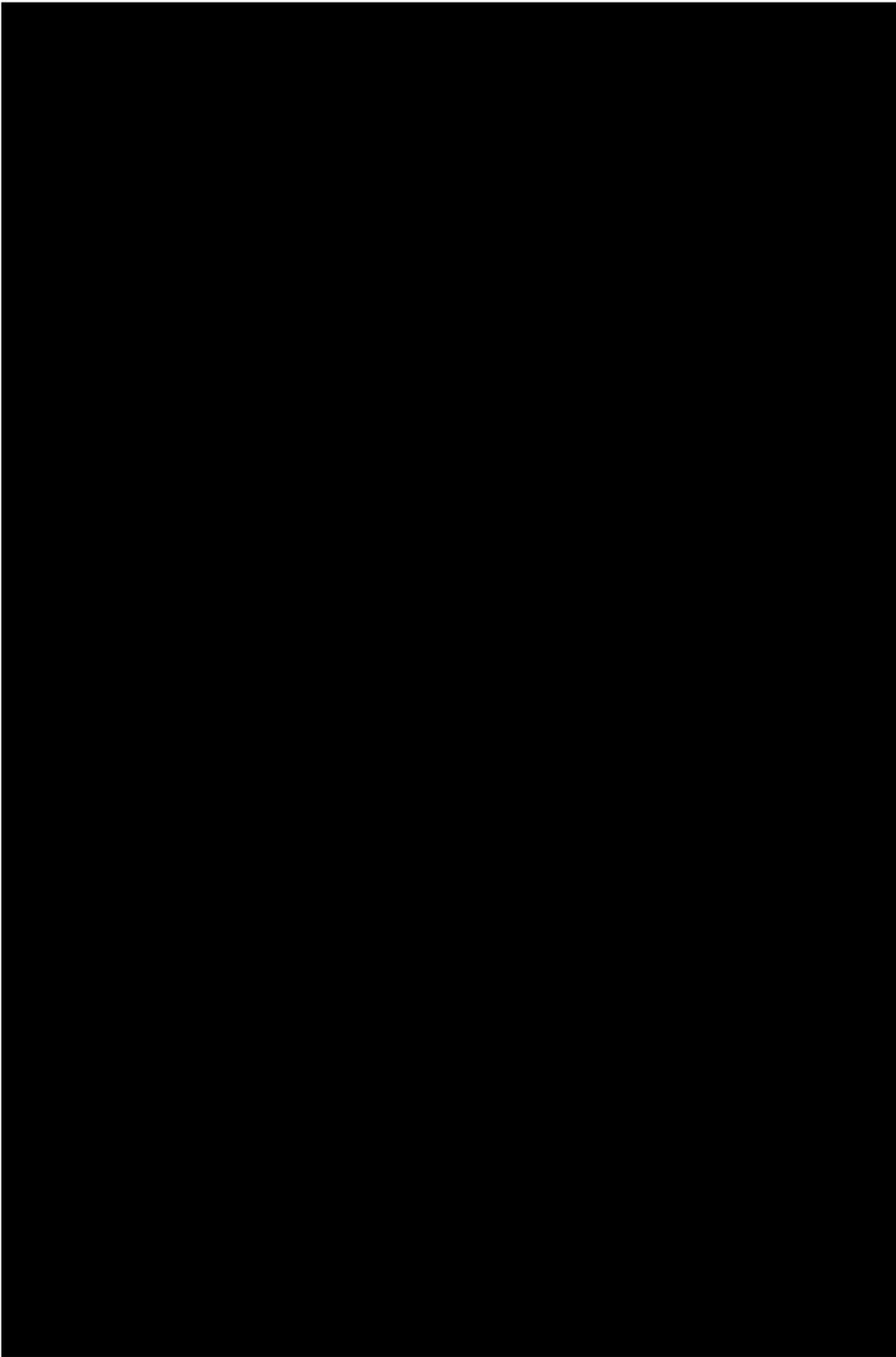
*Figura 9 - Planimetria con le sezioni idrauliche considerate nella simulazione idraulica*

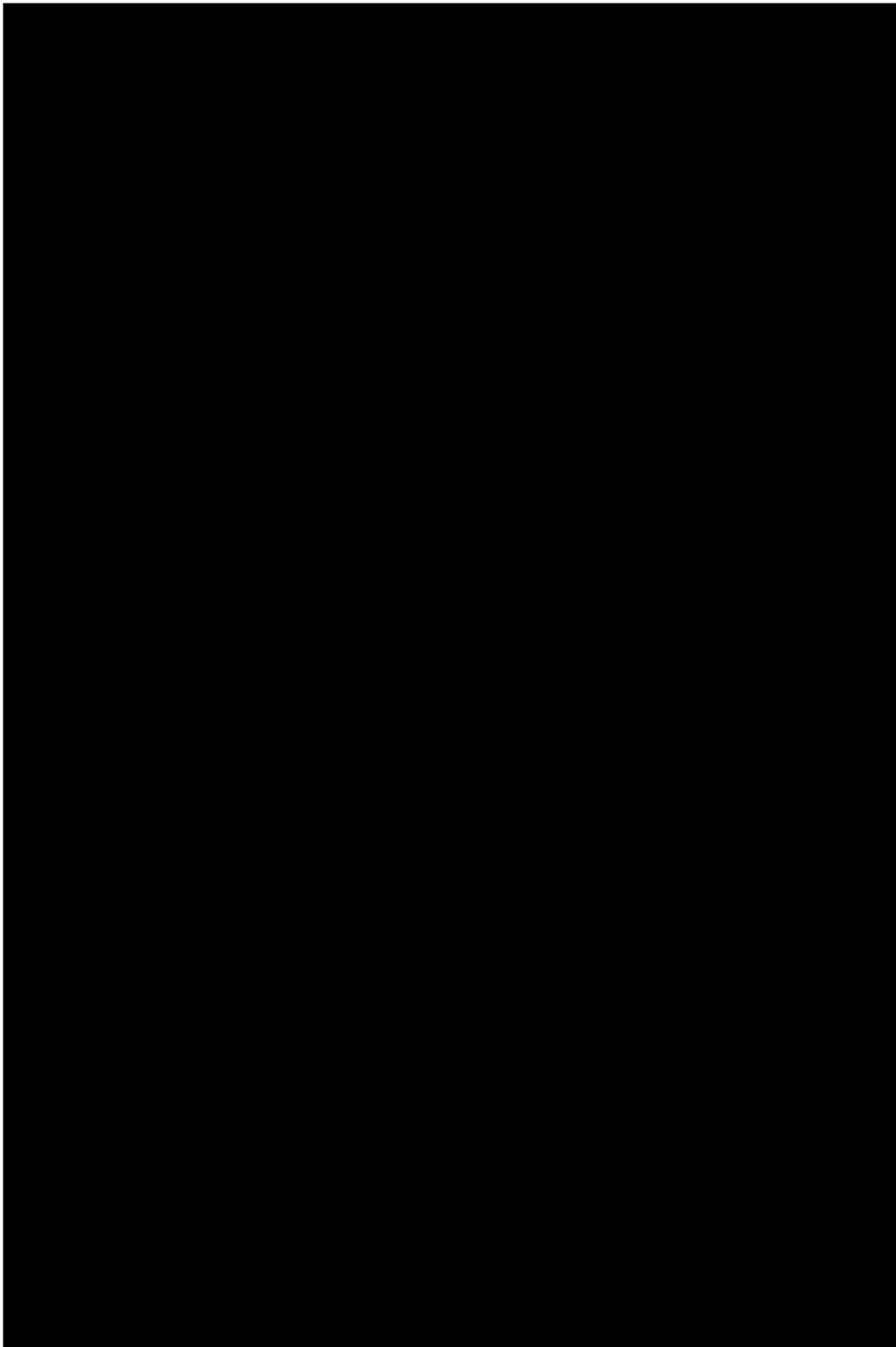


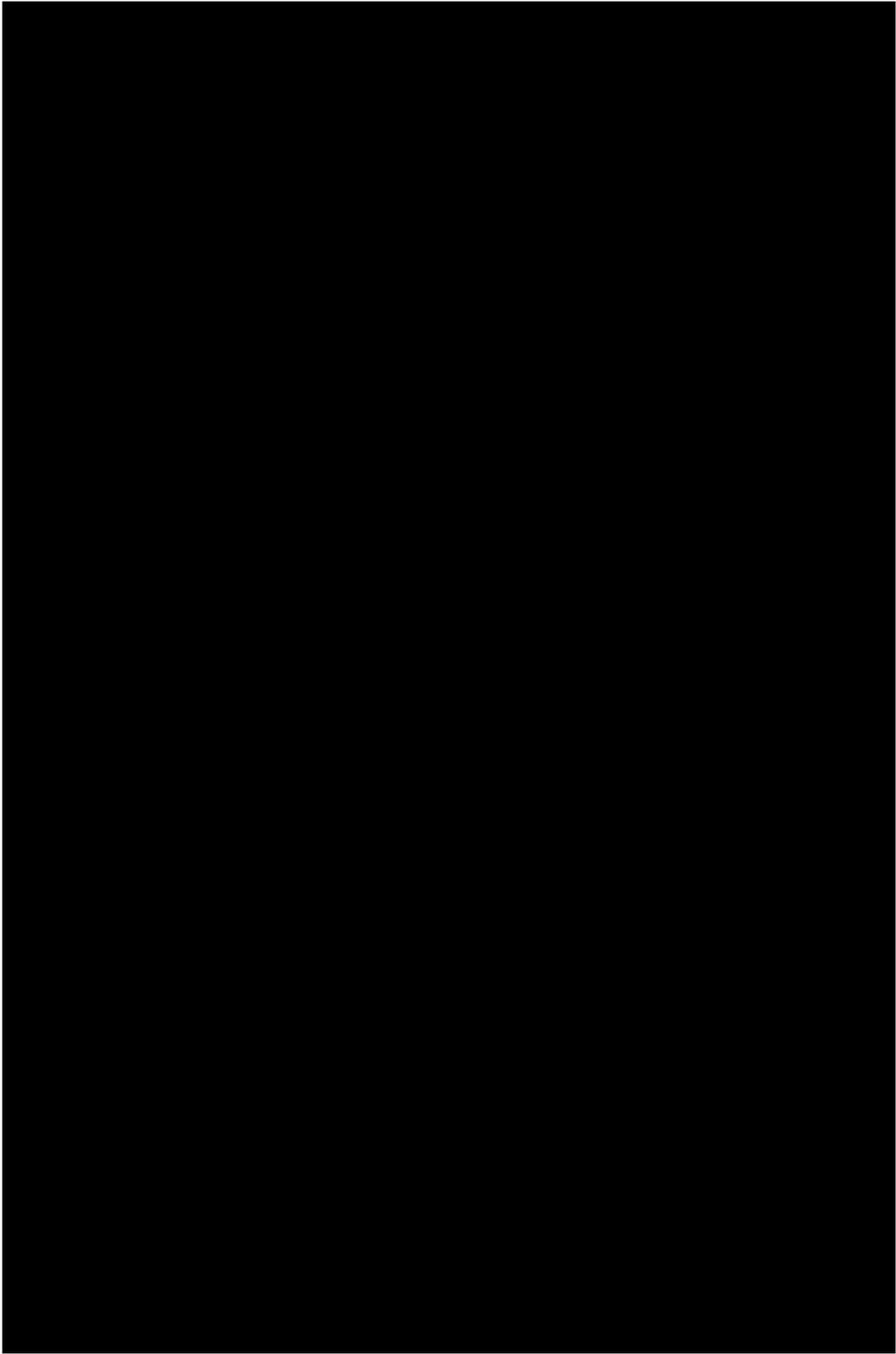
*Figura 10 - Profilo della corrente*

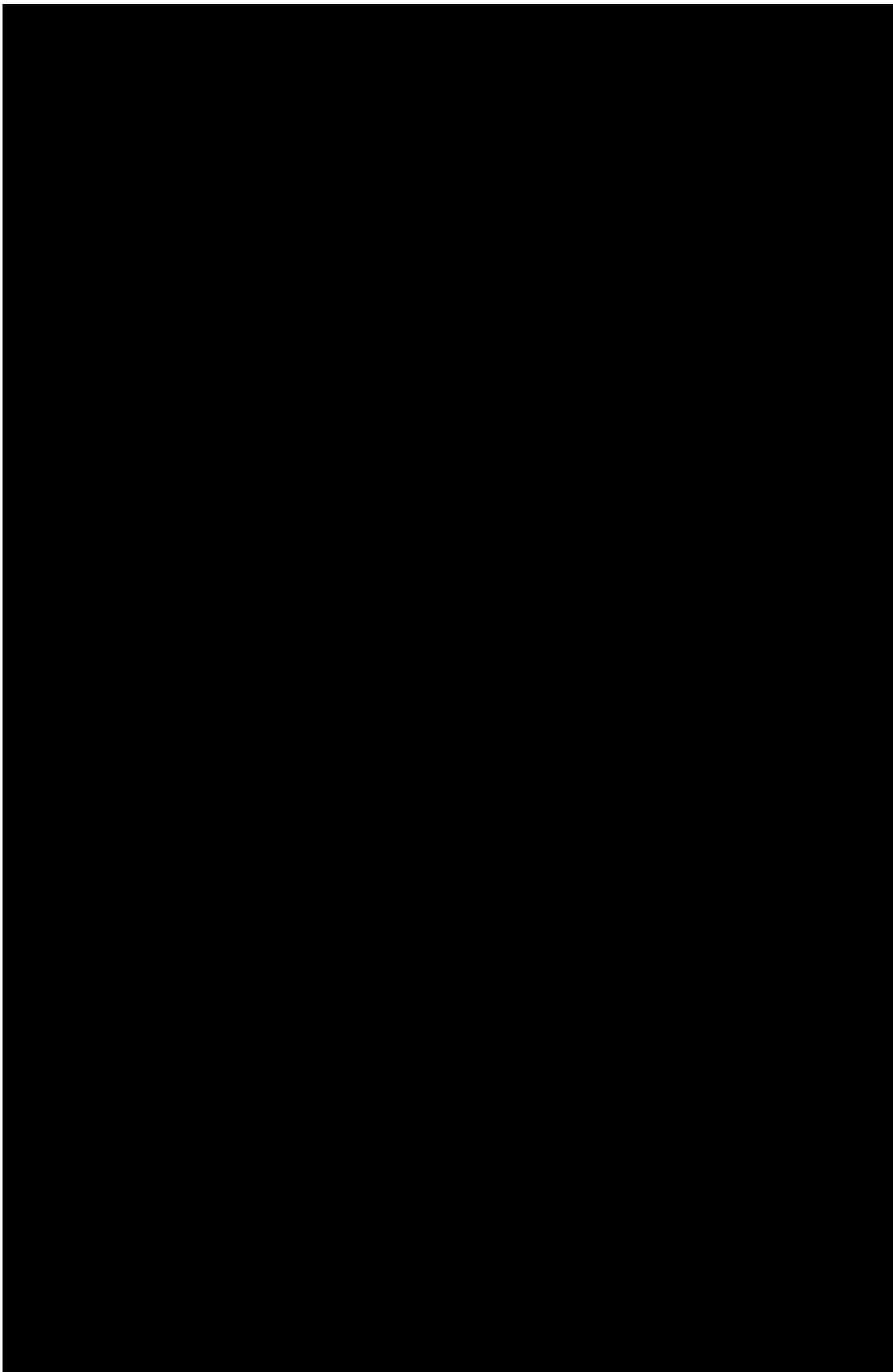
*Figura 11 - Risultato idraulico per ogni sezione (a seguire)*

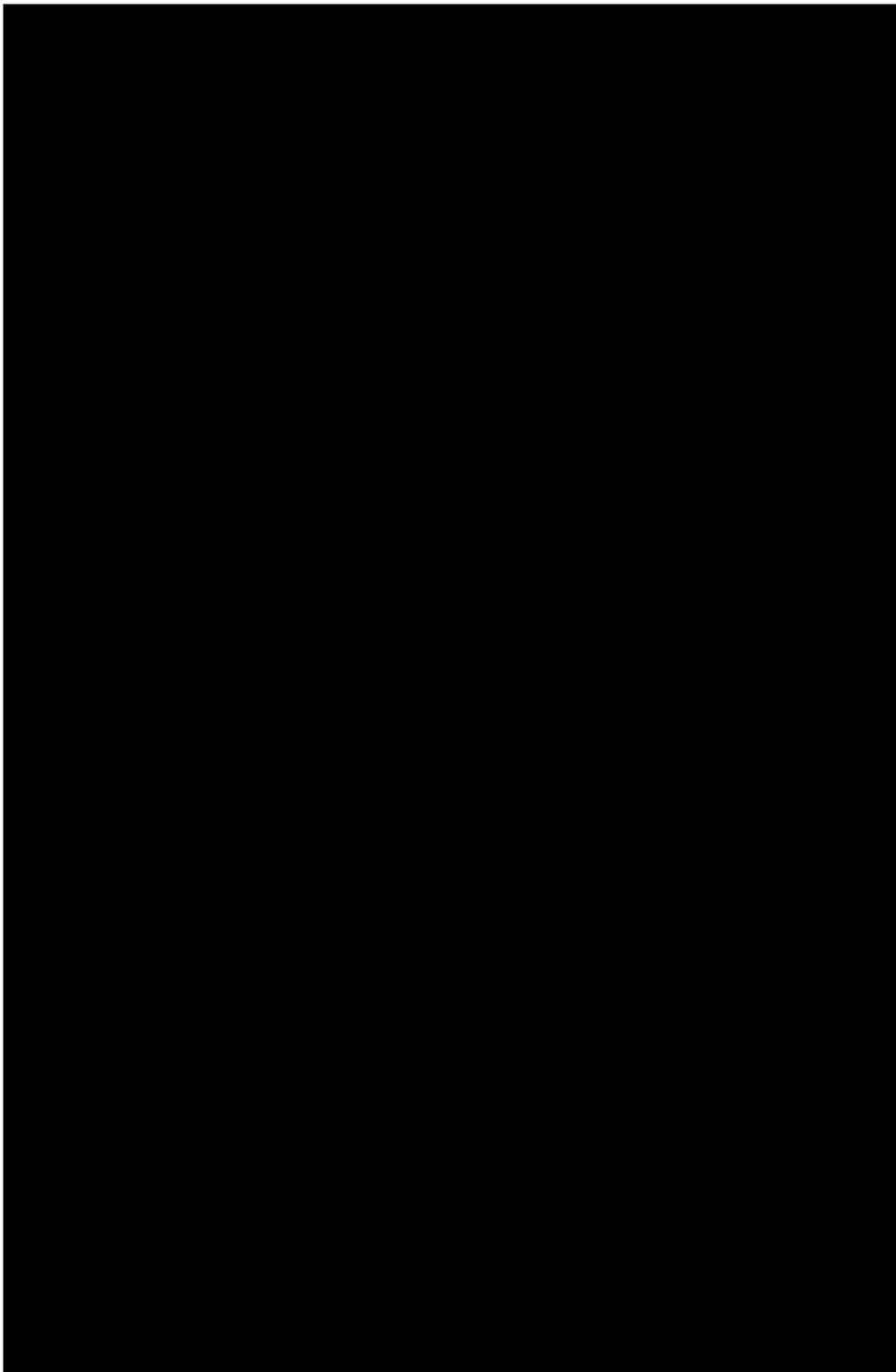


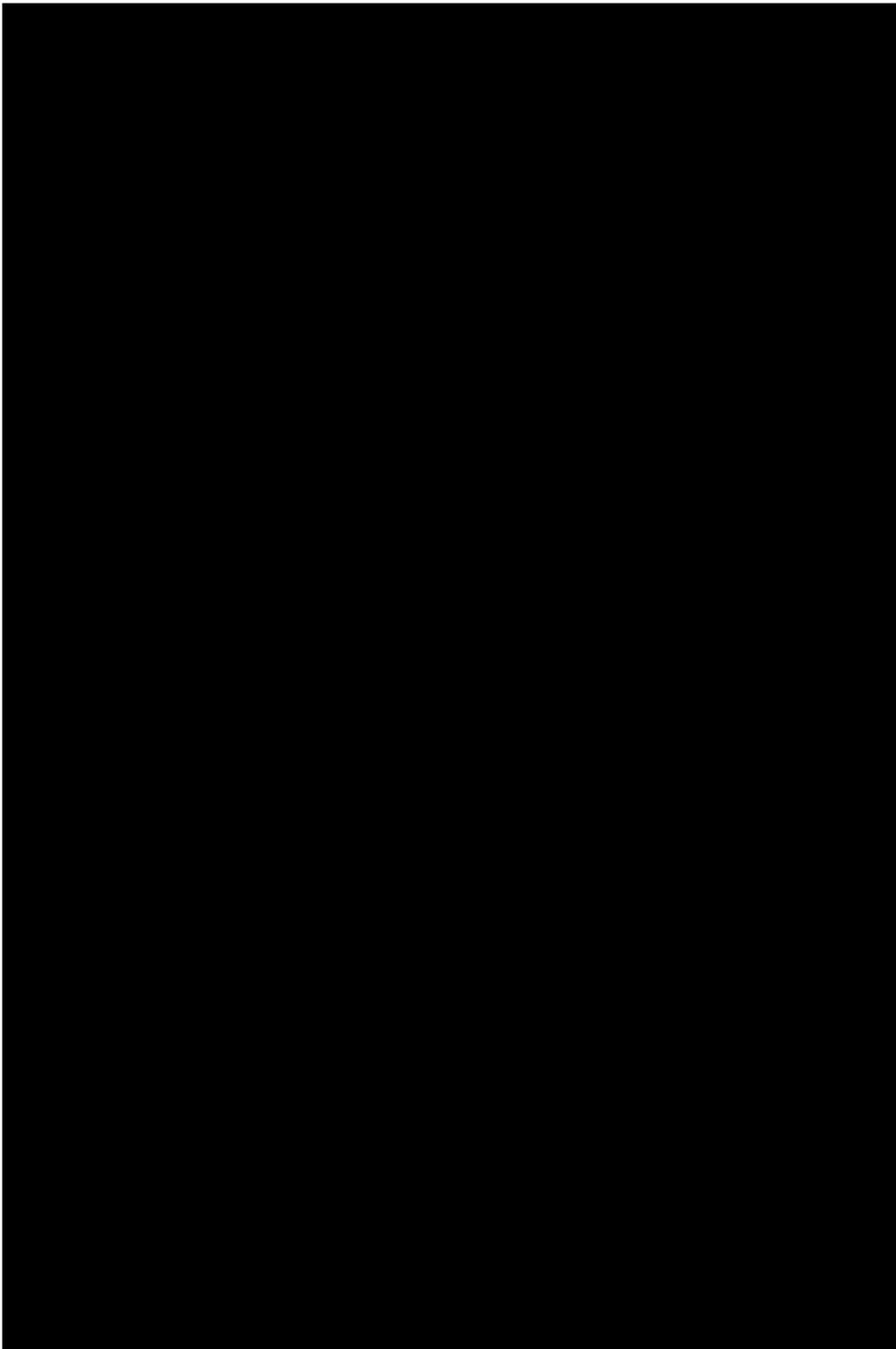






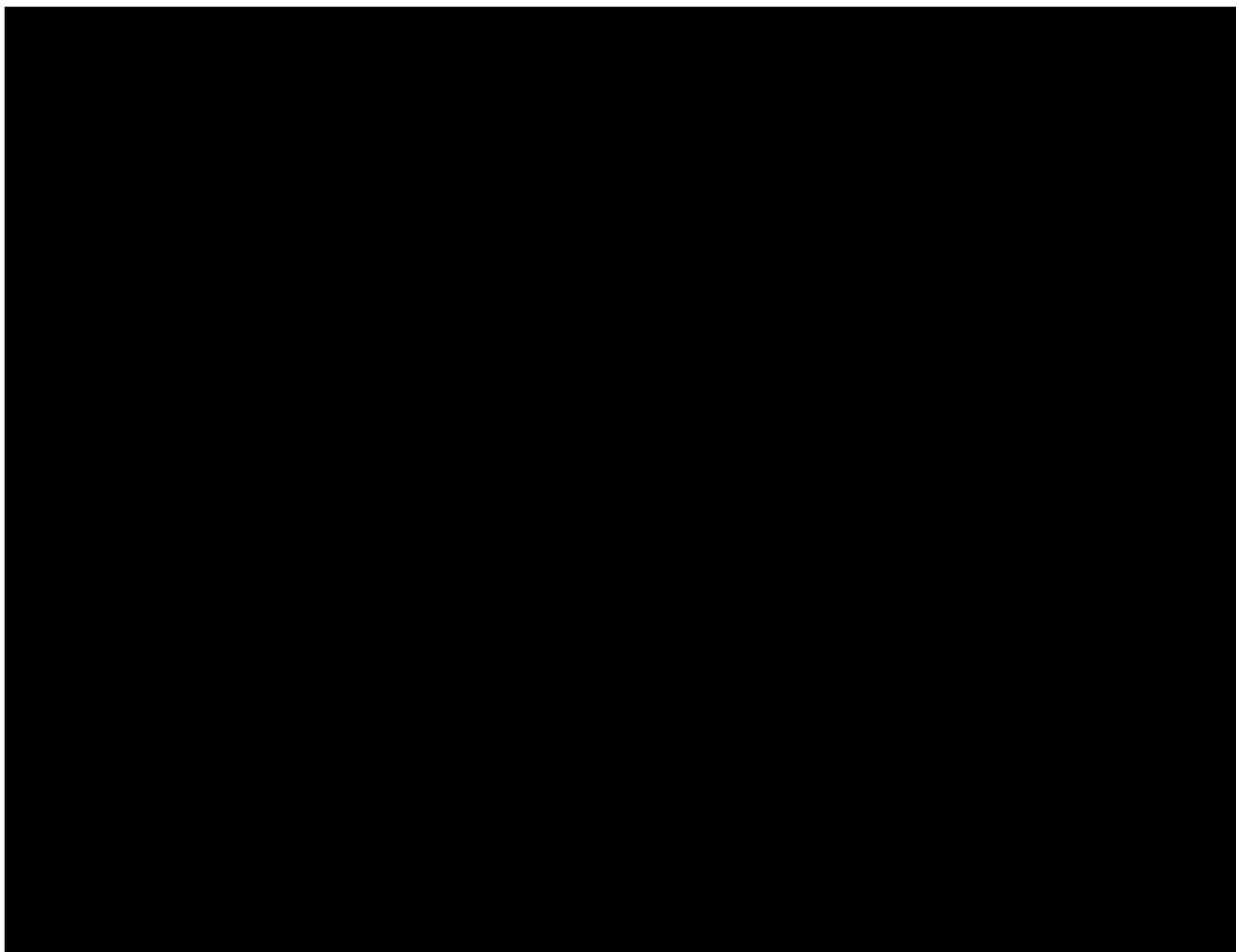






## 3.2 La mappatura della pericolosità idraulica

La nuova mappatura della pericolosità idraulica è rappresentata in Fig. 12.



*Figura 12 - Mappatura della pericolosità idraulica per  $T_r=50, 100, 200$  e  $500$  anni*

La ricostruzione rende conto delle effettive pericolosità idrauliche presenti nell'area, al fine di poter predisporre delle misure di mitigazione avendo piena consapevolezza delle condizioni attuali, ma non rappresenta uno studio su cui basare una proposta di variante PAI.

Rispetto al PAI vigente, risulta aggiornato, in aumento, l'allagamento in sinistra idraulica in corrispondenza del piazzale, nella zona a monte, mentre risulta minore l'allagamento dello stesso piazzale più a valle. Non risulta l'area a pericolosità  $Hi1$  nel tratto più vallivo, alla fine dell'area dello stabilimento.

Il resto della perimetrazione è sostanzialmente analogo a quella del PAI vigente.

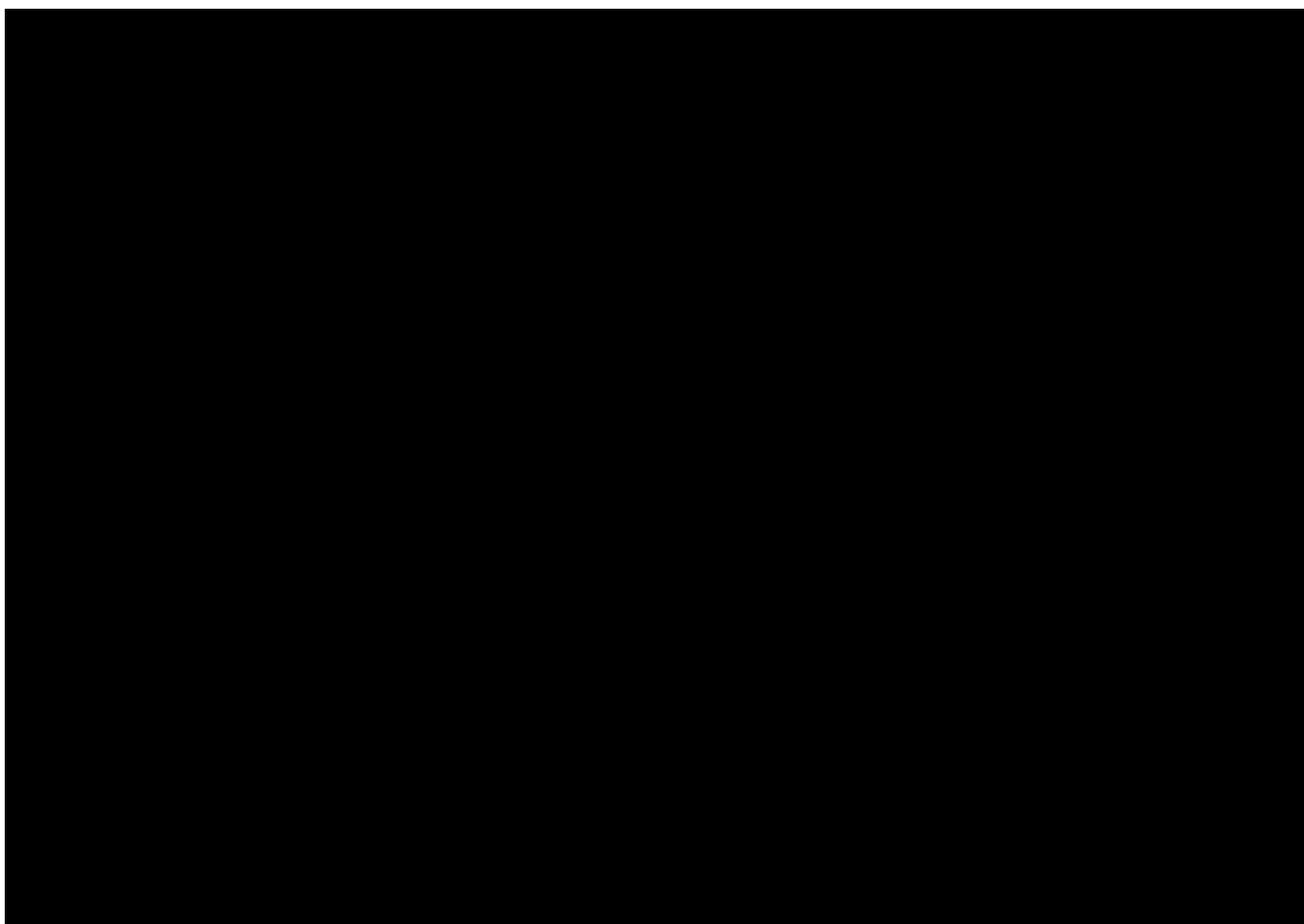
### 3.3 La mappatura del rischio idraulico

La valutazione del rischio idraulico è stata effettuata facendo ricorso alla seguente tabella (Art. 40, comma 3 delle Norme di Attuazione del PAI):

Classi di Danno Potenziale	Classi di Pericolosità Idraulica		
	P3	P2	P1
D4	R4	R3	R2
D3	R4	R3	R1
D2	R3	R2	R1
D1	R1	R1	R1

Nell'area di interesse gli elementi a rischio sono tutti D4.

La nuova mappatura del rischio idraulico è rappresentata in Fig. 13.



*Figura 14 - Mappatura del rischio idraulico*

## 4 Azione di trascinamento

Tipicamente l'azione di trascinamento della corrente nei confronti di oggetti presenti nell'area può essere valutata confrontando lo sforzo tangenziale medio  $\tau$  [Pa] lungo la sezione della corrente, tramite:

$$\tau = \gamma R j$$

dove

- $\gamma$  è il peso specifico dell'acqua [N/mc]
- $R$  il raggio idraulico [m]
- $j$  la cadente della corrente [m/m]

con lo sforzo tangenziale critico [Pa] che è dato dalla formula di Shields:

$$\tau_{cr} = (\gamma_s - \gamma) d 0.06$$

dove:

- $\gamma$  è il peso specifico dell'acqua [N/mc]
- $\gamma_s$  è il peso specifico del terreno [N/mc]
- $d$  è il diametro limite del materiale che resta stabile sul fondo [m]

L'azione di trascinamento nel Rio Figù è stata determinata per ogni sezione, ed è riportata in Tab.10, limitatamente alle sezioni a monte del ponte, che rappresentano le interferenze col piazzale in sponda sinistra.

River Sta	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl	Hydr Radius	tau
	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)		(m)	(Pa)
3928	153.24	155.73	155.97	0.00657	2.17	44.52	48.01	0.72	0.90	57.98
3916	154.16	155.47	155.85	0.01340	2.73	35.93	49.37	1.00	0.72	94.65
3907	153.56	154.90	155.61	0.03692	3.77	25.83	46.69	1.59	0.55	199.21
3899	152.81	154.30	155.30	0.03207	4.42	21.81	26.83	1.57	0.80	251.70
3891	152.23	152.64	154.64	0.26082	5.53	15.43	54.84	3.64	0.28	716.42
3867	152.15	153.47	153.57	0.00248	1.12	68.48	70.03	0.42	0.96	23.31
3861	152.06	153.45	153.55	0.00248	1.08	69.96	74.19	0.42	0.92	22.40
3842	153.02	153.39	153.51	0.00262	0.44	66.29	75.57	0.34	0.87	22.38
3830	151.80	153.39	153.47	0.00193	0.90	78.62	84.43	0.37	0.92	17.40
3811	151.40	153.36	153.43	0.00188	0.95	80.66	86.86	0.37	0.91	16.77
3800	151.23	153.23	153.39	0.00699	1.96	55.06	90.59	0.72	0.60	41.14
3781	151.02	153.15	153.28	0.00456	1.87	64.09	98.39	0.60	0.64	28.64
3771	151.25	153.13	153.24	0.00311	1.76	70.87	97.60	0.52	0.72	21.99
3752	150.67	153.12	153.20	0.00178	1.44	85.57	100.19	0.40	0.84	14.68
3742	150.63	153.13	153.17	0.00106	1.13	102.22	101.68	0.31	0.99	10.28
3723	150.13	153.12	153.16	0.00064	0.93	118.90	100.10	0.24	1.17	7.33
3705	151.04	153.12	153.15	0.00054	0.87	122.77	95.79	0.23	1.27	6.74
3686	149.95	153.11	153.14	0.00044	0.67	137.01	113.94	0.19	1.19	5.15
3674	149.72	153.11	153.13	0.00025	0.72	160.51	115.07	0.16	1.38	3.32
3663	149.54	153.11	153.13	0.00021	0.79	157.84	96.59	0.15	1.61	3.38

River Sta	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl	Hydr Radius	tau
3645	150.03	153.10	153.13	0.00021	0.80	156.07	92.20	0.16	1.63	3.41
3640	150.00	153.10	153.13	0.00020	0.81	160.89	93.80	0.15	1.69	3.27
3638	149.49	153.10	153.12	0.00018	0.78	166.57	93.93	0.14	1.74	3.00
3633	149.26	153.10	153.12	0.00015	0.74	174.20	91.95	0.13	1.86	2.72
3622	148.93	153.10	153.12	0.00020	0.85	164.92	112.50	0.15	1.44	2.81
3613	149.10	153.10	153.11	0.00010	0.63	233.62	158.88	0.11	1.45	1.48
3605	148.74	153.09	153.11	0.00017	0.80	177.27	124.64	0.14	1.40	2.33
3599	148.76	153.08	153.11	0.00024	0.90	160.13	129.47	0.17	1.22	2.90
3592	149.11	153.06	153.10	0.00100	1.20	109.09	131.25	0.30	0.81	7.93

Tabella 10 - Azione di trascinamento nel Rio Figu. Sezioni a monte del ponte

Tralasciando le sezioni dalla 3928 alla 3899, a monte del piazzale, e la stessa 3891, apparentemente la prima che attraversa il piazzale, ma in realtà interessata solo da un rigurgito da valle privo di velocità di trascinamento, si verifica che l'azione di trascinamento resta limitata entro i 41 Pa.

Nello specifico, è stata effettuata una analisi parametrica determinando il diametro massimo per la non trascinabilità in funzione del peso specifico del materiale (che in generale è variabile), riportata in Fig. 15.

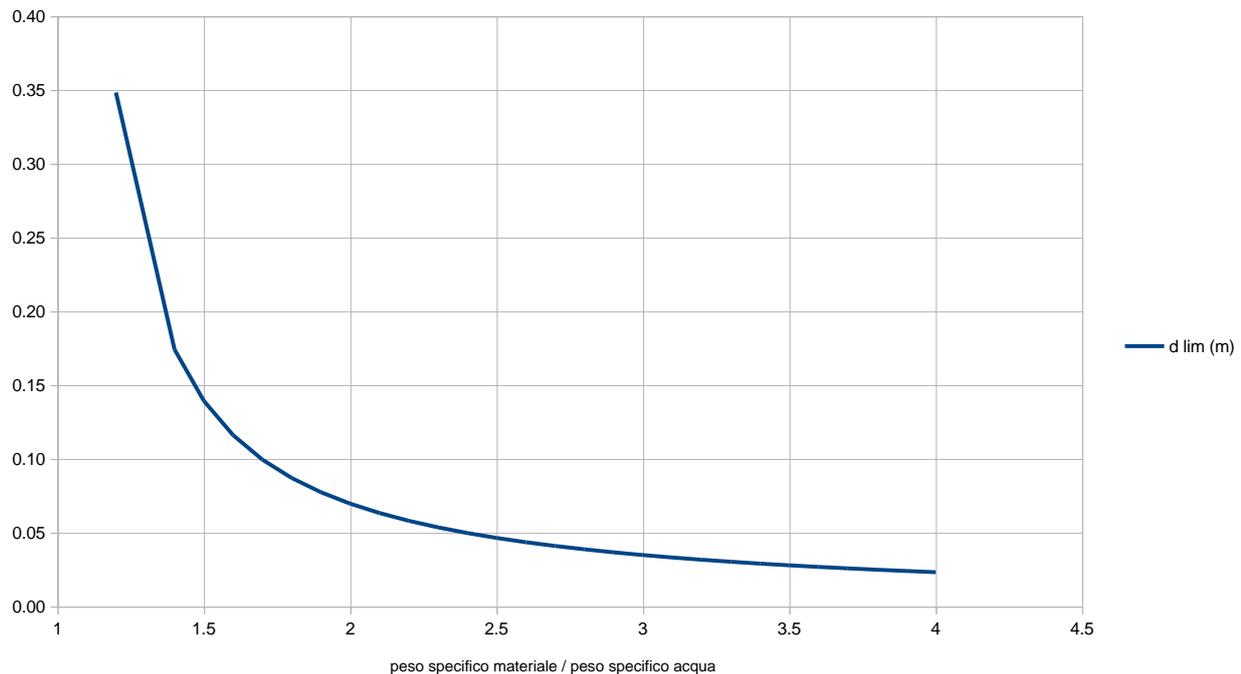


Figura 15: Diametro massimo degli oggetti stabili sotto l'azione della corrente

Il limite di non trascinabilità dipende dal tipo di materiale, ovvero il suo peso specifico apparente (rapporto tra peso complessivo e volume di liquido spostato, compresi i vuoti interni) e la sua dimensione.

Quindi un materiale completamente immerso (per  $d < 0.20$  m, per esempio) è stabile se il suo peso specifico apparente è maggiore di 1.4 volte quello dell'acqua (tutti i materiali da costruzione, i metalli, le rocce, ecc.).

Sono invece a rischio di trascinamento i materiali con peso specifico apparente via via inferiori a quello.

Si tratta, però, di valutare il peso specifico rapportando il peso dell'oggetto al volume di acqua spostata. Un oggetto, come una automobile, che presenta un peso medio di 1400 kg, con un tirante di 20 cm sposta circa 1/5 di mc, con un peso apparente di 70'000 N/mc, molto più del suo peso specifico considerando il suo volume globale.

In merito al rischio trascinamento e al più generale rischio idrogeologico esistente nelle aree a pericolosità idraulica che si trovano all'interno dello Stabilimento e che insistono in particolare sul Rio Figu, la Proponente, in via precauzionale, prevede di mettere in atto le azioni riportate nel piano di intervento già trasmesso (rif. Allegato 2 "RT4901393\_-00 "Analisi degli interventi e delle opere presenti in stabilimento ricadenti in area a pericolosità idraulica" al documento "Controdeduzioni Proponente esiti conferenza istruttoria 12.09.2024" di cui alla nota prot. n° EPE001\_E\_0021\_241011\_DC del 11.10.2024), in cui erano state identificate le seguenti misure, articolate in due fasi temporali:

- misure di carattere strutturale, da elaborare, approvare e realizzare nel medio – lungo termine, quali interventi strutturali di difesa, di contenimento e di protezione dal pericolo idraulico (per esempio un argine sul rio);
- misure di carattere non strutturale, da attuare nel breve termine, consistenti in una serie di accorgimenti transitori di carattere preventivo, organizzativo e gestionale che prevedono, ad esempio, una riorganizzazione di spazi e delle unità logiche unitamente all'adozione di un piano di gestione del rischio.

Anche in riferimento a quanto illustrato nella "Relazione sulle misure non strutturali" ricompresa nel "Piano di gestione del Rischio alluvioni – secondo ciclo di pianificazione" dell'Autorità di Bacino della Sardegna, sono state individuate le fasi di intervento per la gestione di un evento causato da fenomeni meteorologici avversi.

In particolare, si prevede di:

- pianificare una serie di interventi di dislocazione dei materiali e di dismissione di alcune unità logiche presenti nelle aree direttamente interessate dal suddetto rischio;
- predisporre un "Piano di Gestione del Rischio".

Per la riduzione dell'attuale rischio idrogeologico, la Proponente prevede in particolare di rimuovere temporaneamente dall'area a pericolosità idraulica molto elevata Hi4 tutti quei materiali che, in caso di esondazione del Rio Gutturu Mannu (Rio Figu), potrebbero subire fenomeni di trascinamento a valle e/o comportare situazioni di "effetto diga". Tali materiali, quali per esempio i materiali ferrosi presenti nel [REDACTED], saranno dislocati all'interno dello stabilimento in altre aree già autorizzate a tale scopo e che oggi presentano ancora un margine residuo di stoccaggio, oppure conferiti in altri magazzini in conto terzi. Per alcune opere, quali per esempio locali adibiti allo stoccaggio di tali

materiali, o per alcuni locali tecnici e di servizio presenti sarà prevista inoltre la totale dismissione. Questa nuova riorganizzazione degli spazi e delle attività comporterà una evidente e quasi totale eliminazione dei materiali ad oggi presenti in area a pericolosità idraulica molto elevata Hi4.

Per la gestione del rischio residuo, in considerazione del fatto che, per alcune opere ricadenti in area Hi4, quali per esempio i reparti produttivi ■■■ ed ■■■, non è possibile prevedere una nuova dislocazione, la Società elaborerà un “Piano di Gestione del Rischio” al fine di introdurre una serie di procedure organizzative e gestionali che, in caso di emergenza, dovranno essere messe in atto nell’immediato, con lo scopo di tutelare e salvaguardare le matrici ambientali e la salute e la sicurezza dei lavoratori che si trovano ad operare nell’area interessata.