



**Wpd Monte Cigliano s.r.l.**

Viale Aventino n. 102 - 00153 ROMA

**REGIONE PUGLIA**

**COMUNI DI TROIA – LUCERA - BICCARI (FG)**

**PROGETTO DEFINITIVO  
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEI TERRITORI  
DEI COMUNI DI TROIA - LUCERA E BICCARI (FG)  
IN LOCALITA' "MONTARATRO"**

PROGETTISTI:

PROPONENTE:

**M&M ENGINEERING S.r.l.**

Sede Operativa:  
Via I Maggio, n.4  
71045 Orta Nova (FG) - Italy  
tel./fax (+39) 0885791912 -  
[ing.marianomarseglia@gmail.com](mailto:ing.marianomarseglia@gmail.com)

**Progettisti:**

ing. Mariano Marseglia  
ing. Giuseppe Federico Zingarelli

**Collaborazioni:**

ing. Giovanna Scuderi  
ing. Dionisio Staffieri  
geom. Francesco Mangino  
geom. Claudio A. Zingarelli

**Wpd Monte Cigliano s.r.l.**

Viale Aventino n. 102  
00153 ROMA

ELABORATO	TITOLO	COMMESSA			
<b>GEO 11</b>	<b>RELAZIONE IDROLOGICA</b>	<b>04EOL-2018</b>			
		CODICE ELABORATO			
		<b>EOL-GEO-11</b>			
REVISIONE	Tutte le informazioni tecniche contenute nel presente documento sono di proprietà esclusiva della Studio M&M Engineering S.r.l e non possono essere riprodotte, divulgate o comunque utilizzate senza la sua preventiva autorizzazione scritta. (art. 2575 c.c.)	NOME FILE	PAGINE		
<b>00</b>		<b>EOL-GEO-11.doc</b>	<b>21 + copertina</b>		
REV		DATA	Elaborato	Controllato	Approvato
00	15/05/2019	Prima Emissione	Marseglia	Marseglia	Longo
01					
02					
03					
04					
05					
06					

## INDICE

1. PREMESSA .....	1
2. STUDIO IDROLOGICO .....	2
3. STUDIO IDROLOGICO CON METODO RAZIONALE .....	3
4. CONCLUSIONI .....	20

## **1. PREMESSA**

La presente relazione tecnica è relativa alla redazione del progetto per la realizzazione di un parco eolico proposto dalla società **Wpd Monte Cigliano s.r.l.** con sede in Roma al Viale Aventino n. 102.

La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 23 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 5,3 MW per una potenza complessiva di 121,90 MW, da realizzarsi nella Provincia di Foggia, nei territori comunali di Troia, Lucera e Biccari, in cui insistono gli aerogeneratori, mentre parte delle opere di connessione e la Sottostazione Elettrica ricade nel Comune di Troia.

La relazione idrologica è redatta in conformità ai criteri dettati dall'Autorità di Bacino della Regione Puglia, istituita con L. R. n. 19 del 9 dicembre 2002, la quale ha approvato il Piano di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI), di cui alla Legge 183/89, il 30 novembre 2005.

In essa viene condotto lo studio idrologico dell'area di interesse necessario a definire le portate di piena transanti nei canali, per un tempo di ritorno di 200 anni.

## 2. STUDIO IDROLOGICO

È stato condotto uno studio idrologico a livello di bacino, per la determinazione delle portate attese, per un tempo di ritorno di 200 anni, utilizzando le teorie ritenute più idonee in rapporto alle estensioni dei bacini.

Tale studi sono stati seguiti dalle modellazioni e valutazioni idrauliche dei rami di rete idrografica potenzialmente soggette a criticità (terza fase), ed il tutto è stato svolto in condizioni di moto permanente.

Per lo svolgimento della modellazione idraulica è stato utilizzato il software HEC- RAS River Analysis System. Le verifiche sono state condotte lungo tratti d'asta avente lunghezza giudicata sufficiente e tale da non far risentire gli effetti delle condizioni al contorno imposte, nelle sezioni di interesse. Ciò al fine di giudicare la compatibilità o le interferenze degli interventi previsti. Sono stati infine individuati gli elementi e le aree vulnerabili.

Si è quindi proceduto alla redazione degli studi idrologici individuando i bacini significativi, per la determinazione delle portate attese con il tempo di ritorno di 200 anni.

In tutto sono stati individuati 13 tra bacini e sottobacini. Si è utilizzato il Metodo Razionale, calcolando il tempo di corrivazione con le Formula di Pezzoli e Kirpich, Watt-Chow-Pezzoli.

Per la definizione della curva di probabilità pluviometrica, è stata utilizzata la distribuzione di Gumbel partendo dalle serie dei dati di pioggia riportati negli annali idrologici e riferiti alla stazione pluviometrica di Troia, registrati nel periodo 1960-2013, per un totale di 40 osservazioni.

Per i bacini analizzati non esistono nelle sezioni terminali delle stazioni di misura idrometrica, quindi viene necessariamente utilizzato un modello indiretto per la stima della valutazione della piena media annua.

### 3. STUDIO IDROLOGICO CON METODO RAZIONALE

Per quanto riguarda il Metodo Razionale, esso è semplicemente una formula che sotto determinate ipotesi permette di calcolare la massima portata che una data pioggia determinerà, per un dato bacino idrologico, in una sezione idraulica di controllo. Avendo cura di scegliere l'evento di pioggia critica (più pericolosa) per un dato bacino, il metodo consente allora di stimarne la portata critica di deflusso (massima portata di deflusso dal bacino). Questo approccio al problema dà risultati tecnicamente soddisfacenti nel caso di canali di lunghezza modesta, per i quali possa ritenersi trascurabile l'effetto invaso del collettore/canale medesimo. Tale metodo esprime la convinzione che la massima portata defluente dalla sezione di sbocco del bacino sia una parte della pioggia caduta su tutta l'area del bacino in un certo tempo (Rossi, Villani, 1994). Alla base di tale metodologia è l'assunzione di una pioggia costante nel tempo ed uniforme nello spazio avente una durata pari ad un valore critico per il bacino, a cui consegue un idrogramma di piena standard di forma triangolare con base pari a due volte la durata della pioggia.

Si riportano i dati storici delle precipitazioni di massima intensità di durata 1, 3, 6, 12 e 24 ore, rilevati presso la stazione di misura di Troia, nel periodo 1960-2013 per un totale di 40 osservazioni:

<b>DATI PLUVIOGRAFICI</b>					
(Precipitazioni di massima intensità registrate al pluviografo su 1, 3, 6, 12, 24 ore consecutive)					
ANNO	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
	h (mm)	mm	mm	mm	mm
1960	18.4	21.4	27.2	27.8	30.4
1961	21.0	32.0	35.4	36.0	65.0
1962	18.6	36.0	48.0	51.6	53.0
1963	44.6	82.4	82.4	82.4	82.4
1964	30.2	41.4	41.4	41.4	48.4
1965	23.4	23.4	31.4	41.6	51.6
1967	34.0	43.0	49.8	52.4	60.0
1970	20.0	25.0	37.0	38.6	51.2
1971	20.0	33.0	55.8	73.8	103.4

1974	26.4	30.4	42.6	47.6	63.0
1975	20.8	36.8	51.6	52.8	53.4
1977	19.6	21.8	22.2	24.6	25.4
1978	18.4	21.4	32.8	38.8	54.6
1979	15.4	30.8	39.8	47.2	56.6
1980	20.0	40.8	49.2	49.4	53.6
1981	15.8	20.4	24.4	25.6	29.8
1983	17.0	29.4	30.4	41.4	49.0
1984	13.0	22.0	32.0	53.2	77.8
1989	35.6	54.4	58.4	58.4	58.4
1990	21.8	25.0	33.2	46.6	65.4
1991	49.6	54.4	54.4	54.4	74.8
1992	20.0	24.6	25.2	37.8	43.2
1995	22.6	25.0	25.0	39.0	40.2
1997	34.2	34.4	34.4	34.4	34.4
1998	34.2	46.2	74.6	75.8	75.8
1999	35.2	36.8	46.6	46.6	46.8
2000	19.8	21.8	30.8	39.4	48.6
2001	18.2	34.6	63.4	68.4	69.2
2002	20.6	21.8	23.8	30.2	50.6
2003	16.4	30.0	46.0	78.8	118.6
2004	28.6	34.8	58.6	63.0	63.4
2005	65.2	79.0	80.0	80.2	80.2
2006	16.6	19.0	25.4	36.6	67.0
2007	12.8	16.0	16.0	19.8	26.4
2008	16.8	19.8	24.8	27.4	38.4
2009	71.4	73.4	75.2	85.0	100.2
2010	34.6	35.2	35.2	35.2	37.8
2011	26.4	15.8	29.4	30.4	45.0
2012	32.8	54.6	54.6	54.6	54.6
2013	31.0	31.0	43.2	68.0	90.2

Si riportano ora i dati statistici ottenuti della distribuzione di Gumbel, le altezze massime di pioggia regolarizzate e, le leggi di pioggia per vari tempi di ritorno:

**ANALISI STATISTICA DEI DATI PLUVIOGRAFICI****Metodo di Gumbel**

**Tabella 1** - Valori per ciascuna durata  $t$ , della media  $\mu(h_t)$ , dello scarto quadratico medio  $\sigma(h_t)$  e dei due parametri  $\alpha_t$  e  $u_t$  della legge di Gumbel (prima legge del valore estremo "EV1")

N =	40	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
$\mu(h_t)$		26.53	34.48	42.29	48.41	58.45
$\sigma(h_t)$		12.92	16.18	16.84	17.38	21.05
$\alpha_t = 1,283 / \sigma(h_t)$		0.0993	0.0793	0.0761	0.0738	0.0609
$u_t = \mu(h_t) - 0.45 \sigma(h_t)$		20.7075	27.1895	34.7070	40.5811	48.9678

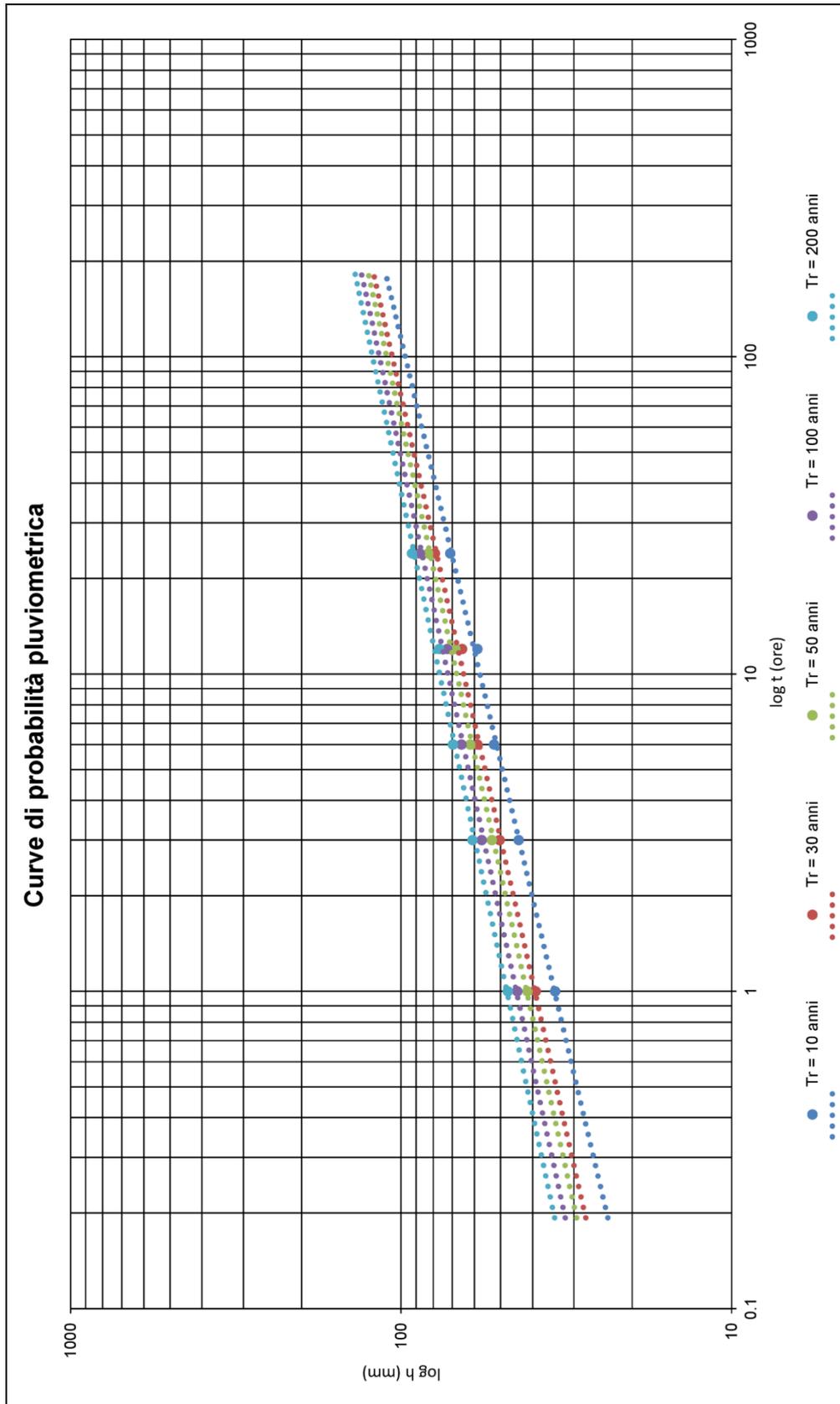
**Tabella 2** - Altezze massime di pioggia regolarizzate (mm)

Tr		t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
10 anni	$h_{\max} =$	34.2039	44.0915	52.2991	58.7322	70.9544
30 anni	$h_{\max} =$	39.1656	50.3053	58.7666	65.4052	79.0374
50 anni	$h_{\max} =$	41.4306	53.1419	61.7190	68.4514	82.7273
100 anni	$h_{\max} =$	44.4858	56.9680	65.7013	72.5602	87.7044
200 anni	$h_{\max} =$	47.5298	60.7801	69.6691	76.6541	92.6633

**Tabella 3** – Legge di pioggia

Tr	LEGGE DI PIOGGIA $h = a \times t^n$
10 anni	$h = 34.325 \times t^{0.2258}$
30 anni	$h = 39.372 \times t^{0.2157}$
50 anni	$h = 41.678 \times t^{0.2118}$
100 anni	$h = 44.788 \times t^{0.2071}$
200 anni	$h = 47.888 \times t^{0.203}$

Curve di probabilità pluviometrica:



Si ricava ora la portata avente tempo di ritorno 200 anni per ciascun bacino analizzato:

Bacino Canale La Difesa

- Lunghezza dell'asta:  $L = 7.50 \text{ km}$
- Area del bacino:  $A = 4.42 \text{ km}^2$
- Coefficiente di deflusso:  $C^* = 0.4$  per terreni coltivati e mediamente permeabili
- Pendenza media dell'asta:  $i_a = 0.035$
- Coefficiente di riduzione areale:  $K_a = 1$
- Tempo di corrivazione secondo la formula di Pezzoli:

$$t_c = 0.055(L/\sqrt{i_a}) = 0.055(7.50/\sqrt{0.035}) = 2.22 \text{ h}$$

- Tempo di corrivazione secondo la formula di Kirpich, Watt-Chow-Pezzoli:

$$t_c = [0.02221(L*10/\sqrt{i_a})^{0.8}] / 0.60 = [0.02221(7.50*10/\sqrt{0.035})^{0.8}] / 0.60 = 1.79 \text{ h}$$

assumendo la seconda in quanto quella più gravosa si ha:

- Altezza massima di pioggia con  $t_r = 200$  anni:

$$h_{200} = 47.888 \times t_c^{0.203} = 53.89 \text{ mm}$$

- Portata avente tempo di ritorno 200 anni:

$$m(Q_{200}) = C^* K_a h_{200} A / (3.6 t_c) = 0.4 * 1 * 53.89 * 4.42 / (3.6 * 1.79) = 14.80 \text{ m}^3/\text{s}$$

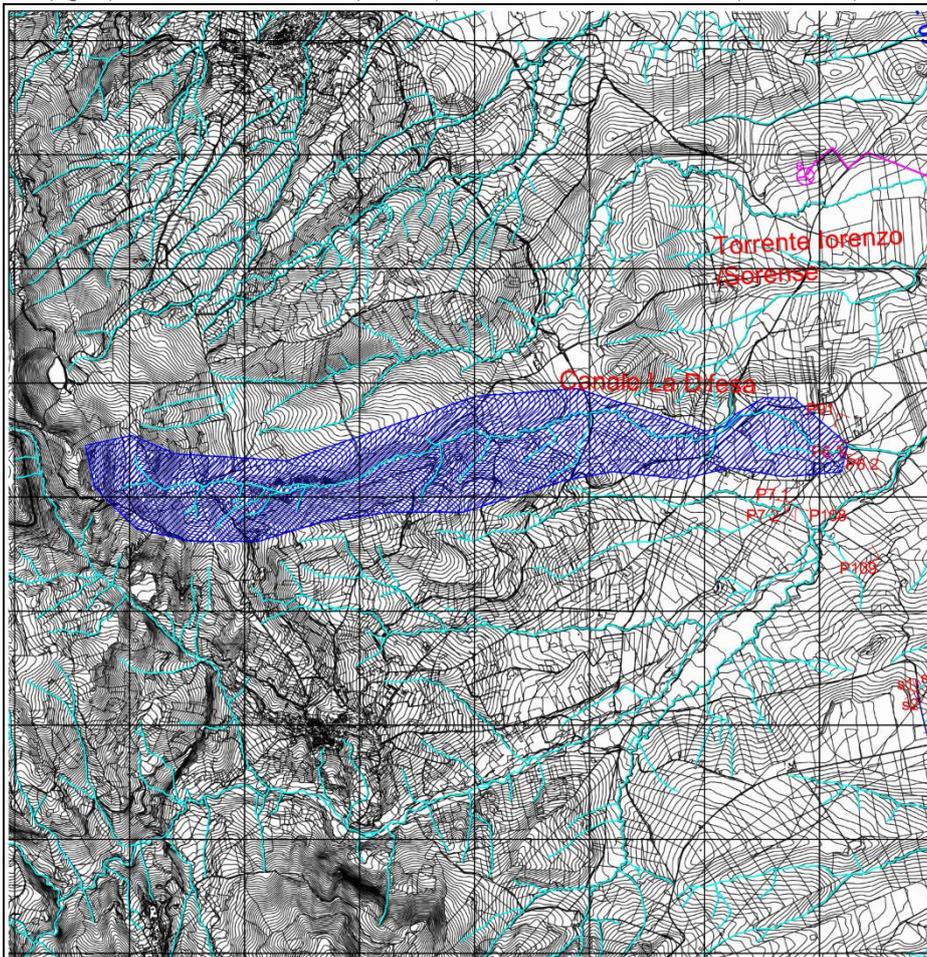


Fig. 1) Canale La Difesa

Bacino Torrente Celone – Primo Tratto 1

- Lunghezza dell’asta:  $L = 15.80$  km
- Area del bacino:  $A = 46.50$  km<sup>2</sup>
- Coefficiente di deflusso:  $C^* = 0.4$  per terreni coltivati e mediamente permeabili
- Pendenza media dell’asta:  $i_a = 0.025$
- Coefficiente di riduzione areale:  $K_a = 1$

- Tempo di corrivazione secondo la formula di Pezzoli:

$$t_c = 0.055(L/\sqrt{i_a}) = 0.055(15.80/\sqrt{0.025}) = 5.53 \text{ h}$$

- Tempo di corrivazione secondo la formula di Kirpich, Watt-Chow-Pezzoli:

$$t_c = [0.02221(L*10/\sqrt{i_a})^{0.8}] / 0.60 = [0.02221(15.80*10/\sqrt{0.025})^{0.8}] / 0.60 = 3.72 \text{ h}$$

assumendo la seconda in quanto quella più gravosa si ha:

- Altezza massima di pioggia con  $t_r = 200$  anni:

$$h_{200} = 47.888 \times t_c^{0.203} = 62.52 \text{ mm}$$

- Portata avente tempo di ritorno 200 anni:

$$m(Q_{200}) = C^* K_a h_{200}^3 A / (3.6 t_c) = 0.4 * 1 * 62.52^3 * 46.5 / (3.6 * 3.72) = 86.87 \text{ m}^3/\text{s}$$

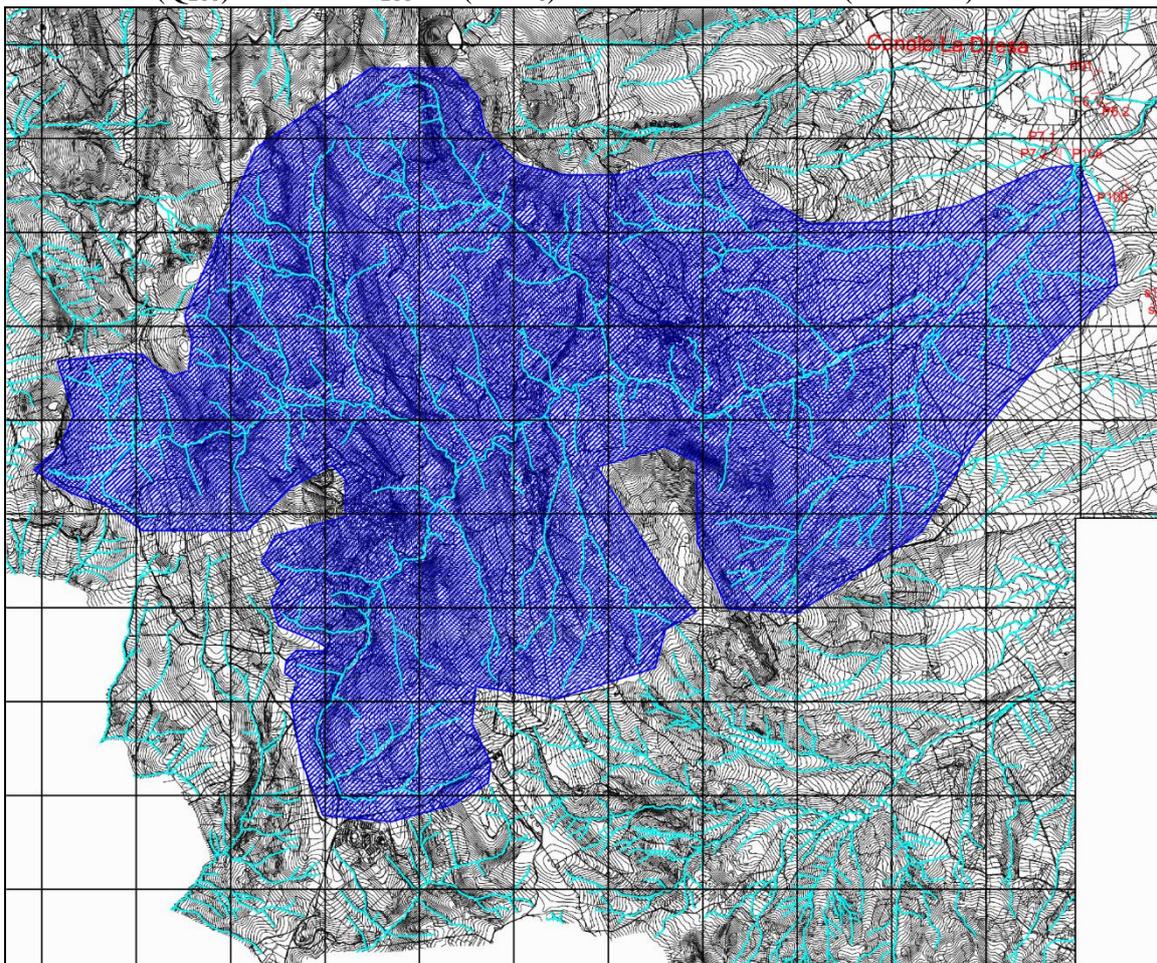


Fig. 2) Torrente Celone – Primo Tratto

Bacino Affluente Torrente Celone – Primo Tratto

- Lunghezza dell’asta:  $L = 3.72 \text{ km}$
- Area del bacino:  $A = 2.59 \text{ km}^2$
- Coefficiente di deflusso:  $C^* = 0.4$  per terreni coltivati e mediamente permeabili
- Pendenza media dell’asta:  $i_a = 0.037$
- Coefficiente di riduzione areale:  $K_a = 1$

- Tempo di corrivazione secondo la formula di Pezzoli:

$$t_c = 0.055(L/\sqrt{i_a}) = 0.055(3.72/\sqrt{0.037}) = 1.06 \text{ h}$$

- Tempo di corrivazione secondo la formula di Kirpich, Watt-Chow-Pezzoli:

$$t_c = [0.02221(L*10/\sqrt{i_a})^{0.8}] / 0.60 = [0.02221(3.72*10/\sqrt{0.037})^{0.8}] / 0.60 = 0.99 \text{ h}$$

assumendo la seconda in quanto quella più gravosa si ha:

- Altezza massima di pioggia con  $t_r = 200$  anni:

$$h_{200} = 47.888 \times t_c^{0.203} = 47.8 \text{ mm}$$

- Portata avente tempo di ritorno 200 anni:

$$m(Q_{200}) = C^* K_a h_{200} A / (3.6 t_c) = 0.4 * 1 * 47.8 * 2.59 / (3.6 * 0.99) = 13.89 \text{ m}^3/\text{s}$$

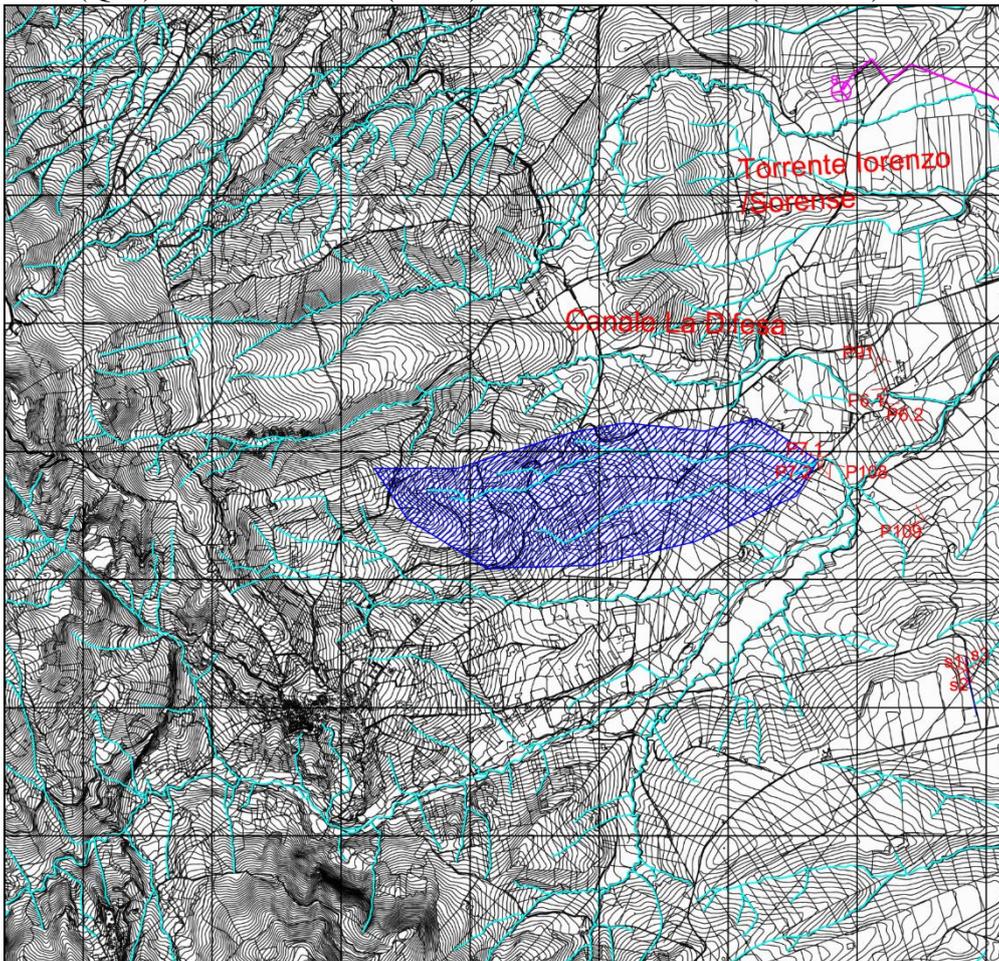


Fig. 3) Affluente Torrente Celone – Primo Tratto

Bacino Torrente Celone – Secondo Tratto

- Lunghezza dell'asta:  $L = 10.83 \text{ km}$
- Area del bacino:  $A = 4.46 \text{ km}^2$
- Coefficiente di deflusso:  $C^* = 0.4$  per terreni coltivati e mediamente permeabili
- Pendenza media dell'asta:  $i_a = 0.011$
- Coefficiente di riduzione areale:  $K_a = 1$
- Tempo di corrivazione secondo la formula di Pezzoli:

$$t_c = 0.055(L/\sqrt{i_a}) = 0.055(10.83/\sqrt{0.011}) = 5.57 \text{ h}$$

- Tempo di corrivazione secondo la formula di Kirpich, Watt-Chow-Pezzoli:

$$t_c = [0.02221(L*10/\sqrt{i_a})^{0.8}] / 0.60 = [0.02221(10.83*10/\sqrt{0.011})^{0.8}] / 0.60 = 3.74 \text{ h}$$

assumendo la seconda in quanto quella più gravosa si ha:

- Altezza massima di pioggia con  $t_r = 200$  anni:

$$h_{200} = 47.888 \times t_c^{0.203} = 62.60 \text{ mm}$$

- Portata avente tempo di ritorno 200 anni:

$$m(Q_{200})^* = C^* K_a h_{200} A / (3.6 t_c) = 0.4 * 1 * 62.60 * 4.46 / (3.6 * 3.74) = 8.29 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Portata complessiva con tempo di ritorno 200 anni, tiene conto dei contributi relativi a: Canale La Difese, Torrente Celone – Primo Tratto e Affluente Torrente Celone – Primo Tratto

$$m(Q_{200}) = 14.8 + 86.87 + 13.89 + 8.29 = 123.85 \text{ m}^3/\text{s}$$

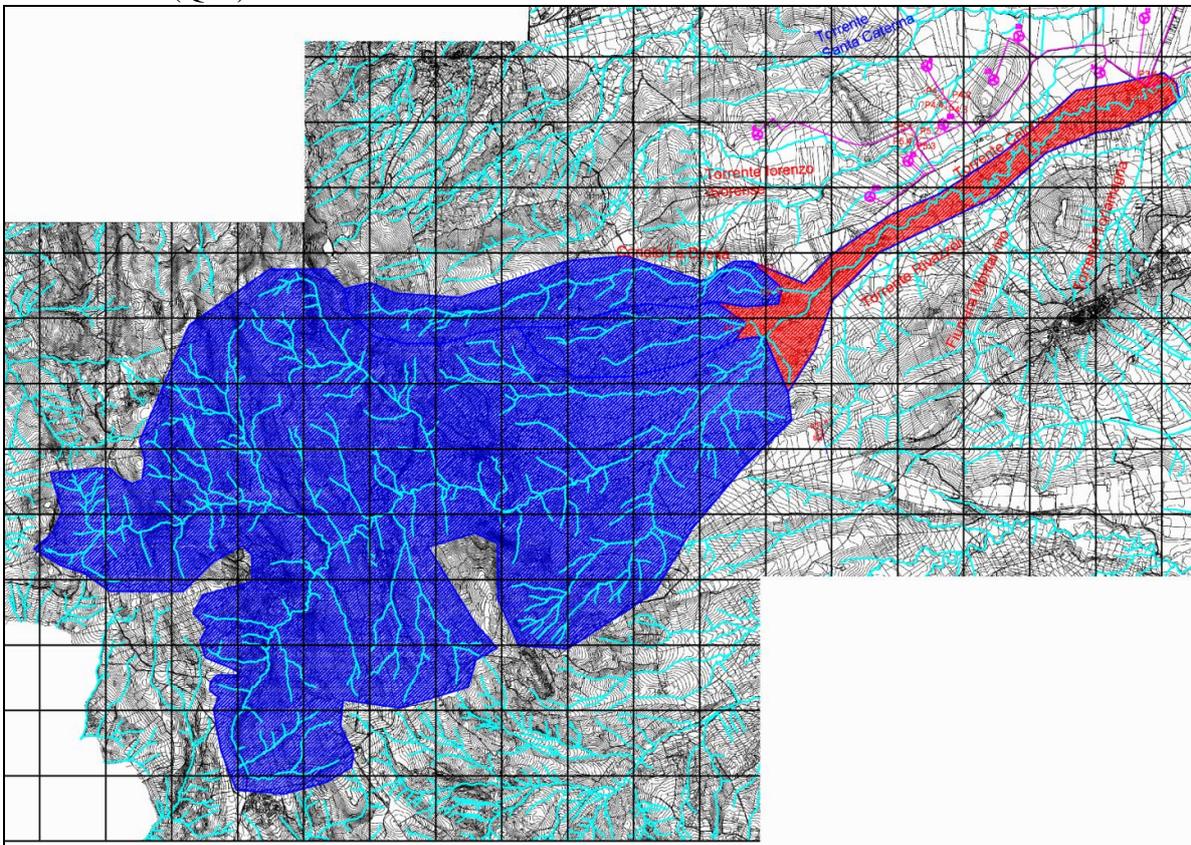


Fig. 4) Torrente Celone – Secondo Tratto

Bacino Torrente Celone – Terzo Tratto

- Lunghezza dell’asta:  $L = 11.7 \text{ km}$
- Area del bacino:  $A = 16.21 \text{ km}^2$
- Coefficiente di deflusso:  $C^* = 0.4$  per terreni coltivati e mediamente permeabili
- Pendenza media dell’asta:  $i_a = 0.018$
- Coefficiente di riduzione areale:  $K_a = 1$

- Tempo di corrivazione secondo la formula di Pezzoli:

$$t_c = 0.055(L/\sqrt{i_a}) = 0.055(11.7/\sqrt{0.018}) = 4.80 \text{ h}$$

- Tempo di corrivazione secondo la formula di Kirpich, Watt-Chow-Pezzoli:

$$t_c = [0.02221(L*10/\sqrt{i_a})^{0.8}] / 0.60 = [0.02221(11.7*10/\sqrt{0.018})^{0.8}] / 0.60 = 3.32 \text{ h}$$

assumendo la seconda in quanto quella più gravosa si ha:

- Altezza massima di pioggia con  $t_r = 200$  anni:

$$h_{200} = 47.888 \times t_c^{0.203} = 61.10 \text{ mm}$$

- Portata avente tempo di ritorno 200 anni:

$$m(Q_{200})^* = C^* K_a h_{200} A / (3.6 * t_c) = 0.4 * 1 * 61.10 * 16.21 / (3.6 * 3.32) = 33.13 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Portata complessiva con tempo di ritorno 200 anni, tiene conto dei contributi relativi a: Torrente Celone – Secondo Tratto, Torrente Rivazzoli, Fiumara Montalvino e Torrente Torlamagna

$$m(Q_{200}) = 123.85 + 33.13 = 156.98 \text{ m}^3/\text{s}$$

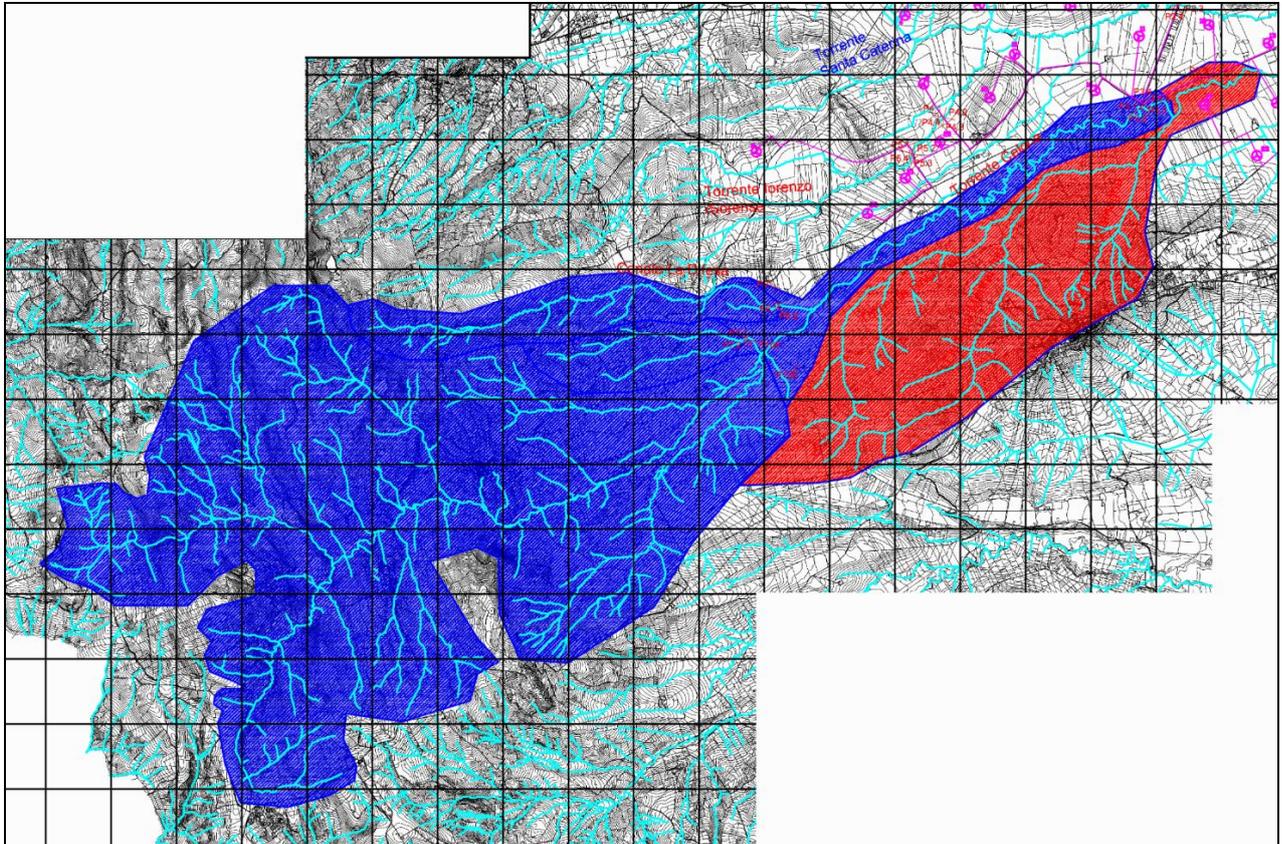


Fig. 5) Torrente Celone – Terzo Tratto

Bacino Affluente Torrente Celone – Secondo Tratto

- Lunghezza dell'asta:  $L = 3.40 \text{ km}$
- Area del bacino:  $A = 3.24 \text{ km}^2$
- Coefficiente di deflusso:  $C^* = 0.4$  per terreni coltivati e mediamente permeabili
- Pendenza media dell'asta:  $i_a = 0.022$
- Coefficiente di riduzione areale:  $K_a = 1$

- Tempo di corrivazione secondo la formula di Pezzoli:

$$t_c = 0.055(L/\sqrt{i_a}) = 0.055(3.40/\sqrt{0.022}) = 1.26 \text{ h}$$

- Tempo di corrivazione secondo la formula di Kirpich, Watt-Chow-Pezzoli:

$$t_c = [0.02221(L*10/\sqrt{i_a})^{0.8}] / 0.60 = [0.02221(3.40*10/\sqrt{0.022})^{0.8}] / 0.60 = 1.14 \text{ h}$$

assumendo la seconda in quanto quella più gravosa si ha:

- Altezza massima di pioggia con  $t_r = 200$  anni:

$$h_{200} = 47.888 \times t_c^{0.203} = 49.16 \text{ mm}$$

- Portata avente tempo di ritorno 200 anni:

$$m(Q_{200}) = C^* K_a h_{200}^* A / (3.6 * t_c) = 0.4 * 1 * 49.16 * 3.24 / (3.6 * 1.14) = 15.55 \text{ m}^3/\text{s}$$

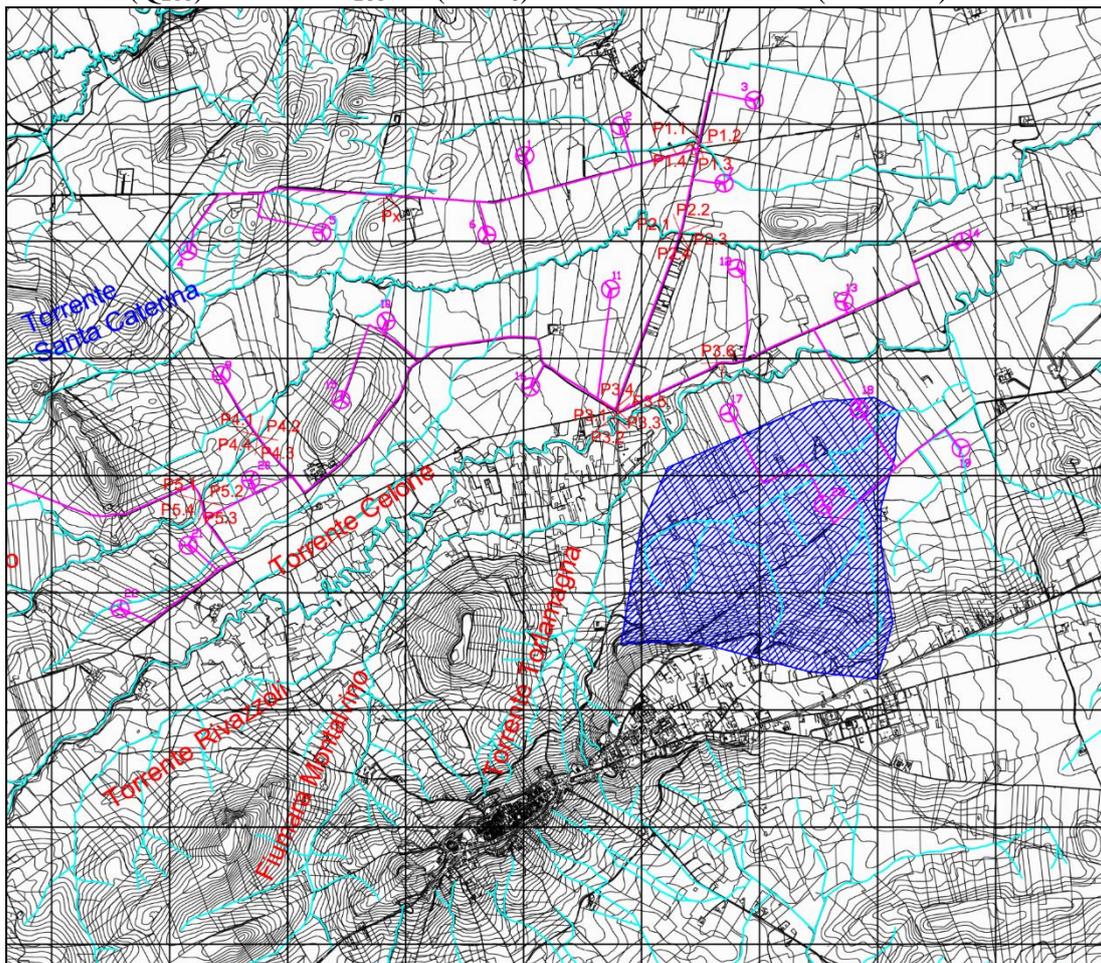


Fig. 6) Affluente Torrente Celone – Secondo Tratto

Bacino Torrente Lorenzo / Sorense – Primo Tratto

- Lunghezza dell'asta:  $L = 8.32 \text{ km}$
- Area del bacino:  $A = 6.20 \text{ km}^2$
- Coefficiente di deflusso:  $C^* = 0.4$  per terreni coltivati e mediamente permeabili
- Pendenza media dell'asta:  $i_a = 0.028$
- Coefficiente di riduzione areale:  $K_a = 1$

- Tempo di corrivazione secondo la formula di Pezzoli:

$$t_c = 0.055(L/\sqrt{i_a}) = 0.055(8.32/\sqrt{0.028}) = 2.72 \text{ h}$$

- Tempo di corrivazione secondo la formula di Kirpich, Watt-Chow-Pezzoli:

$$t_c = [0.02221(L*10/\sqrt{i_a})^{0.8}] / 0.60 = [0.02221(8.32*10/\sqrt{0.028})^{0.8}] / 0.60 = 2.11 \text{ h}$$

assumendo la seconda in quanto quella più gravosa si ha:

- Altezza massima di pioggia con  $t_r = 200$  anni:

$$h_{200} = 47.888 \times t_c^{0.203} = 55.71 \text{ mm}$$

- Portata avente tempo di ritorno 200 anni:

$$m(Q_{200}) = C^* K_a h_{200} A / (3.6 t_c) = 0.4 * 1 * 55.71 * 6.2 / (3.6 * 2.11) = 18.21 \text{ m}^3/\text{s}$$

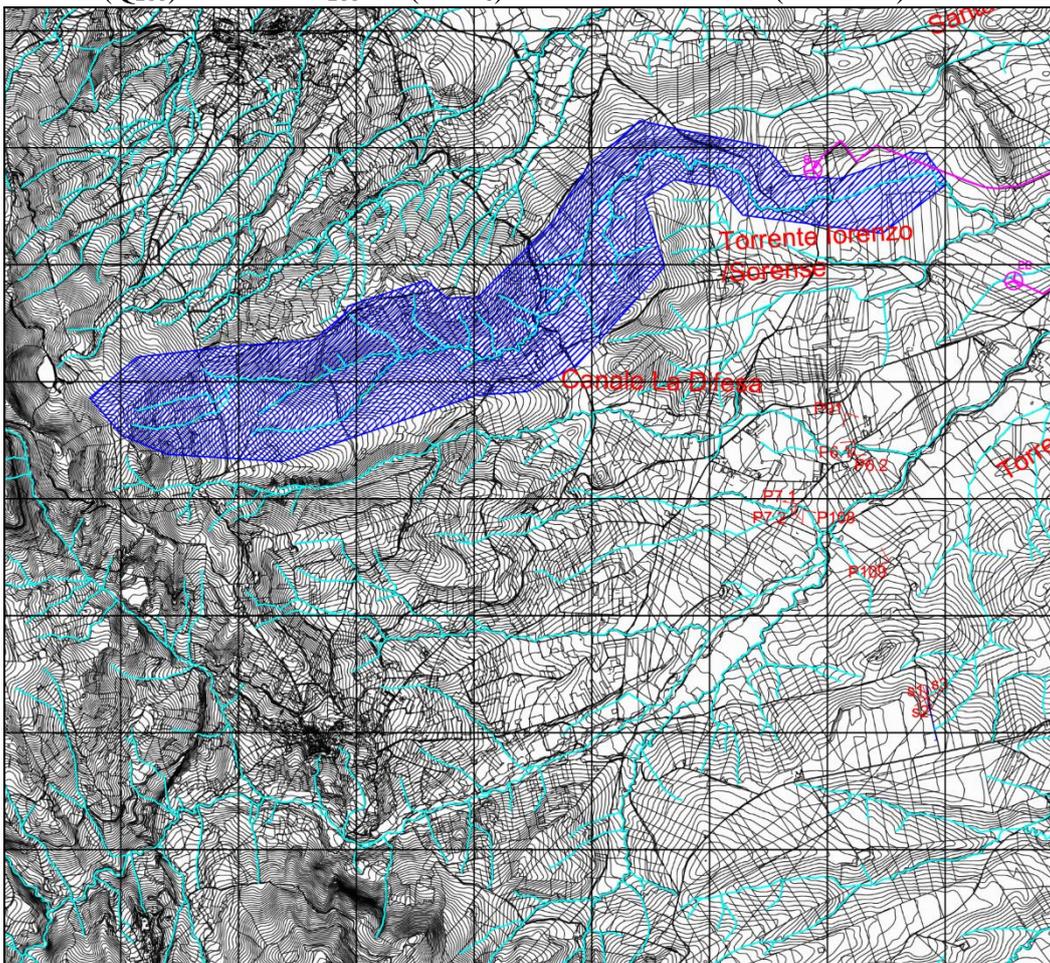


Fig. 7) Torrente Lorenzo / Sorense – Primo Tratto

Bacino Torrente Lorenzo / Sorense – Secondo Tratto

- Lunghezza dell'asta:  $L = 5.84 \text{ km}$
- Area del bacino:  $A = 6.63 \text{ km}^2$
- Coefficiente di deflusso:  $C^* = 0.4$  per terreni coltivati e mediamente permeabili
- Pendenza media dell'asta:  $i_a = 0.012$
- Coefficiente di riduzione areale:  $K_a = 1$
- Tempo di corrivazione secondo la formula di Pezzoli:

$$t_c = 0.055(L/\sqrt{i_a}) = 0.055(5.84/\sqrt{0.012}) = 2.93 \text{ h}$$

- Tempo di corrivazione secondo la formula di Kirpich, Watt-Chow-Pezzoli:

$$t_c = [0.02221(L*10/\sqrt{i_a})^{0.8}] / 0.60 = [0.02221(5.84*10/\sqrt{0.012})^{0.8}] / 0.60 = 2.24 \text{ h}$$

assumendo la seconda in quanto quella più gravosa si ha:

- Altezza massima di pioggia con  $t_r = 200$  anni:

$$h_{200} = 47.888 \times t_c^{0.203} = 56.40 \text{ mm}$$

- Portata avente tempo di ritorno 200 anni:

$$m(Q_{200})^* = C^* K_a h_{200} A / (3.6 t_c) = 0.4 * 1 * 56.40 * 6.63 / (3.6 * 2.24) = 18.56 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Portata complessiva con tempo di ritorno 200 anni, tiene conto dei contributi relativi al Torrente Lorenzo / Sorense – Primo Tratto

$$m(Q_{200}) = 18.21 + 18.56 = 36.77 \text{ m}^3/\text{s}$$

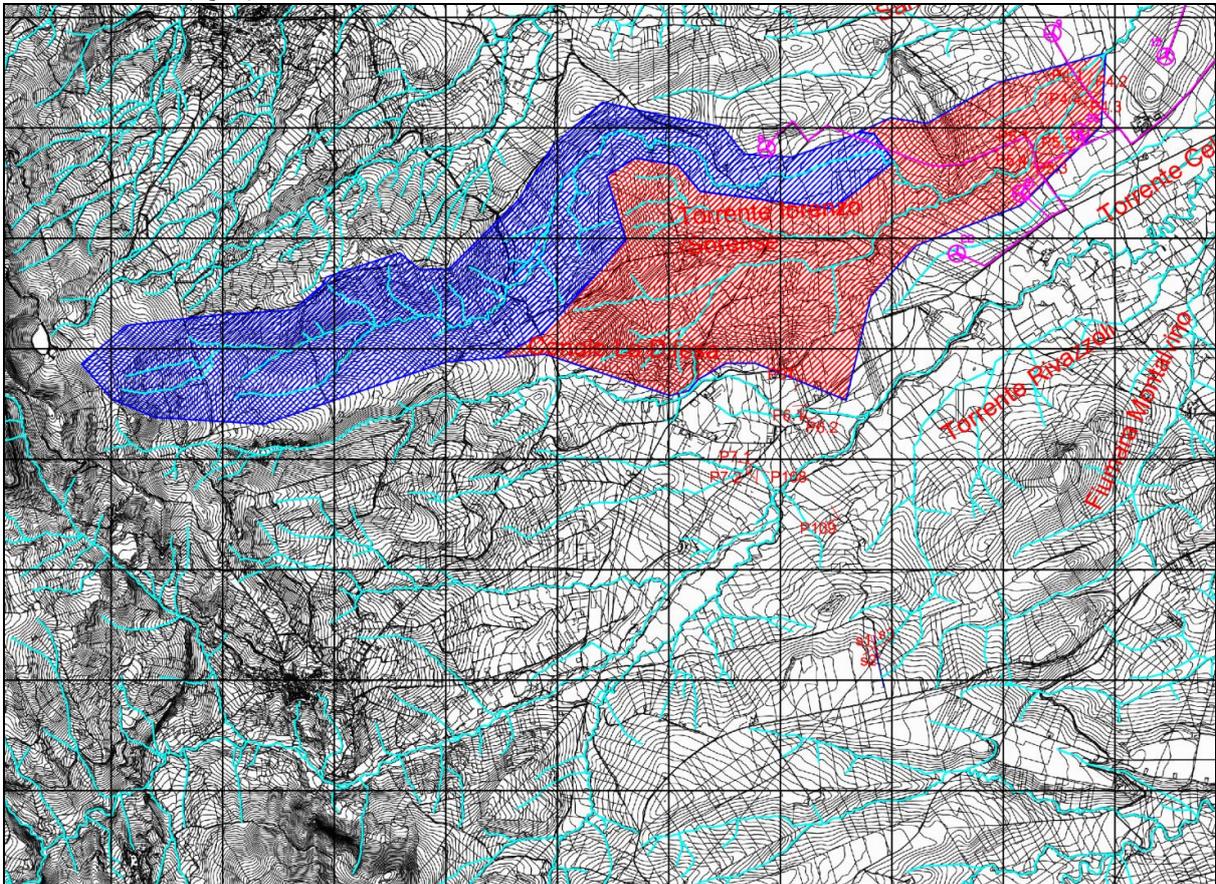


Fig. 8) Torrente Lorenzo / Sorense – Secondo Tratto

Bacino Affluente minore Torrente Lorenzo / Sorense – Primo Tratto

- Lunghezza dell’asta:  $L = 0.94 \text{ km}$
- Area del bacino:  $A = 0.16 \text{ km}^2$
- Coefficiente di deflusso:  $C^* = 0.4$  per terreni coltivati e mediamente permeabili
- Pendenza media dell’asta:  $i_a = 0.017$
- Coefficiente di riduzione areale:  $K_a = 1$

- Tempo di corrivazione secondo la formula di Pezzoli:

$$t_c = 0.055(L/\sqrt{i_a}) = 0.055(0.94/\sqrt{0.017}) = 0.40 \text{ h}$$

- Tempo di corrivazione secondo la formula di Kirpich, Watt-Chow-Pezzoli:

$$t_c = [0.02221(L*10/\sqrt{i_a})^{0.8}] / 0.60 = [0.02221(0.94 * 10/\sqrt{0.017})^{0.8}] / 0.60 = 0.45 \text{ h}$$

assumendo la prima in quanto quella più gravosa si ha:

- Altezza massima di pioggia con  $t_r = 200$  anni:

$$h_{200} = 47.888 \times t_c^{0.203} = 40.75 \text{ mm}$$

- Portata avente tempo di ritorno 200 anni:

$$m(Q_{200}) = C^* K_a h_{200}^3 A / (3.6 * t_c) = 0.4 * 1 * 40.75^3 * 0.16 / (3.6 * 0.40) = 1.83 \text{ m}^3/\text{s}$$

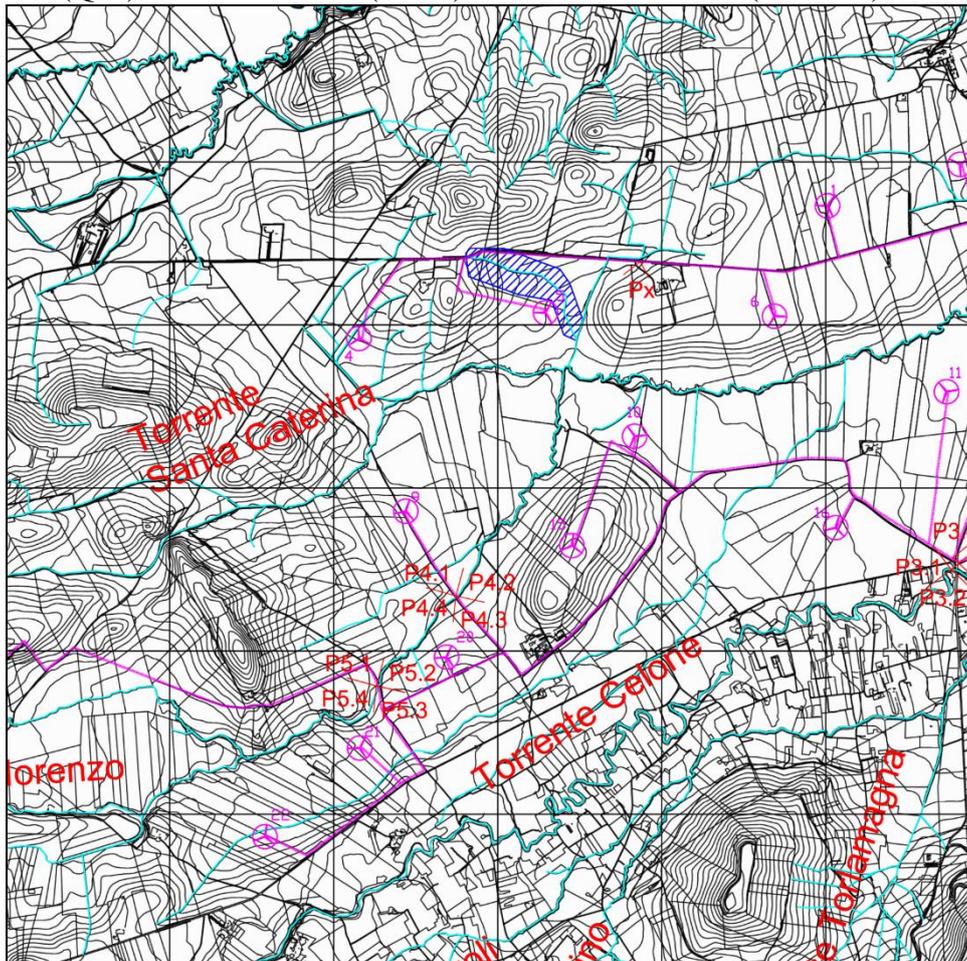


Fig. 9) Affluente minore Torrente Lorenzo / Sorense – Primo Tratto

Bacino Affluente minore Torrente Lorenzo / Sorense – Secondo Tratto

- Lunghezza dell'asta:  $L = 1.17 \text{ km}$
- Area del bacino:  $A = 0.64 \text{ km}^2$
- Coefficiente di deflusso:  $C^* = 0.4$  per terreni coltivati e mediamente permeabili
- Pendenza media dell'asta:  $i_a = 0.019$
- Coefficiente di riduzione areale:  $K_a = 1$

- Tempo di corrivazione secondo la formula di Pezzoli:

$$t_c = 0.055(L/\sqrt{i_a}) = 0.055(1.17/\sqrt{0.019}) = 0.47 \text{ h}$$

- Tempo di corrivazione secondo la formula di Kirpich, Watt-Chow-Pezzoli:

$$t_c = [0.02221(L*10/\sqrt{i_a})^{0.8}] / 0.60 = [0.02221(1.17 * 10/\sqrt{0.019})^{0.8}] / 0.60 = 0.52 \text{ h}$$

assumendo la prima in quanto quella più gravosa si ha:

- Altezza massima di pioggia con  $t_r = 200$  anni:

$$h_{200} = 47.888 \times t_c^{0.203} = 41.88 \text{ mm}$$

- Portata avente tempo di ritorno 200 anni:

$$m(Q_{200}) = C^* K_a h_{200}^* A / (3.6 * t_c) = 0.4 * 1 * 41.88 * 0.64 / (3.6 * 0.47) = 6.35 \text{ m}^3/\text{s}$$

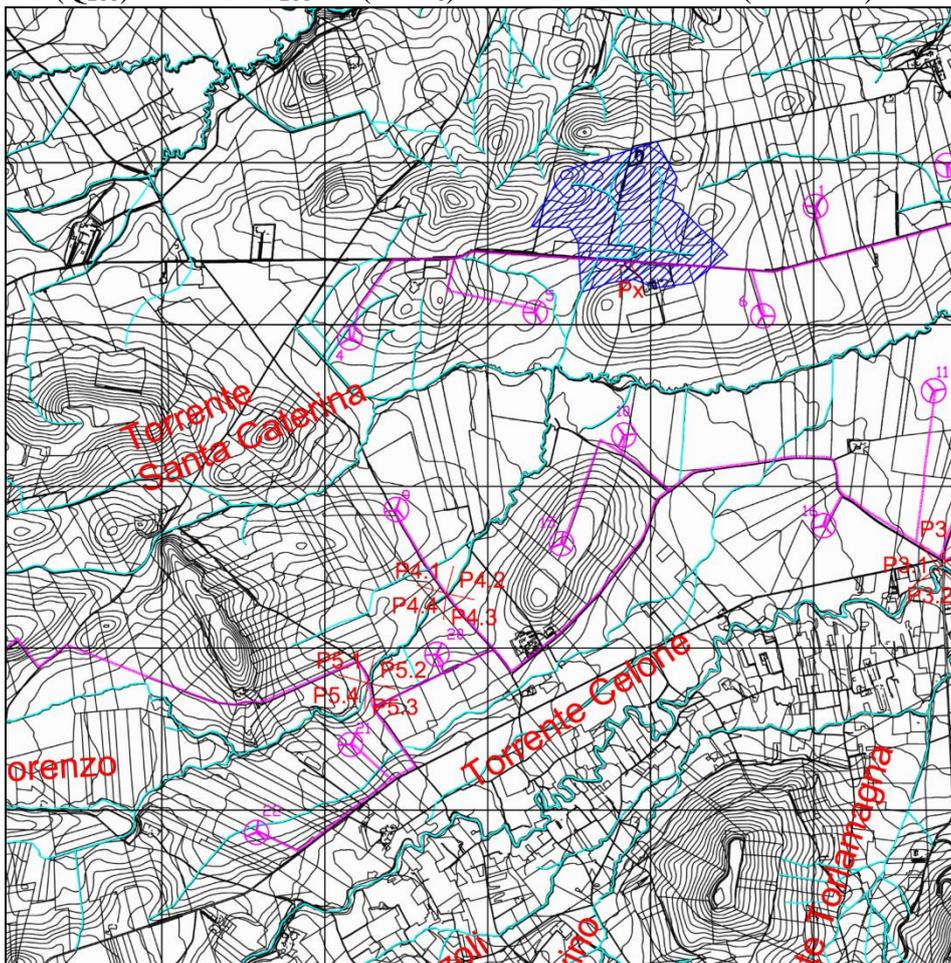


Fig. 10) Affluente minore Torrente Lorenzo / Sorense – Secondo Tratto

Bacino Affluente Torrente Lorenzo / Sorense – Primo Tratto

- Lunghezza dell’asta:  $L = 4.31 \text{ km}$
- Area del bacino:  $A = 3.23 \text{ km}^2$
- Coefficiente di deflusso:  $C^* = 0.4$  per terreni coltivati e mediamente permeabili
- Pendenza media dell’asta:  $i_a = 0.013$
- Coefficiente di riduzione areale:  $K_a = 1$

- Tempo di corrivazione secondo la formula di Pezzoli:

$$t_c = 0.055(L/\sqrt{i_a}) = 0.055(4.31/\sqrt{0.013}) = 2.06 \text{ h}$$

- Tempo di corrivazione secondo la formula di Kirpich, Watt-Chow-Pezzoli:

$$t_c = [0.02221(L*10/\sqrt{i_a})^{0.8}] / 0.60 = [0.02221(4.31*10/\sqrt{0.013})^{0.8}] / 0.60 = 1.69 \text{ h}$$

assumendo la seconda in quanto quella più gravosa si ha:

- Altezza massima di pioggia con  $t_r = 200$  anni:

$$h_{200} = 47.888 \times t_c^{0.203} = 53.26 \text{ mm}$$

- Portata avente tempo di ritorno 200 anni:

$$m(Q_{200}) = C^* K_a h_{200}^* A / (3.6 * t_c) = 0.4 * 1 * 53.26 * 3.23 / (3.6 * 1.69) = 11.32 \text{ m}^3/\text{s}$$

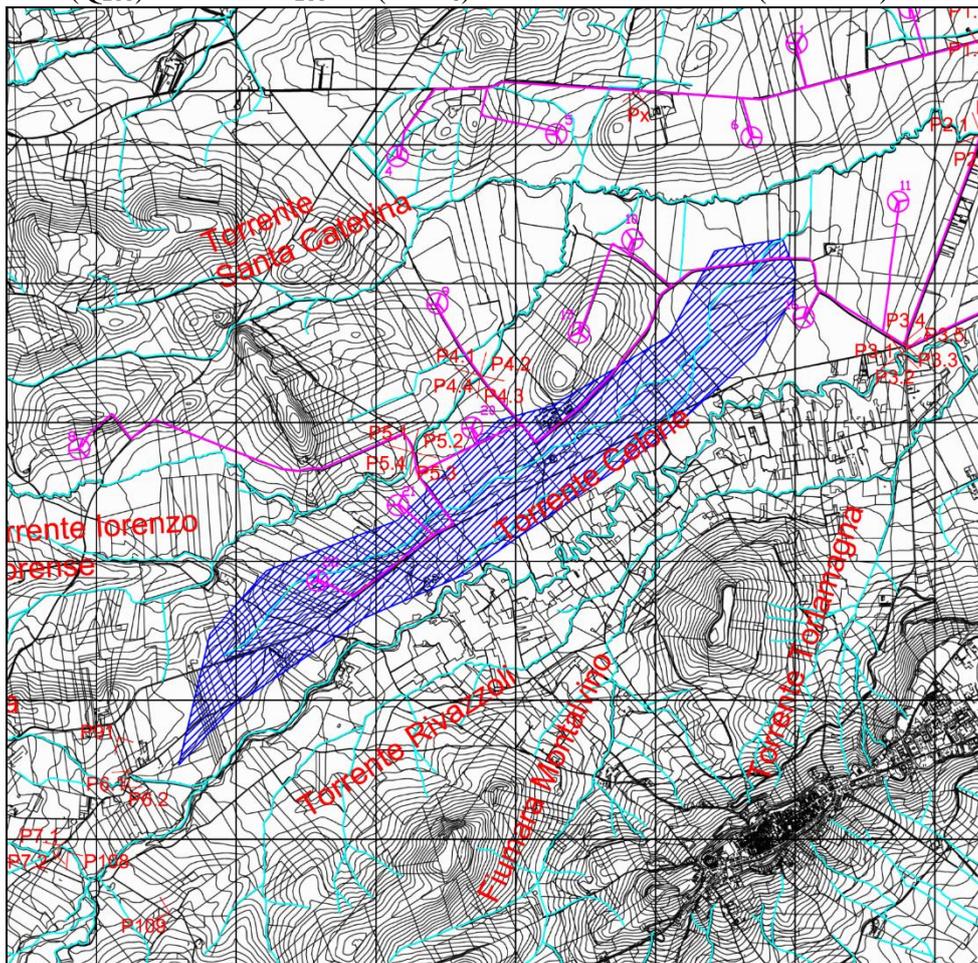


Fig. 11) Affluente Torrente Lorenzo / Sorense – Primo Tratto

Bacino Torrente Lorenzo / Sorense – Terzo Tratto

- Lunghezza dell’asta:  $L = 8.75 \text{ km}$
- Area del bacino:  $A = 10.71 \text{ km}^2$
- Coefficiente di deflusso:  $C^* = 0.4$  per terreni coltivati e mediamente permeabili
- Pendenza media dell’asta:  $i_a = 0.012$
- Coefficiente di riduzione areale:  $K_a = 1$

- Tempo di corrivazione secondo la formula di Pezzoli:

$$t_c = 0.055(L/\sqrt{i_a}) = 0.055(8.75/\sqrt{0.012}) = 4.37 \text{ h}$$

- Tempo di corrivazione secondo la formula di Kirpich, Watt-Chow-Pezzoli:

$$t_c = [0.02221(L*10/\sqrt{i_a})^{0.8}] / 0.60 = [0.02221(8.75*10/\sqrt{0.012})^{0.8}] / 0.60 = 3.08 \text{ h}$$

assumendo la seconda in quanto quella più gravosa si ha:

- Altezza massima di pioggia con  $t_r = 200$  anni:

$$h_{200} = 47.888 \times t_c^{0.203} = 60.18 \text{ mm}$$

- Portata avente tempo di ritorno 200 anni:

$$m(Q_{200})^* = C^* K_a h_{200} A / (3.6 * t_c) = 0.4 * 1 * 60.18 * 10.71 / (3.6 * 3.08) = 23.24 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Portata complessiva con tempo di ritorno 200 anni, tiene conto dei contributi relativi a: Torrente Lorenzo / Sorense – Secondo Tratto, Torrente Santa Caterina e Affluenti Torrente Lorenzo / Sorense – Primo tratto e Affluenti minori Lorenzo / Sorense – Primo e Secondo tratto

$$m(Q_{200}) = 36.77 + 1.83 + 11.32 + 6.35 + 23.24 = 79.51 \text{ m}^3/\text{s}$$

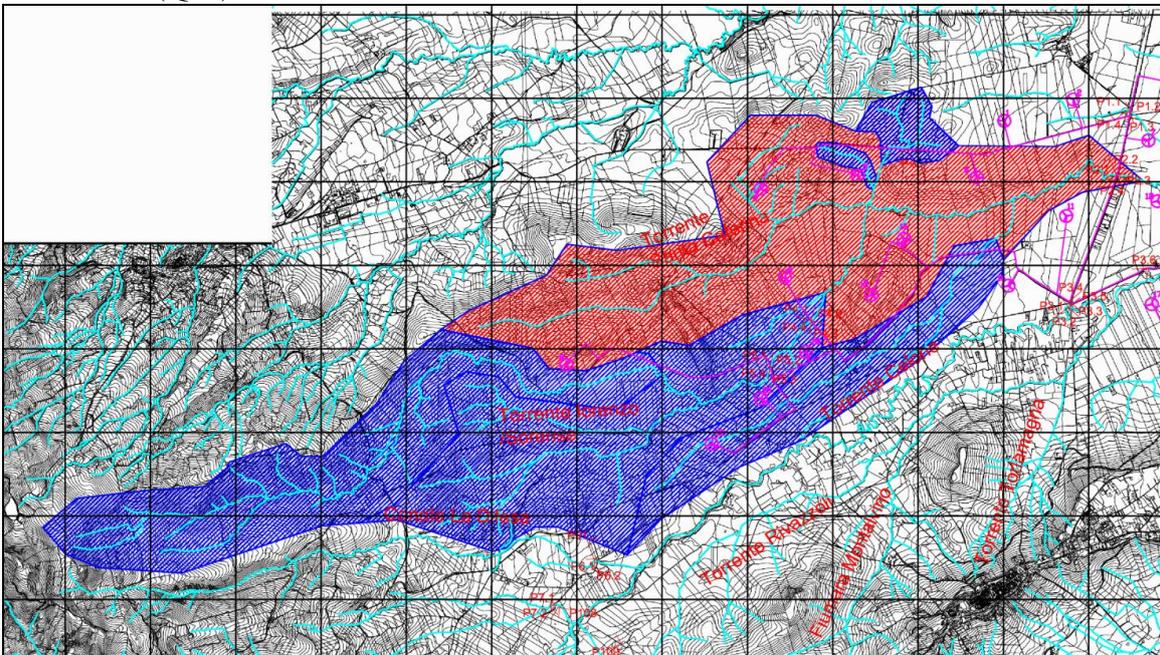


Fig. 12) Torrente Lorenzo / Sorense – Terzo Tratto

Bacino Affluente Torrente Lorenzo / Sorense – Secondo Tratto

- Lunghezza dell'asta:  $L = 2.83 \text{ km}$
- Area del bacino:  $A = 1.74 \text{ km}^2$
- Coefficiente di deflusso:  $C^* = 0.4$  per terreni coltivati e mediamente permeabili
- Pendenza media dell'asta:  $i_a = 0.017$
- Coefficiente di riduzione areale:  $K_a = 1$

- Tempo di corrivazione secondo la formula di Pezzoli:

$$t_c = 0.055(L/\sqrt{i_a}) = 0.055(2.83/\sqrt{0.017}) = 1.21 \text{ h}$$

- Tempo di corrivazione secondo la formula di Kirpich, Watt-Chow-Pezzoli:

$$t_c = [0.02221(L*10/\sqrt{i_a})^{0.8}] / 0.60 = [0.02221(2.83*10/\sqrt{0.017})^{0.8}] / 0.60 = 1.10 \text{ h}$$

assumendo la seconda in quanto quella più gravosa si ha:

- Altezza massima di pioggia con  $t_r = 200$  anni:

$$h_{200} = 47.888 \times t_c^{0.203} = 48.84 \text{ mm}$$

- Portata avente tempo di ritorno 200 anni:

$$m(Q_{200}) = C^* K_a h_{200} A / (3.6 t_c) = 0.4 * 1 * 48.84 * 1.74 / (3.6 * 1.10) = 8.58 \text{ m}^3/\text{s}$$

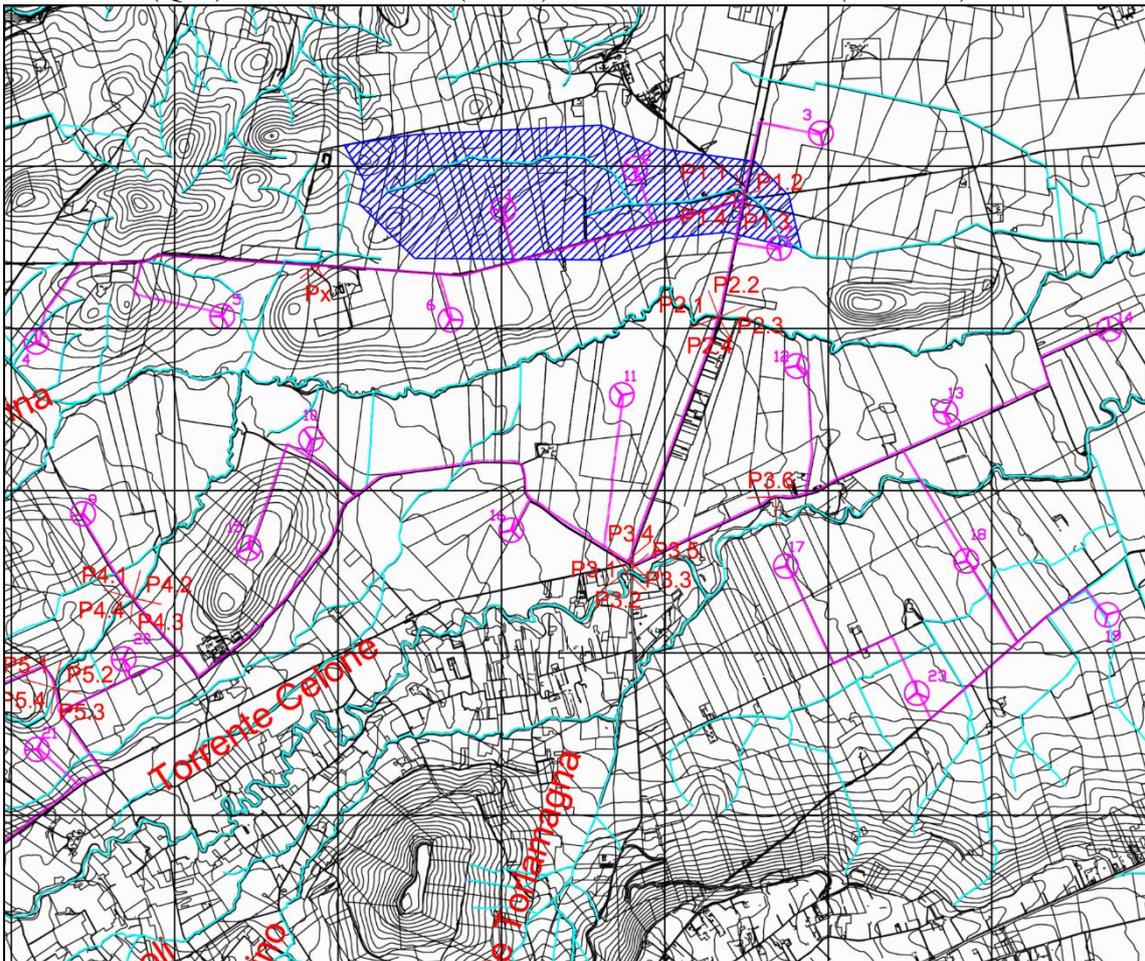


Fig. 13) Affluente Torrente Lorenzo / Sorense – Secondo Tratto

Di seguito si riporta una tabella di riepilogo contenente le caratteristiche geomorfologiche dei bacini scolanti degli impluvi oggetto di studio.

**Tabella 4** – Caratteristiche geomorfologiche dei bacini scolanti degli impluvi oggetto di studio

Sez.	Bacino	A (Km <sup>2</sup> )	L (Km)	i <sub>a</sub>	m(Q <sub>200</sub> ) (m <sup>3</sup> /s)
1	Canale La Difesa	4.42	7.50	0.035	14.80
2	Torrente Celone – Primo Tratto	46.5	15.8	0.025	86.87
3	Affluente Torrente Celone – Primo Tratto	2.59	3.72	0.037	13.89
4	Torrente Celone – Secondo Tratto	4.46	10.83	0.011	123.85
5	Torrente Celone – Terzo Tratto	16.21	11.70	0.018	156.98
6	Affluente Torrente Celone – Secondo Tratto	3.24	3.43	0.022	15.55
7	Torrente Lorenzo / Sorense – Primo Tratto	6.2	8.32	0.028	18.21
8	Torrente Lorenzo / Sorense – Secondo Tratto	6.63	5.84	0.012	36.77
9	Affluente minore Torrente Lorenzo / Sorense Primo Tratto	0.16	0.94	0.017	1.83
10	Affluente minore Torrente Lorenzo / Sorense Secondo Tratto	0.64	1.17	0.019	6.35
11	Affluente Torrente Lorenzo / Sorense Primo Tratto	3.23	4.31	0.013	11.32
12	Torrente Lorenzo / Sorense – Terzo Tratto	10.71	8.75	0.012	79.51
13	Affluente Torrente Lorenzo / Sorense Secondo Tratto	1.74	2.83	0.019	8.90

#### 4. CONCLUSIONI

Sulla base delle portate di piena transitanti nei canali, per un tempo di ritorno di 200 anni, definite nel presente studio idrologico sono state seguite dalle modellazioni e valutazioni idrauliche dei rami di rete idrografica potenzialmente soggette a criticità, ed il tutto è stato svolto in condizioni di moto stazionario e non stazionario per il Torrente Celone – Terzo Tratto, caratterizzato dalle portate idriche più elevate. Per lo svolgimento della modellazione idraulica è stato utilizzato il software HEC- RAS River Analysis System.

I risultati dello studio idraulico sono descritti nell'elaborato **EOL-GEO-10** in allegato.