



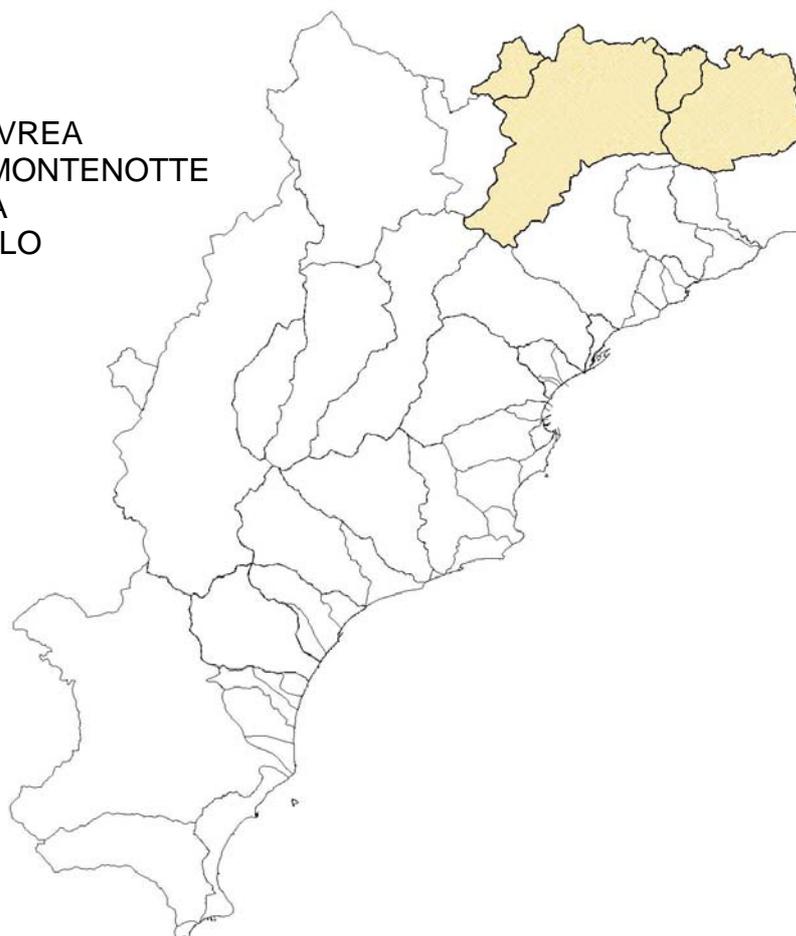
PROVINCIA DI SAVONA

**STUDIO IDRAULICO PER LA DEFINIZIONE  
DELLE AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA  
NEL VERSANTE PADANO DELLA PROVINCIA DI SAVONA  
BACINI DEL TORRENTE ERRO, ORBA, OLBICELLA E MIOGLIA**

**RELAZIONE**

*Comuni:*

PONTINVREA  
CAIRO MONTENOTTE  
MIOGLIA  
SASSELLO  
URBE



REVISIONE	DATA	REDAZIONE	VERIFICA
00	MARZO 05	Ing. Furia Massimo Ing. Molinari Michele	Dott. Ing. Antonio Da Corte

# INDICE

<b>1</b>	<b>IDROLOGIA</b> .....	<b>5</b>
<b>1.1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>5</b>
<b>1.2</b>	<b>STIMA DEI PARAMETRI DI PIOGGIA</b> .....	<b>6</b>
<b>1.3</b>	<b>STIMA DEI VALORI DI PORTATA AL COLMO DI PIENA</b> .....	<b>13</b>
1.3.1	Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri. Valori di portata al colmo di piena, con assegnato tempo di ritorno, per i bacini idrografici con foce al mar Tirreno – luglio 1999 - (C.I.M.A.) Università degli Studi di Genova.....	13
1.3.1.1	Determinazione delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica .....	14
1.3.1.2	Determinazione delle portate al colmo di piena (CIMA 1999) .....	19
1.3.1.3	Piccoli bacini con dimensioni da 2 a 10 Km <sup>2</sup> (CIMA 1999).....	21
1.3.1.4	Piccoli bacini con dimensioni minori di 2 Km <sup>2</sup> (CIMA 1999) .....	23
1.3.2	Calcolo della portata con il metodo razionale del PAI .....	25
1.3.3	Calcolo della portata al colmo di verifica .....	28
<b>2</b>	<b>RILIEVO TOPOGRAFICO</b> .....	<b>31</b>
<b>2.1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>31</b>
<b>2.2</b>	<b>METODOLOGIA DI RILEVAMENTO</b> .....	<b>33</b>
<b>2.3</b>	<b>CARTA DEI TRATTI DI ALVEO INDAGATI</b> .....	<b>33</b>
<b>3</b>	<b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b> .....	<b>34</b>
<b>4</b>	<b>VERIFICHE IDRAULICHE</b> .....	<b>35</b>
<b>4.1</b>	<b>METODOLOGIE DI CALCOLO</b> .....	<b>35</b>
<b>4.2</b>	<b>SCHEMATIZZAZIONE DI CALCOLO</b> .....	<b>36</b>
<b>4.3</b>	<b>PARAMETRI DI SCABREZZA</b> .....	<b>37</b>
<b>4.4</b>	<b>CONDIZIONI AL CONTORNO</b> .....	<b>37</b>
<b>5</b>	<b>PERICOLOSITA'</b> .....	<b>39</b>
<b>5.1</b>	<b>METODOLOGIA DI TRACCIAMENTO</b> .....	<b>39</b>
<b>5.2</b>	<b>RICOSTRUZIONE DEI CONFINI DEL DEMANIO FLUVIALE</b> .....	<b>40</b>
<b>5.3</b>	<b>AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA</b> .....	<b>41</b>
<b>5.4</b>	<b>VALUTAZIONE DEI RISULTATI</b> .....	<b>48</b>

## Elenco Tavole

### **Da Tav. 1 a Tav. 3 Carta dei tratti d'alveo indagati.....Scala 1:10.000**

<b>Tav 1</b>	<b>Tratto Erro_1:</b> Rio della Volta, Rio Montenotte, Torrente Erro <b>Tratto Erro_2:</b> Rio Tortona <b>Tratto Erro_3:</b> Rio del Giovo, Rio Labioso, Torrente Erro
<b>Tav 2</b>	<b>Tratto Erro_4:</b> Rio dei Giovi, Rio Sbruggia, Rio del Foresto, Rio Viorina, Rio Ciua <b>Tratto Erro_5:</b> Torrente Erro, Rio Gallareto <b>Tratto Erro_6:</b> Rio Gallareto <b>Tratto Mioglia:</b> Rio Mioglia ramo destro e sinistro
<b>Tav 3</b>	<b>Tratto Orba:</b> Torrente Orba, Torrente Orbarina, Rio della Notte

### **Da Tav. 4 a Tav. 11 Carta delle aree a pericolosità idraulica .....Scala 1:5.000**

<b>Tav 4</b>	<b>Tratto Erro_1:</b> Rio della Volta, Rio Montenotte, Torrente Erro <b>Tratto Erro_2:</b> Rio Tortona
<b>Tav 5</b>	<b>Tratto Erro_3:</b> Rio del Giovo, Rio Labioso, Torrente Erro
<b>Tav 6</b>	<b>Tratto Erro_3:</b> Torrente Erro
<b>Tav 7</b>	<b>Tratto Erro_4:</b> Rio dei Giovi, Rio Sbruggia, Rio del Foresto, Rio Ciua
<b>Tav 8</b>	<b>Tratto Erro_4:</b> Rio del Foresto, Rio Viorina
<b>Tav 9</b>	<b>Tratto Erro_5, Erro_6 :</b> Torrente Erro, Rio Gallareto
<b>Tav 10</b>	<b>Tratto Mioglia:</b> Rio Mioglia ramo destro e sinistro
<b>Tav 11</b>	<b>Tratto Orba:</b> Torrente Orba, Torrente Orbarina, Rio della Notte

### **Da Tav. 12 a Tav. 19 Carta dei confini del demanio fluviale .....Scala 1:5.000**

<b>Tav 12</b>	<b>Tratto Erro_1:</b> Rio della Volta, Rio Montenotte, Torrente Erro <b>Tratto Erro_2:</b> Rio Tortona
<b>Tav 13</b>	<b>Tratto Erro_3:</b> Rio del Giovo, Rio Labioso, Torrente Erro
<b>Tav 14</b>	<b>Tratto Erro_3:</b> Torrente Erro
<b>Tav 15</b>	<b>Tratto Erro_4:</b> Rio dei Giovi, Rio Sbruggia, Rio del Foresto, Rio Ciua
<b>Tav 16</b>	<b>Tratto Erro_4:</b> Rio del Foresto, Rio Viorina
<b>Tav 17</b>	<b>Tratto Erro_5, Erro_6 :</b> Torrente Erro, Rio Gallareto
<b>Tav 18</b>	<b>Tratto Mioglia:</b> Rio Mioglia ramo destro e sinistro
<b>Tav 19</b>	<b>Tratto Orba:</b> Torrente Orba, Torrente Orbarina, Rio della Notte

## Elenco allegati

### **Allegato 1 Documentazione fotografica**

- All 1a** - Tratto Erro\_1: Rio della Volta, Rio Montenotte, Torrente Erro
- All 1b** - Tratto Erro\_2: Rio Tortona
- All 1c** - Tratto Erro\_3: Rio del Giovo, Rio Labioso, Torrente Erro
- All 1d** - Tratto Erro\_4: Rio dei Giovi, Rio Sbruggia, Rio del Foresto, Rio Viorina, Rio Ciua
- All 1e** - Tratto Erro\_5, Erro\_6: Torrente Erro, Rio Gallareto
- All 1f** - Tratto Mioglia: Rio Mioglia ramo destro e sinistro
- All 1g** - Tratto Orba: Torrente Orba, Torrente Orbarina, Rio della Notte

### **Allegato 2 Verifiche idrauliche**

- All 2a** - Tratto Erro\_1: Rio della Volta, Rio Montenotte, Torrente Erro
- All 2b** - Tratto Erro\_2: Rio Tortona
- All 2c** - Tratto Erro\_3: Rio del Giovo, Rio Labioso, Torrente Erro
- All 2d** - Tratto Erro\_4: Rio dei Giovi, Rio Sbruggia, Rio del Foresto, Rio Viorina, Rio Ciua
- All 2e** - Tratto Erro\_5, Erro\_6: Torrente Erro, Rio Gallareto
- All 2f** - Tratto Mioglia: Rio Mioglia ramo destro e sinistro
- All 2g** - Tratto Orba: Torrente Orba, Torrente Orbarina, Rio della Notte

# 1 IDROLOGIA

## 1.1 PREMESSA

Nell'ambito dello studio idraulico per la definizione delle aree a pericolosità idraulica nel versante padano della Provincia di Savona per i bacini del torrente Erro, Orba, Olbicella e Mioglia è necessario illustrare la metodologia utilizzata per la stima dei parametri di pioggia e dei relativi valori di portata per i bacini oggetto di studio.

Tale analisi risulta necessaria in considerazione delle evidenze tecniche già emerse in sede di redazione dello "studio delle fasce fluviali dei sottobacini del fiume Bormida di Spigno e del fiume Bormida di Millesimo" a seguito della quale erano state necessarie particolari analisi al fine di definire il valore di portata al colmo da utilizzarsi nelle verifiche idrauliche.

Al fine di definire un quadro tecnico completo sono stati utilizzati come base di dati gli elementi tecnici ed i parametri derivanti:

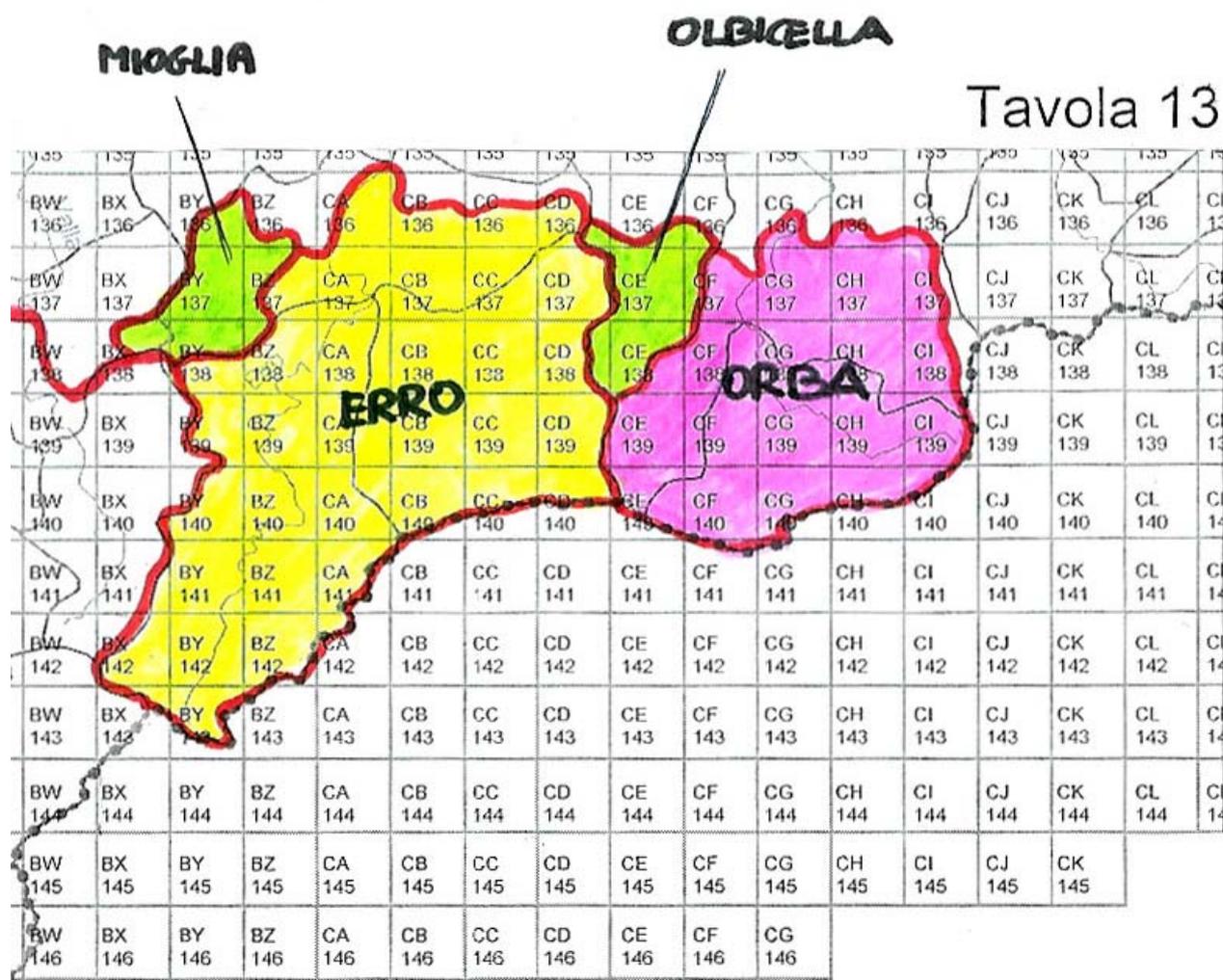
- dal Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica;  
dalla convenzione relativa alla "Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri" che la Regione Liguria ha stipulato con l'Università di Genova - Centro Interuniversitario di Ricerca in Monitoraggio Ambientale (CIMA);
- dallo studio delle fasce fluviali dei sottobacini del fiume Bormida di Spigno e del fiume Bormida di Millesimo.

Le formule utilizzate per la definizione delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica si possono trovare in letteratura.

Gli elaborati sopra indicati in elenco sono consultabili presso la Provincia di Savona, Settore Difesa del Suolo.

## 1.2 STIMA DEI PARAMETRI DI PIOGGIA

Per la stima dei parametri di pioggia delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica  $a$  ed  $n$  su tutti i bacini d'interesse, si è partiti considerando i dati relativi alle celle omogenee presentati dallo studio PAI all'interno dell'allegato 3, "distribuzione spaziale delle precipitazioni intense" di cui si riporta di seguito uno stralcio cartografico/tabella in cui sono individuati i bacini idrografici interessati dal presente studio.



Dalla tabella sopra riportata sono stati estrapolati per ogni bacino oggetto del presente studio le celle inerenti il relativo territorio e sono stati mediati i parametri di  $a$  e di  $n$  al fine di ottenere un valore di riferimento univoco su ogni bacino, come rappresentato nelle seguenti tabelle:

<b>Bacino Torrente Erro</b>										
Cella	$a_T$	n								
	(T=20 anni)	(T=20)	(T=50 anni)	(T=50)	(T=100)	(T=100)	(T=200 anni)	(T=200)	(T=500 anni)	(T=500)
BX143	51.19	0.446	59.03	0.446	65.49	0.446	71.70	0.445	79.85	0.445
BY143	51.36	0.453	59.12	0.455	65.51	0.455	71.65	0.455	79.71	0.455
BZ143	51.74	0.460	59.45	0.463	65.81	0.463	71.90	0.463	79.91	0.464
BX142	51.46	0.443	59.45	0.442	66.04	0.443	72.37	0.442	80.69	0.441
BY142	51.63	0.450	59.55	0.451	66.07	0.452	72.33	0.451	80.56	0.451
BZ142	51.88	0.458	59.72	0.460	66.18	0.461	72.37	0.460	80.50	0.461
CA142	52.20	0.465	59.95	0.469	66.34	0.470	72.45	0.470	80.48	0.471
BX141	51.38	0.440	59.47	0.440	66.14	0.441	72.54	0.439	80.94	0.439
BY141	51.63	0.447	59.66	0.448	66.27	0.449	72.61	0.448	80.94	0.449
BZ141	51.94	0.455	59.90	0.458	66.45	0.458	72.73	0.458	80.97	0.459
CA141	52.29	0.463	60.15	0.467	66.63	0.467	72.83	0.468	80.97	0.469
BX140	51.14	0.437	59.31	0.437	66.04	0.438	72.50	0.437	80.97	0.437
BY140	51.54	0.444	59.68	0.445	66.39	0.446	72.81	0.445	81.25	0.445
BZ140	51.99	0.451	60.08	0.454	66.75	0.454	73.13	0.454	81.50	0.455
CA140	52.44	0.460	60.45	0.464	67.06	0.464	73.36	0.464	81.65	0.466
CB140	53.06	0.468	61.00	0.474	67.55	0.474	73.80	0.475	82.01	0.477
CC140	53.40	0.478	61.19	0.485	67.61	0.485	73.72	0.486	81.76	0.489
CD140	53.66	0.488	61.26	0.497	67.53	0.497	73.48	0.499	81.33	0.502
BY139	51.29	0.441	59.54	0.442	66.34	0.442	72.83	0.442	81.36	0.442
BZ139	51.94	0.448	60.18	0.450	66.98	0.450	73.46	0.450	81.98	0.451
CA139	52.57	0.455	60.77	0.459	67.53	0.459	73.97	0.460	82.44	0.461
CB139	53.29	0.464	61.44	0.469	68.16	0.469	74.55	0.470	82.95	0.472
CC139	53.63	0.476	61.59	0.482	68.16	0.482	74.39	0.484	82.61	0.486
CD139	53.76	0.490	61.45	0.498	67.79	0.498	73.81	0.500	81.74	0.504
BY138	51.11	0.436	59.51	0.437	66.44	0.437	73.03	0.437	81.72	0.437
BZ138	52.06	0.442	60.53	0.443	67.51	0.443	74.15	0.443	82.90	0.444
CA138	52.98	0.448	61.47	0.451	68.48	0.451	75.13	0.452	83.90	0.452
CB138	53.77	0.457	62.22	0.461	69.18	0.461	75.80	0.462	84.50	0.464
CC138	54.29	0.470	62.56	0.476	69.38	0.476	75.86	0.477	84.38	0.479
CD138	54.39	0.487	62.34	0.495	68.89	0.495	75.10	0.498	83.28	0.500
BZ137	51.94	0.436	60.59	0.437	67.73	0.437	74.51	0.437	83.44	0.437
CA137	53.25	0.440	62.03	0.442	69.28	0.442	76.16	0.442	85.22	0.443
CB137	54.48	0.447	63.33	0.450	70.64	0.450	77.56	0.450	86.69	0.451
CC137	55.41	0.458	64.20	0.462	71.45	0.462	78.31	0.463	87.36	0.465
CD137	55.78	0.477	64.26	0.484	71.26	0.483	77.88	0.486	86.62	0.488
CA136	53.52	0.431	62.60	0.432	70.09	0.432	77.20	0.432	86.55	0.432
CB136	55.31	0.434	64.63	0.435	72.32	0.435	79.60	0.435	89.20	0.436
CC136	56.98	0.439	66.47	0.441	74.30	0.441	81.71	0.442	91.47	0.442
CD136	58.11	0.454	67.52	0.457	75.28	0.457	82.62	0.459	92.30	0.459
<b>Media</b>	<b>52.97</b>	<b>0.45</b>	<b>61.22</b>	<b>0.46</b>	<b>68.03</b>	<b>0.46</b>	<b>74.51</b>	<b>0.46</b>	<b>83.04</b>	<b>0.46</b>

<b>Bacino Torrente Erro</b>		
	$a_T$	n
T= 20 anni	52.97	0.46
T= 50 anni	61.22	
T= 100 anni	68.03	
T= 200 anni	74.51	
T= 500 anni	83.04	

Valori dei parametri di pioggia ottenuti come media di quelli relativi alle maglie contenute nel Bacino del torrente Erro.

<b>Bacino Torrente Orba</b>										
<b>Cella</b>	<b>a<sub>T</sub></b> <b>(T=20 anni)</b>	<b>n</b> <b>(T=20)</b>	<b>a<sub>T</sub></b> <b>(T=50 anni)</b>	<b>n</b> <b>(T=50)</b>	<b>a<sub>T</sub></b> <b>(T=100)</b>	<b>n</b> <b>(T=100)</b>	<b>a<sub>T</sub></b> <b>(T=200 anni)</b>	<b>n</b> <b>(T=200)</b>	<b>a<sub>T</sub></b> <b>(T=500 anni)</b>	<b>n</b> <b>(T=500)</b>
CE140	54.11	0.497	61.58	0.507	67.74	0.507	73.59	0.510	81.30	0.513
CF140	54.90	0.503	62.35	0.513	68.49	0.513	74.31	0.516	81.98	0.520
CG140	56.28	0.503	63.82	0.514	70.04	0.514	75.93	0.517	83.69	0.521
CH140	58.22	0.498	66.09	0.508	72.59	0.508	78.74	0.511	86.84	0.515
CI140	60.25	0.491	68.51	0.499	75.33	0.499	81.78	0.501	90.28	0.504
CE139	53.83	0.502	61.23	0.513	67.34	0.513	73.14	0.516	80.77	0.520
CF139	54.24	0.511	61.49	0.523	67.48	0.523	73.15	0.526	80.62	0.531
CG139	56.09	0.511	63.57	0.522	69.74	0.522	75.58	0.526	83.28	0.530
CH139	58.52	0.504	66.46	0.514	73.01	0.514	79.20	0.516	87.37	0.520
CI139	60.92	0.493	69.36	0.501	76.33	0.500	82.91	0.503	91.59	0.506
CE138	54.14	0.507	61.62	0.518	67.80	0.518	73.65	0.521	81.36	0.525
CF138	54.28	0.522	61.47	0.534	67.40	0.534	73.01	0.538	80.41	0.543
CG138	56.41	0.521	63.92	0.532	70.11	0.532	75.97	0.536	83.69	0.540
CH138	59.21	0.508	67.32	0.518	74.02	0.518	80.33	0.521	88.67	0.525
CI138	61.89	0.493	70.61	0.500	77.80	0.500	84.59	0.502	93.55	0.505
CF137	55.08	0.538	62.32	0.550	68.30	0.550	73.94	0.554	81.39	0.558
CG137	57.52	0.528	65.27	0.540	71.67	0.540	77.70	0.543	85.67	0.547
CH137	60.42	0.510	68.88	0.519	75.87	0.519	82.44	0.522	91.12	0.525
CI137	63.04	0.492	72.12	0.498	79.62	0.498	86.67	0.500	95.99	0.503
CG136	59.98	0.518	68.55	0.527	75.63	0.527	82.29	0.530	91.09	0.534
CH136	62.22	0.505	71.30	0.513	78.79	0.513	85.84	0.515	95.14	0.518
CI136	64.18	0.489	73.69	0.495	81.55	0.495	88.94	0.497	98.69	0.500
<b>Media</b>	<b>57.99</b>	<b>0.51</b>	<b>65.98</b>	<b>0.52</b>	<b>72.58</b>	<b>0.52</b>	<b>78.80</b>	<b>0.52</b>	<b>87.02</b>	<b>0.52</b>

<b>Bacino torrente Orba</b>		
	<b>a<sub>T</sub></b>	<b>n</b>
T= 20 anni	57.99	0.52
T= 50 anni	65.98	
T= 100 anni	72.58	
T= 200 anni	78.80	
T= 500 anni	87.02	

Valori dei parametri di pioggia ottenuti come media di quelli relativi alle maglie contenute nel Bacino del torrente Orba.

<b>Bacino Mioglia</b>										
<b>Cella</b>	<b>a<sub>T</sub></b> <b>(T=20 anni)</b>	<b>n</b> <b>(T=20)</b>	<b>a<sub>T</sub></b> <b>(T=50 anni)</b>	<b>n</b> <b>(T=50)</b>	<b>a<sub>T</sub></b> <b>(T=100)</b>	<b>n</b> <b>(T=100)</b>	<b>a<sub>T</sub></b> <b>(T=200 anni)</b>	<b>n</b> <b>(T=200)</b>	<b>a<sub>T</sub></b> <b>(T=500 anni)</b>	<b>n</b> <b>(T=500)</b>
BX138	50.21	0.431	58.53	0.431	65.38	0.431	71.92	0.430	80.51	0.430
BY138	51.11	0.436	59.51	0.437	66.44	0.437	73.03	0.437	81.72	0.437
BZ138	52.06	0.442	60.53	0.443	67.51	0.443	74.15	0.443	82.90	0.444
BX137	49.44	0.428	57.77	0.428	64.63	0.429	71.18	0.428	79.78	0.428
BY137	50.63	0.432	59.13	0.432	66.14	0.433	72.81	0.432	81.58	0.432
BZ137	51.94	0.436	60.59	0.437	67.73	0.437	74.51	0.437	83.44	0.437
BY136	50.03	0.428	58.60	0.428	65.66	0.428	72.36	0.428	81.18	0.428
BZ136	51.72	0.429	60.54	0.430	67.81	0.430	74.71	0.430	83.79	0.430
<b>Media</b>	<b>50.89</b>	<b>0.43</b>	<b>59.40</b>	<b>0.43</b>	<b>66.41</b>	<b>0.43</b>	<b>73.08</b>	<b>0.43</b>	<b>81.86</b>	<b>0.43</b>

<b>Bacino Rio Mioglia</b>		
	<b>a<sub>T</sub></b>	<b>n</b>
T= 20 anni	50.89	0.43
T= 50 anni	59.40	
T= 100 anni	66.41	
T= 200 anni	73.08	
T= 500 anni	81.86	

Valori dei parametri di pioggia ottenuti come media di quelli relativi alle maglie contenute nel Bacino del Rio Mioglia

<b>Bacino Olbicella</b>										
<b>Cella</b>	<b>a<sub>T</sub></b> <b>(T=20 anni)</b>	<b>n</b> <b>(T=20)</b>	<b>a<sub>T</sub></b> <b>(T=50 anni)</b>	<b>n</b> <b>(T=50)</b>	<b>a<sub>T</sub></b> <b>(T=100)</b>	<b>n</b> <b>(T=100)</b>	<b>a<sub>T</sub></b> <b>(T=200 anni)</b>	<b>n</b> <b>(T=200)</b>	<b>a<sub>T</sub></b> <b>(T=500 anni)</b>	<b>n</b> <b>(T=500)</b>
CD138	54.39	0.487	62.34	0.495	68.89	0.495	75.10	0.498	83.28	0.500
CE138	54.14	0.507	61.62	0.518	67.80	0.518	73.65	0.521	81.36	0.525
CF138	54.28	0.522	61.47	0.534	67.40	0.534	73.01	0.538	80.41	0.543
CE137	55.45	0.507	63.32	0.516	69.82	0.516	75.96	0.519	84.07	0.522
CF137	55.08	0.538	62.32	0.550	68.30	0.550	73.94	0.554	81.39	0.558
CD136	58.11	0.454	67.52	0.457	75.28	0.457	82.62	0.459	92.30	0.459
CE136	58.20	0.486	67.08	0.492	74.41	0.492	81.32	0.494	90.45	0.496
CF136	58.14	0.519	66.44	0.528	73.29	0.528	79.75	0.531	88.28	0.534
<b>Media</b>	<b>55.97</b>	<b>0.50</b>	<b>64.01</b>	<b>0.51</b>	<b>70.65</b>	<b>0.51</b>	<b>76.92</b>	<b>0.51</b>	<b>85.19</b>	<b>0.52</b>

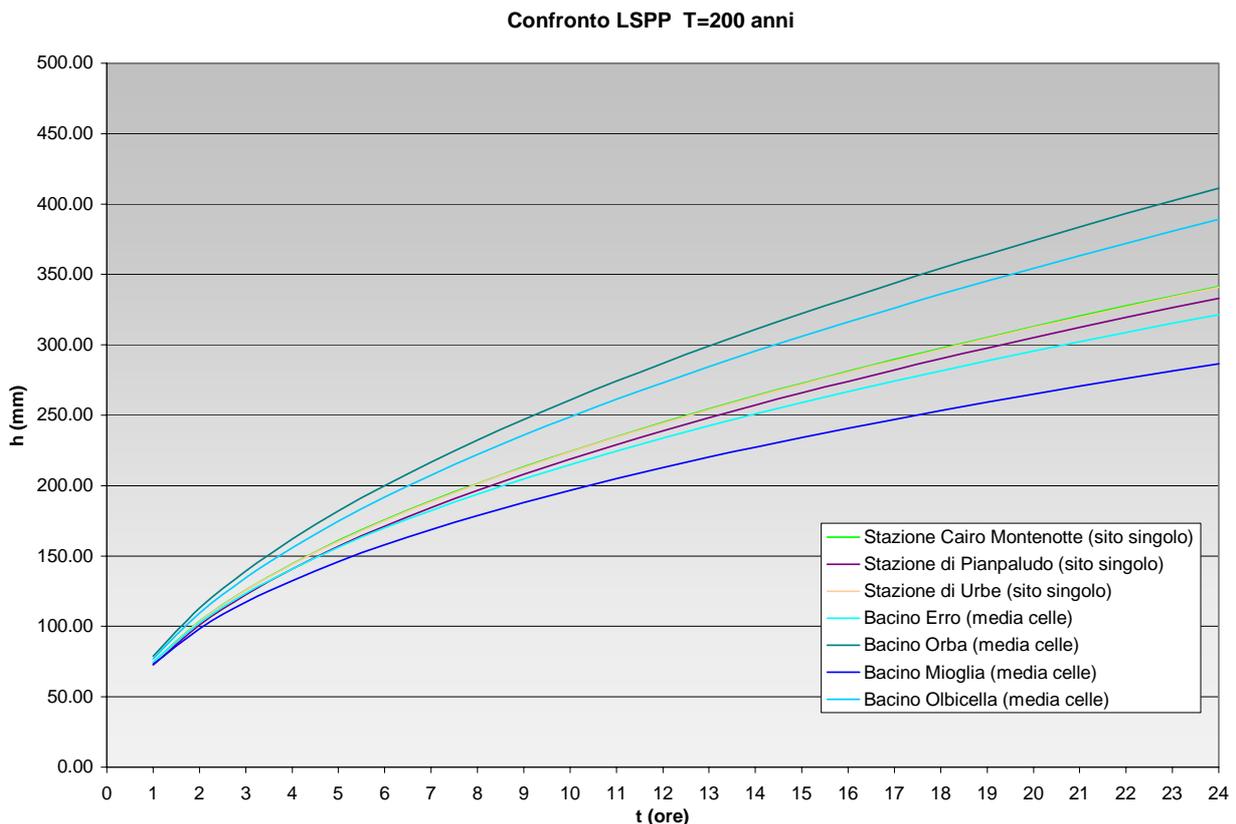
<b>Bacino Olbicella</b>		
	<b>a<sub>T</sub></b>	<b>n</b>
T= 20 anni	55.97	0.51
T= 50 anni	64.01	
T= 100 anni	70.65	
T= 200 anni	76.92	
T= 500 anni	85.19	

Valori dei parametri di pioggia ottenuti come media di quelli relativi alle maglie contenute nel Bacino del Torrente Olbicella

Analisi a sito singolo stazioni											
Stazione	$a_T$	$n$									
	(T=20 anni)	(T=20)	(T=50 anni)	(T=50)	(T=100)	(T=100)	(T=200 anni)	(T=200)	(T=500 anni)	(T=500)	
Cairo Montenotte	52.30	0.412	60.69	0.405	67.59	0.406	74.29	0.402	83.06	0.399	
Pianpaludo	53.85	0.516	60.98	0.529	66.87	0.529	72.44	0.533	79.78	0.538	
Urbe	55.34	0.546	62.55	0.558	68.51	0.558	74.13	0.562	81.56	0.566	
<b>Media</b>	<b>53.83</b>	<b>0.49</b>	<b>61.41</b>	<b>0.50</b>	<b>67.66</b>	<b>0.50</b>	<b>73.62</b>	<b>0.50</b>	<b>81.47</b>	<b>0.50</b>	

Analisi a sito singolo stazioni PAI		
	$a_T$	$n$
T= 20 anni	53.83	0.5
T= 50 anni	61.41	
T= 100 anni	67.66	
T= 200 anni	73.62	
T= 500 anni	81.47	

Valori dei parametri di pioggia ottenuti come media di quelli relativi alle stazioni PAI



Per poter procedere ad un confronto con quanto a disposizione nel territorio padano della Provincia di Savona nei bacini della Bormida di Spigno e di Millesimo, e soprattutto per definire un parametro di pioggia di immediato utilizzo, è stato necessario procedere alla definizione di parametri medi sul territorio in esame.

I dati precedentemente ottenuti per ogni singolo bacino sono quindi stati a loro volta mediati ottenendo così un unico valore dei parametri  $a_T$  ed  $n$ , derivante dal Piano Stralcio PAI, sull'intera area dei bacini dei torrenti Erro, Orba, Olbicella e Mioglia, come rappresentato in tabella:

	$a_T$	$n$
	<b>Autorità di Bacino del Po (PAI)</b>	<b>Autorità di Bacino del Po (PAI)</b>
T = 50 anni	62.6	0.47
T = 200 anni	75.8	
T = 500 anni	84.3	

Lo studio di "caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate al colmo di piena per i bacini liguri" del CIMA, presenta come parametri di pioggia per il versante padano i seguenti dati:

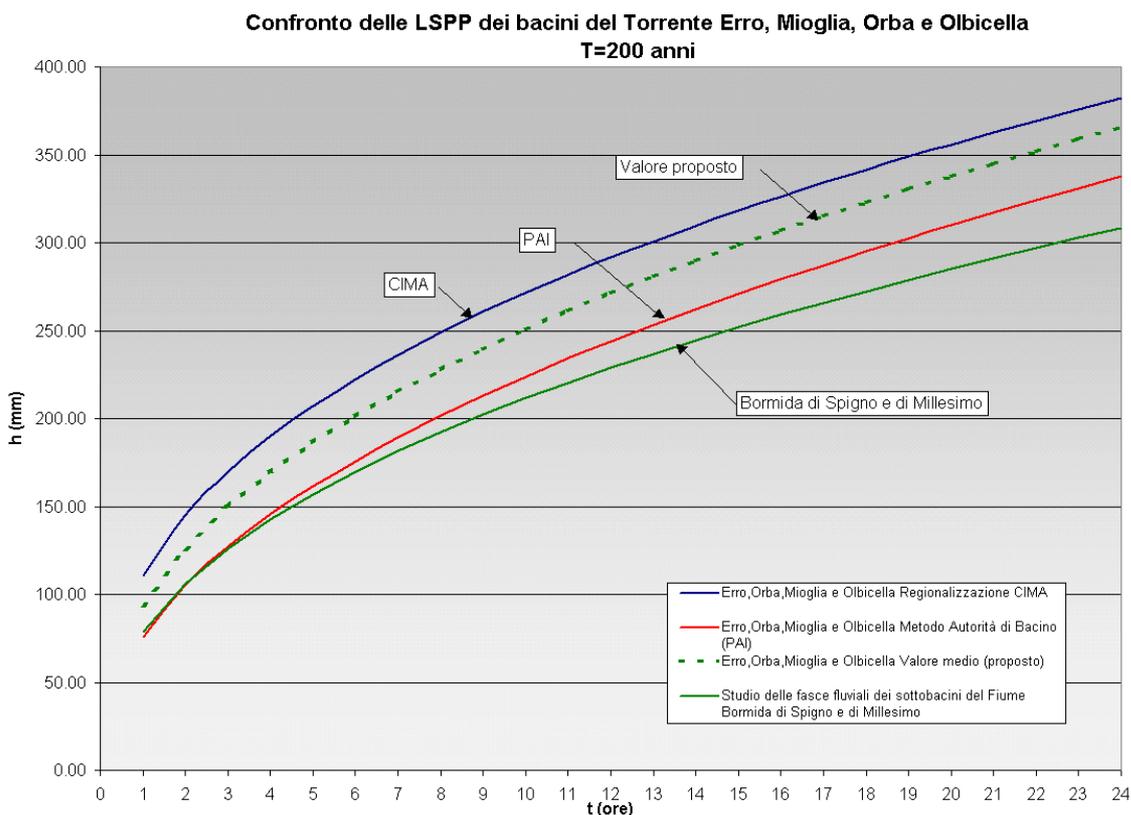
	$a_T$	$n$
	<b>CIMA</b>	<b>CIMA</b>
T = 50 anni	83.6	0.39
T = 200 anni	110.6	
T = 500 anni	84.3	

La media dei dati sopra esposti ha portato alla determinazione dei parametri di pioggia utilizzati nel presente studio:

	$a_T$			$n$		
	<b>CIMA</b>	<b>Autorità di Bacino del Po (PAI)</b>	<b>Valore mediato proposto</b>	<b>CIMA</b>	<b>Autorità di Bacino del Po (PAI)</b>	<b>Valore mediato proposto</b>
T = 50 anni	83.6	62.6	73.1	0.39	0.47	0.43
T = 200 anni	110.6	75.8	93.2			
T = 500 anni	130.5	84.3	107.4			

Al fine di verificare ulteriormente la coerenza dei risultati ricavati nel presente studio si è proceduto a confrontare tali valori con quelli ricavati dallo “studio delle fasce fluviali dei sottobacini del fiume Bormida di Spigno e del fiume Bormida di Millesimo”, per il quale sono stati utilizzati i seguenti valori:

	$a_T$			$n$		
	CIMA	Autorità di Bacino del Po (PAI)	Valore studi Bormida di Spigno e Bormida di Millesimo	CIMA	Autorità di Bacino del Po (PAI)	Valore studi Bormida di Spigno e Bormida di Millesimo
T = 50 anni	78.5	44.6	61.5	0.39	0.47	0.43
T = 200 anni	104.0	53.2	78.6			
T = 500 anni	122.7	58.8	90.7			



Confronto delle Linee segnalatrici di possibilità pluviometria sul versante padano

### **1.3 STIMA DEI VALORI DI PORTATA AL COLMO DI PIENA**

I valori di portata al colmo di piena sono stati confrontati con i risultati ottenuti utilizzando il metodo razionale indicato dalla Normativa del PAI e il metodo indicato dallo studio di “caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate al colmo di piena per i bacini liguri” del CIMA.

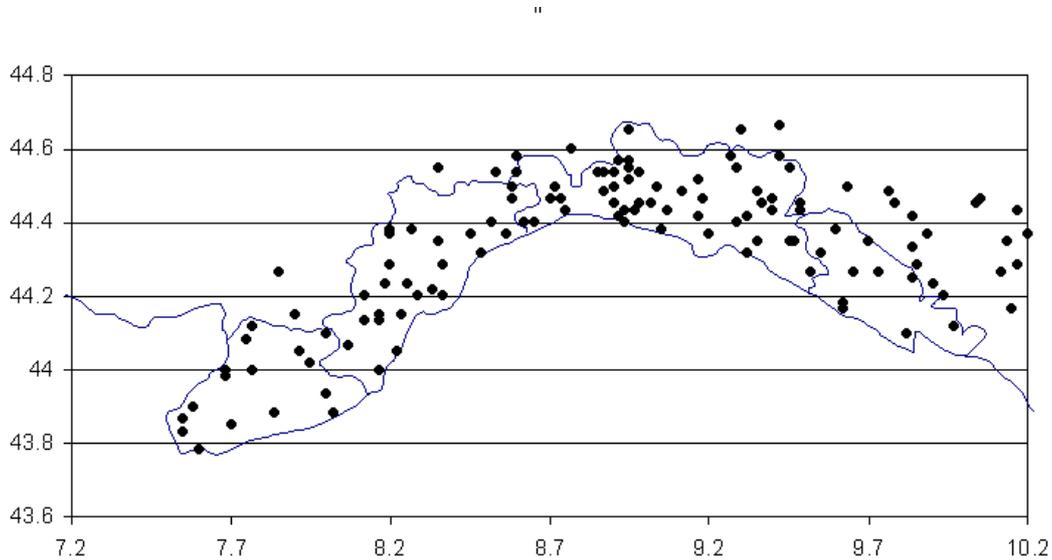
#### **1.3.1 Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri. Valori di portata al colmo di piena, con assegnato tempo di ritorno, per i bacini idrografici con foce al mar Tirreno – luglio 1999 - (C.I.M.A.) Università degli Studi di Genova.**

Sono stati utilizzati i valori di portata al colmo di piena, con assegnato periodo di ritorno (50,200,500 anni), per i bacini idrografici liguri del versante padano con la metodologia indicata nello studio di “caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate al colmo di piena per i bacini liguri” del CIMA .

In sintesi il metodo per la valutazione delle portate al colmo di piena in sezioni non strumentate può essere descritto nei seguenti punti:

- attraverso un’analisi statistica regionale, che fa uso di tutta l’informazione fornita dalle stazioni pluviometriche dislocate sull’intero territorio Regionale e su alcuni bacini limitrofi, sono state definite le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per ogni sito non strumentato all’interno della regione;
- dalle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica è stato derivato l’evento di precipitazione critico per assegnato periodo di ritorno. La durata e la forma di quest’ultimo sono state dedotte attraverso l’applicazione della modellazione afflussi-deflussi, da considerazioni sulla meteorologia della regione, desunte da osservazioni satellitari degli eventi intensi del 1992, da risultati riportati su alcune pubblicazioni su rivista internazionale [Deidda et al., 1999] e dall’analisi di serie storiche di precipitazione ad alta risoluzione, quali quelle della stazione del Dipartimento di Ingegneria Ambientale (DIAM) dell’Università di Genova;
- dalle osservazioni di portata disponibili per l’intero territorio ligure è stata determinata, con procedura regionale analoga a quella utilizzata per le piogge, la forma adimensionale della distribuzione di probabilità delle portate al colmo di piena;
- le curve adimensionali sono state dimensionalizzate attraverso la portata indice, definita attraverso la trasformazione afflussi-deflussi dell’evento di precipitazione critico per periodo di ritorno  $T=2.9$  anni. Il modello afflussi-deflussi utilizzato è un modello molto avanzato basato sulle più moderne conoscenze riguardo le interazioni tra la morfologia e la risposta dei bacini ad eventi meteorologici intensi. Tale modello risulta descritto in atti di convegni internazionali e su una pubblicazione su rivista internazionale [Giannoni et al., 1998, Giannoni et al., 1999a, 1999b];

- dalle curve opportunamente rese dimensionali per le sezioni di interesse sono stati desunti i valori di portata al colmo di piena per differente periodo di ritorno T.



*Posizione delle 125 stazioni ricadenti nella regione omogenea individuata sulla base di considerazioni sui meccanismi di generazione delle precipitazioni intense in Liguria. Esse appartengono al SIMI sezione di Genova per la parte tirrenica e sezione di Parma per la parte padana.*

### 1.3.1.1 Determinazione delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

Tali curve consentono, per assegnato periodo di ritorno, di definire come variano le altezze massime annuali di precipitazione in funzione della durata considerata.

La forma più comune delle LSPP è:

$$h(d,T) = a(T)d^n$$

con:

$h(d,T)$  altezza di precipitazione massima annuale per durata  $d$  e periodo di ritorno  $T$

$a(T)$  coefficiente moltiplicativo dipendente dal periodo di ritorno;

$n$  esponente della relazione di scala.

Nel caso in esame è stato mostrato come per tutte le durate fino a 24 ore la distribuzione di probabilità possa essere ritenuta costante nella sua forma adimensionale. Ciò significa che, una volta fissato il periodo di ritorno, il rapporto tra il quantile corrispondente a tale periodo di ritorno ed il valore atteso è costante per qualunque durata. In tali condizioni quindi il coefficiente  $a(T)$  può essere espresso nella forma:

$$a(T) = K_T \frac{E[H_{d_1}]}{d_1^n}$$

con:

Relazione

$E[H_{d1}]$  valore atteso della altezza di precipitazione massima annuale per la durata di riferimento  $d_1$

$K_T$  coefficiente moltiplicativo dipendente dal periodo di ritorno.

Inoltre è stato messo in luce che le differenze tra i diversi valori assunti da  $\frac{E[H_{d_1}]}{d_1^n}$  sono riconducibili alla variabilità campionaria e che per congruenza con il metodo di valutazione delle portate al colmo di piena si è scelto come pioggia indice  $E[H_{12}]$ . La forma da utilizzare della LSPP risulta quindi:

$$h(d, T) = K_T E[H_{12}] \left( \frac{d}{12} \right)^n$$

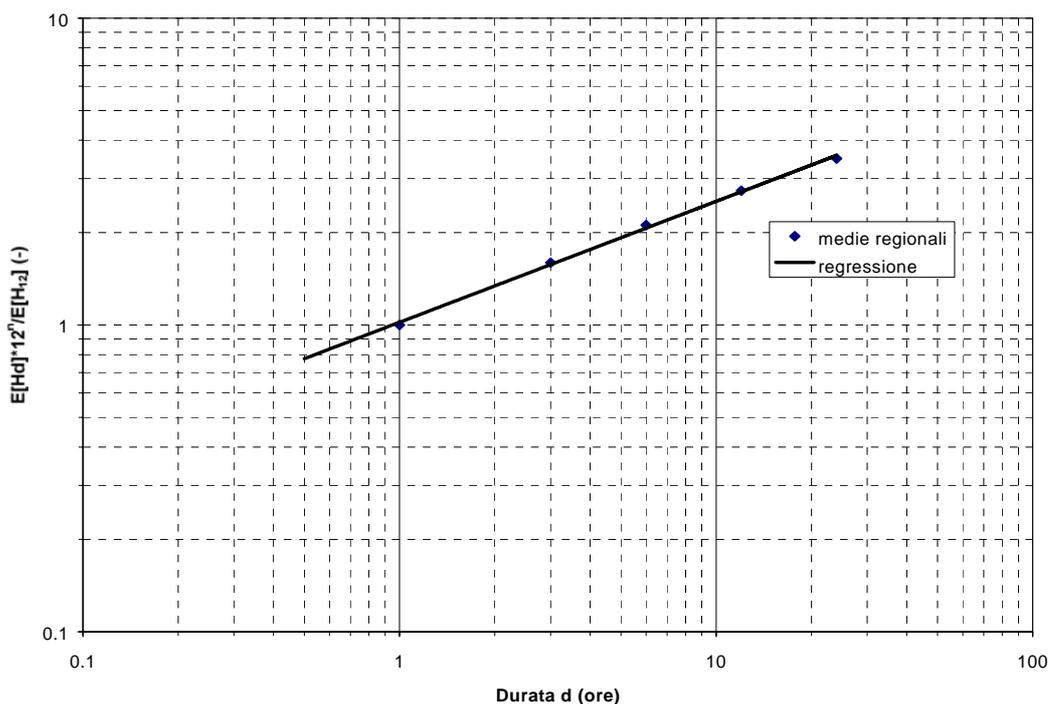
Il valore dell'esponente  $n$  si ricava tenendo conto del fatto che per i valori attesi l'equazione precedente assume la forma:

$$E[H_d] = E[H_{12}] \left( \frac{d}{12} \right)^n$$

con:

$d$  durata di interesse in ore.

Quindi con una regressione lineare dei logaritmi delle medie regionali dei massimi annuali per le diverse durate sui logaritmi delle rispettive durate si ottiene una stima dell'esponente  $n$ , pari a  $n=0.39$ . Nella figura che segue è riportata la curva di scala con le medie regionali per le diverse durate. Si può osservare come essa si adegui in maniera molto soddisfacente alle osservazioni. Quindi l'ipotesi che i valori attesi della pioggia indice varino con la durata secondo l'espressione della LSPP riportata risulta del tutto accettabile.



Curva di scala valutata sulla base delle medie regionali dei massimi annuali di precipitazione per le durate considerate. La legge di potenza ipotizzata per la curva di scala si adegua in maniera molto soddisfacente alle osservazioni, confermando l'accettabilità dell'ipotesi.

Una volta valutato l'esponente  $n$ , il valore di  $E[H_{12}]/12^n$  può essere valutato per qualsiasi sito nella regione, essendo noto  $E[H_{12}]$ , valutato secondo le modalità esposte al paragrafo precedente.

In *Tabella 1* sono riportati i valori del parametro pioggia indice  $E[H_1] = \frac{E[H_{12}]}{12^{0.39}}$  da inserire nell'espressione della LSPP. Il parametro legato al tempo di ritorno  $K_T$  può essere letto direttamente dal grafico della curva di crescita in figura precedente. Entrando con il tempo di ritorno  $T$  sulle ordinate si incrocia la curva e si legge sulle ascisse il valore cercato del parametro. Per comodità di lettura, in *Tabella 2* sono riportati i valori di  $K_T$  per i periodi di ritorno più comunemente utilizzati nella progettazione di opere idrauliche. A questo punto la LSPP risulta completamente caratterizzata, in quanto sono noti tutti i parametri che entrano nell'espressione (1). Di seguito si riporta un esempio di applicazione della procedura per la stima delle LSPP.

Si procede come segue:

1. sulla cartografia regionale si individua la zona di bacino di interesse oppure, se si opera a scala di bacino, la posizione  $x$  del suo baricentro, in longitudine est da Greenwich;
2. con il valore di  $x$  si entra nella *Tabella 1* cui corrispondono i rispettivi valori di  $E[H_1]$ , eventualmente ricavati per interpolazione tra i due valori (si omettono, ovviamente, le cifre oltre la prima decimale, non significative);
3. si definisce il valore del periodo di ritorno di interesse e dai valori riportati in *Tabella 2* si ricava il valore  $K_T$ ;
4. La LSPP assume quindi la forma:  
Relazione

$$h(d,T) = KT * E[H1] * d^{0.39}$$

(1)

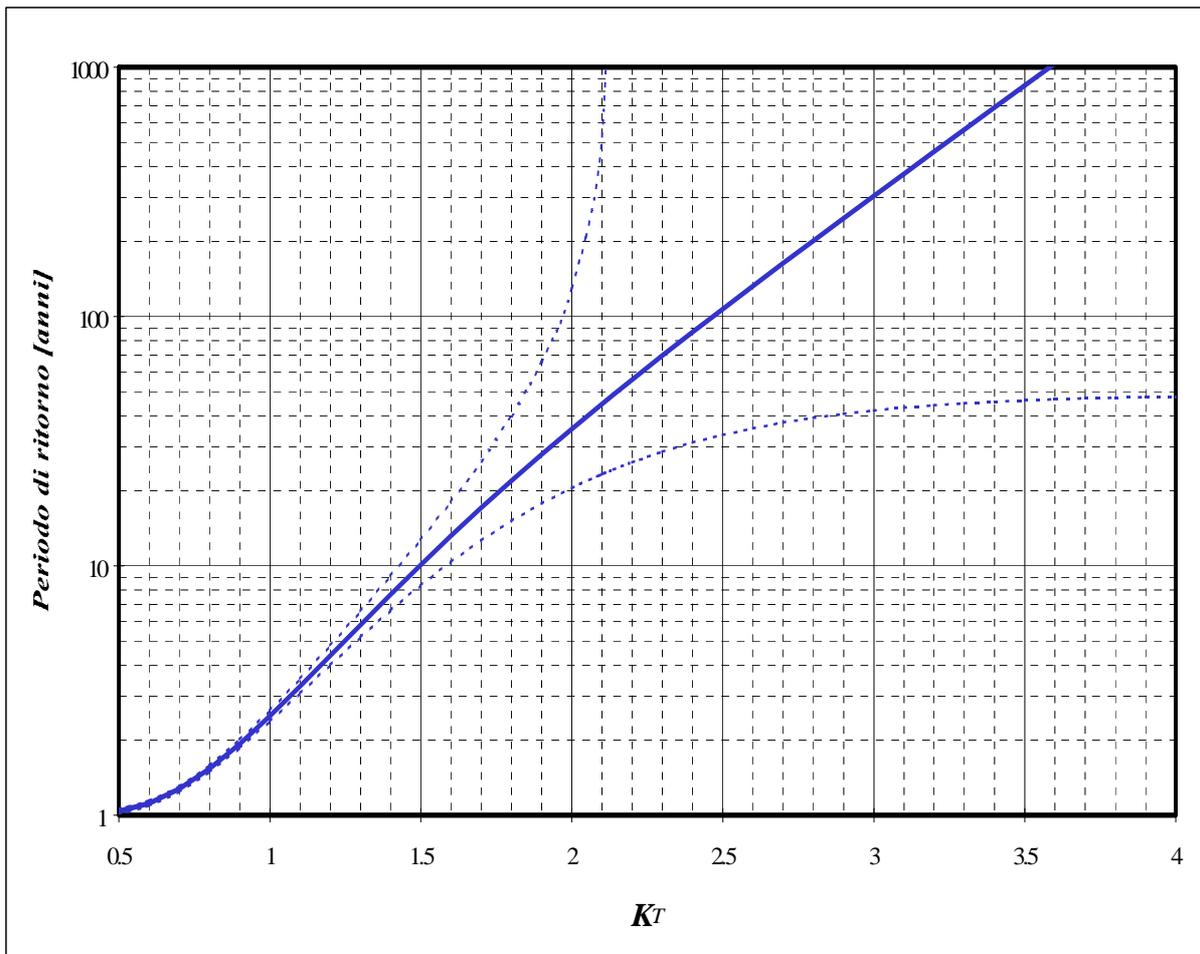
*Tabella 1: valore del parametro pioggia indice  
Esso è tabellato in funzione della longitudine. Per valori di longitudine intermedi il valore pioggia indice si può ottenere per interpolazione lineare.*

Longitudine		E[H <sub>1</sub> ]
Gradi	primi	mm
8	20	38.5
8	22.5	38.9
8	25	39.2
8	27.5	39.6
8	30	39.9
8	32.5	40.0
8	35	40.2

*Tabella 2: valori del parametro moltiplicatore funzione del periodo di ritorno T. Per i periodi di ritorno differenti il valore K<sub>T</sub> si può leggere sull'asse delle ascisse nell'apposito grafico, entrando sulle ordinate con il valore del periodo di ritorno.*

T [anni]	K <sub>T</sub>
30	1.88
50	2.10
100	2.43
200	2.78
500	3.28

Qualora si volesse stimare la LSPP per un periodo di ritorno non presente in Tabella 2 il parametro legato al tempo di ritorno K<sub>T</sub> può essere letto direttamente dal grafico della curva di crescita regionale. Entrando con il tempo di ritorno T sulle ordinate (ad esempio T=10 anni) si incrocia la curva e si legge sulle ascisse il valore cercato del parametro, che in questo caso risulta essere pari a K<sub>10</sub>=1.5.



*Curva di crescita regionale. Sulle ascisse si legge il valore adimensionale del quantile, il cui periodo di ritorno associato è indicato in ordinata.*

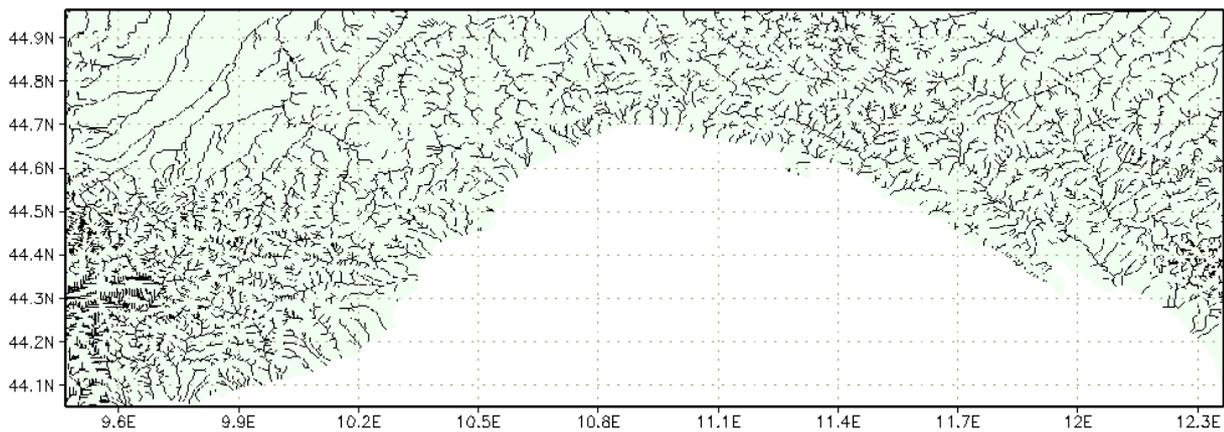
### 1.3.1.2 Determinazione delle portate al colmo di piena (CIMA 1999)

Il modello afflussi deflussi, chiamato DRiFt (Discharge River Forecast), utilizzato nello studio "C.I.M.A." è stato sviluppato nell'ambito dell'analisi della risposta idrologica a scala di bacino, incentrata principalmente sulla simulazione e previsione di idrogrammi di piena. La tendenza attuale della modellazione è indirizzata verso modelli sempre più complessi il cui intento è quello di riprodurre con maggiore accuratezza i processi fisici di interesse; spesso però una sofisticata descrizione di tali processi porta a benefici non paragonabili alla complessità dei modelli. D'altra parte bisogna riconoscere che l'eccessiva semplificazione di alcuni metodi tradizionali (formula razionale) e i metodi usualmente utilizzati per la progettazione (curva involuppo dei contributi unitari delle portate al colmo di piena) non tengono in conto aspetti importanti quali la variabilità spaziale delle piogge, delle caratteristiche del suolo e della struttura topografica del sistema. Il modello si propone come uno strumento di semplice utilizzo, in grado comunque di interpretare le caratteristiche ritenute di principale importanza nella regione ligure, per la modellazione al colmo di piena. Il modello è stato sviluppato dal CIMA per soddisfare alle esigenze di alcuni ambienti naturali quali quello dell'arco alpino-appenninico caratterizzati da particolari strutture drenanti di dimensioni spaziali ridotte, la cui parte montana risulta preponderante nei processi di formazione della piena rispetto a quella con caratteristiche spiccatamente vallive.

Il modello è costituito da tre moduli distinti:

- individuazione della rete di drenaggio;
- determinazione dei tempi di corrivazione;
- calcolo dell'idrogramma di piena attraverso la convoluzione degli idrogrammi unitari istantanei.

Il primo modulo identifica le diverse componenti che costituiscono la rete di drenaggio effettuando la distinzione tra versante e canale. Tale distinzione avviene utilizzando una procedura di filtro con significato morfologico. Questo modulo utilizza come dato di ingresso le informazioni derivanti dai modelli digitali di elevazione del territorio sotto forma di dati di quota, area drenata e un sistema di puntatori per l'individuazione del percorso di drenaggio. Il risultato di questo modulo è la classificazione di ogni cella appartenente al bacino in cella-versante o cella-canale e la determinazione della distanza parziale da una cella a quella successiva secondo la via indicata dal puntatore. La figura che segue rappresenta i reticoli di drenaggio della regione Liguria come risultano individuati nel modello a partire dalle informazioni digitali di elevazione del territorio.



### Individuazione reticoli idrografici della Regione Liguria.

Il secondo modulo utilizza come ingresso i risultati del primo modulo e, attribuendo nella cella-canale una velocità di scorrimento del deflusso superficiale stimata pari a 2.5 m/s e nella cella-versante una velocità stimata pari a 0.16 m/s, determina per ogni cella il relativo tempo di corrivazione individuando l'idrogramma istantaneo unitario. L'IUH è calcolato sommando il contributo di ogni cella, alla quale è associato un tempo di corrivazione calcolato come somma dei tempi trascorsi dal ruscellamento prodotto in quella cella rispettivamente sul versante e nel canale lungo il tragitto che lo collega alla sezione di chiusura.

Il terzo modulo accetta come ingresso le piogge e i tempi di corrivazione determinati dal secondo modulo e, sfruttando le proprietà dei sistemi lineari, effettua la convoluzione degli idrogrammi istantanei unitari. La pioggia lorda viene trasformata in pioggia efficace attraverso la metodologia proposta dal Soil Conservation Service, attraverso il parametro sintetico detto Curve Number (CN) in grado di riassumere informazioni quali litologia, urbanizzazione e uso del suolo. Nell'effettuare la convoluzione si hanno alcune differenze fondamentali rispetto al metodo classico dell'IUH in quanto la variabilità temporale della pioggia in ingresso e spaziale delle caratteristiche del terreno conducono ad un idrogramma istantaneo variabile nel tempo anziché ad un idrogramma istantaneo tempo invariante: l'uscita di questo terzo modulo è l'idrogramma di piena nella prefissata sezione di chiusura.

Si può definire il modello come un modello lineare, semi-distribuito, parziale (non gestisce il deflusso sub-superficiale), in grado di effettuare simulazioni a scala di evento.

L'approccio lineare è stato adottato in quanto, pur semplificando la modellazione, bene si presta a descrivere la realtà morfologica studiata. Il modello gestisce l'evento di piena focalizzando l'interesse sui valori di portata al picco e tempo in cui tale picco si manifesta e non tratta il moto sotterraneo di infiltrazione. Viene definito semi-distribuito in quanto accetta e gestisce l'informazione in ingresso spazialmente distribuita sul territorio e fornisce il risultato concentrato in una sezione specifica. Il bacino in analisi viene grigliato con un reticolo georeferenziato a maglia quadrata e suddiviso pertanto in un certo numero di celle aventi dimensione corrispondente a quella del modello digitale di elevazione del terreno elaborato dal CNR e pari a 10 secondi di longitudine e 7.7 secondi di latitudine, corrispondenti a circa 225m per 225m. Tutti i dati necessari

al modello sono contenuti in matrici di informazione: ogni elemento della matrice rappresenta l'informazione specifica relativa al cella in questione. Pertanto le informazioni in ingresso sono distribuite e hanno la stessa definizione della maglia della griglia.

L'operatività del modello è stata raggiunta dopo una preliminare analisi di sensibilità dei parametri e una successiva calibrazione dei parametri stessi, effettuata valutando il set di parametri che meglio riproduceva i diversi idrogrammi osservati. Il modello è versatile e bene si presta a differenti scopi; effettua la simulazione a scala di evento rappresentando la situazione relativa ad un periodo di tempo limitato da alcune ore a qualche giorno; è inoltre in grado di assumere per ogni evento condizioni di umidità del suolo specifiche da cui iniziare la simulazione.

Il modello è stato pensato come un modello a cinque parametri: due di carattere morfologico per l'individuazione della rete di drenaggio e la distinzione tra le due componenti di tale rete, due di carattere cinematico, le velocità rispettivamente in canale e sul versante, ed un parametro fisico rappresentante lo stato di umidità del terreno che identifica appunto la situazione fisica di inizio simulazione. Una analisi svolta precedentemente alla calibrazione ha permesso di determinare i valori da attribuire ai parametri morfologici assumendoli, almeno in una regione morfologicamente omogenea, costanti. I valori da attribuire ai parametri cinematici sono stati tarati utilizzando eventi storici. La condizione di antecedente bagnamento del suolo rappresenta un grado di libertà che si deve lasciare al modello e non è quindi un parametro tarabile a priori.

#### 1.3.1.2.1

### 1.3.1.3 Piccoli bacini con dimensioni da 2 a 10 Km<sup>2</sup> (CIMA 1999)

La stima della portata al colmo di piena per assegnato tempo di ritorno per le sezioni di corsi d'acqua che sottendano bacini imbriferi di ridotta dimensione areale è stata oggetto di una modellazione numerica a parte rispetto alla metodologia sopra proposta.

Si riportano di seguito i singoli elementi che concorrono alla definizione della stima della portata al colmo di piena per assegnato tempo di ritorno per le sezioni di corsi d'acqua che sottendano bacini imbriferi di ridotta dimensione areale, indicativamente compresa fra 2 e 10 km<sup>2</sup>:

- scelta della linea segnalatrice di probabilità pluviometrica;
- stima della precipitazione efficace;
- stima del tempo di risposta del bacino e dell'idrogramma unitario;
- calcolo dell'evento critico per assegnato tempo di ritorno;
- metodologia di stima della portata per assegnato tempo di ritorno;

Dei parametri necessari per l'applicazione pratica del metodo sopra sintetizzato, sembra di poter individuare, come passibile di valutazioni soggettive, il valore assegnato al coefficiente assunto a rappresentare la capacità del suolo di assorbire parte della precipitazione. Di stima più semplice, e sicuramente meno soggettiva, è la posizione del bacino in esame nell'ambito del territorio regionale e la dimensione areale del bacino sotteso dalla sezione per la quale si vuole calcolare il valore di portata per assegnato tempo di ritorno. Si suggerisce conseguentemente che la scelta del valore da assegnare al parametro assunto a rappresentare la capacità del suolo ad assorbire la

precipitazione sia ristretta ad un insieme estremamente limitato, in grado di rappresentare le caratteristiche estreme per quattro diverse possibili classi in cui suddividere i bacini regionali, come in *Tabella 1*.

<b>tipo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>CN</b>
<b>A</b>	Bacini di tipo residenziale, industriale o commerciale caratterizzati da un elevato grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili superiore al 60%.	92
<b>B</b>	Bacini caratterizzati da un medio grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili compresa fra 30% e 60%.	87
<b>C</b>	Bacini caratterizzati da un basso grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili compresa fra 5% e 30%.	75
<b>D</b>	Bacini caratterizzati da estesa copertura arborea. Estensione delle aree impermeabili inferiore al 5%.	67

*Tabella 1: classificazione dei bacini regionali per la stima del valore di CN.*

Il riferimento alle condizioni standard sopra riportate consente di esprimere la portata con tempo di ritorno 2.9 anni come:

$$Q_{2,9} = C_Q \cdot A \cdot (0.25 + 0.27 \cdot A^{1/2})^{-0.48} \quad [m^3s^{-1}];$$

mentre le portate per i diversi tempi di ritorno si ottengono dalla

$$Q_T = K_T \cdot Q_{2,9} \quad [m^3s^{-1}];$$

con  $K_T$  – fattore di frequenza delle portate – fornito dalla *Tabella 2*. Il coefficiente  $C_Q$  è fornito, in funzione del tipo di bacino e della sua posizione geografica, in *Tabella 3*.

<b>T [anni]</b>	5	10	30	50	100	200	500
<b>K<sub>T</sub></b>	1.29	1.79	2.90	3.47	4.25	5.02	6.04

*Tabella 2: fattore di frequenza delle portate per i tempi di ritorno di interesse tecnico.*

Longitudine Gradi	primi	Bacino Tipo			
		A	B	C	D
8	20	7.10	5.93	4.54	3.98
8	22.5	7.19	6.00	4.59	4.03
8	25	7.28	6.07	4.65	4.08
8	27.5	7.36	6.14	4.70	4.13
8	30	7.44	6.21	4.75	4.17
8	32.5	7.48	6.25	4.78	4.20
8	35	7.52	6.28	4.80	4.22

Tabella 3: coefficiente di portata,  $C_Q$ , in funzione del tipo di bacino e della sua posizione.

### 1.3.1.4 Piccoli bacini con dimensioni minori di 2 Km<sup>2</sup> (CIMA 1999)

Onde evitare la tendenza – legata alla descrizione matematica delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica – a produrre precipitazioni di intensità tendente ad infinito in corrispondenza a durate tendenti a zero, si suggerisce di adottare, per bacini aventi area minore di 2 km<sup>2</sup>, un contributo unitario costante pari a quello ottenuto con riferimento a superfici scolanti aventi area drenata pari a 2 km<sup>2</sup>.

In questo caso il valore di portata è pari a:

$$Q_T = K_T \cdot A \cdot U_{A=2} \quad [m^3 s^{-1}];$$

nella quale A è la superficie drenata espressa in km<sup>2</sup>,  $U_{A=2}$  è il contributo unitario per area pari a 2 km<sup>2</sup>, espresso in m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>km<sup>-2</sup>, e  $K_T$  il fattore di frequenza delle portate fornito in Tabella 1. Il coefficiente  $U_{A=2}$ , espresso in m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>km<sup>-2</sup>, è fornito, in funzione del tipo di bacino e della sua posizione geografica, della Tabella 2.

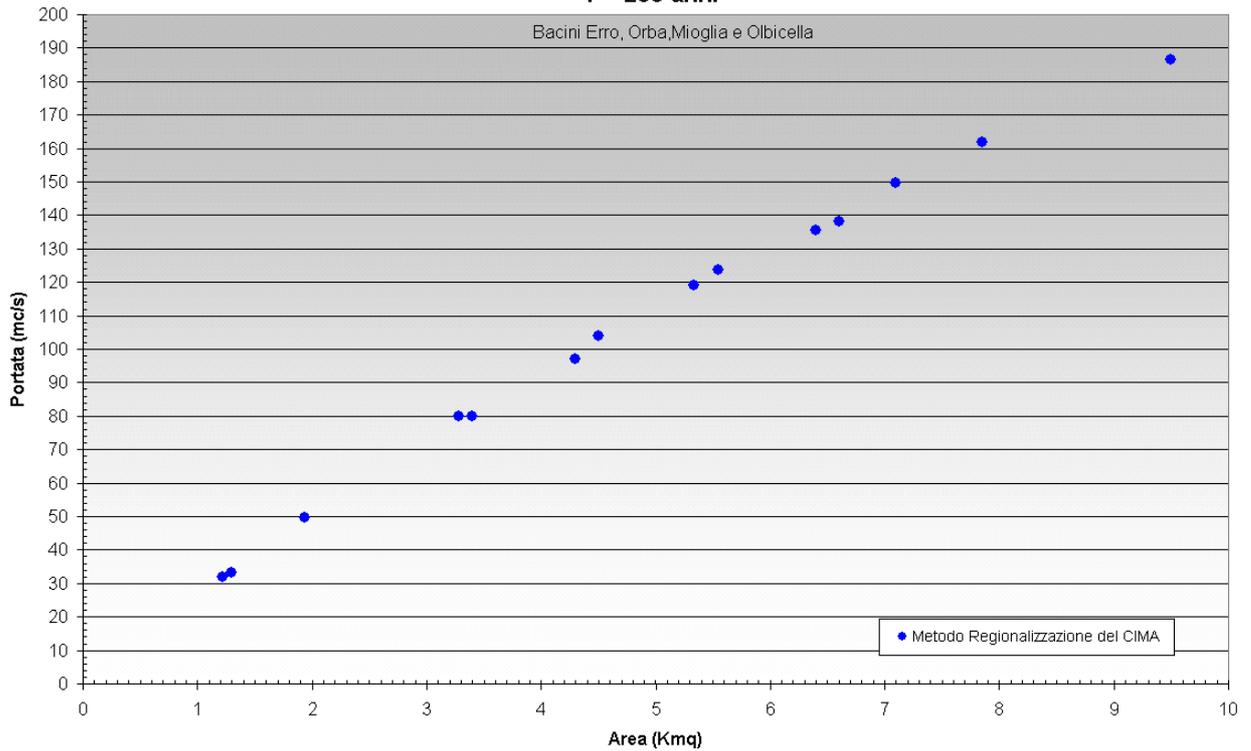
T [anni]	5	10	30	50	100	200	500
K <sub>T</sub>	1.29	1.79	2.90	3.47	4.25	5.02	6.04

Tabella 1: fattore di frequenza delle portate per i tempi di ritorno di interesse tecnico.

Longitudine Gradi	primi	Bacino Tipo			
		A	B	C	D
8	20	8.85	7.39	5.66	4.97
8	22.5	8.96	7.48	5.73	5.03
8	25	9.07	7.57	5.79	5.09
8	27.5	9.17	7.66	5.86	5.15
8	30	9.28	7.74	5.93	5.20
8	32.5	9.33	7.79	5.96	5.23
8	35	9.37	7.82	5.99	5.26

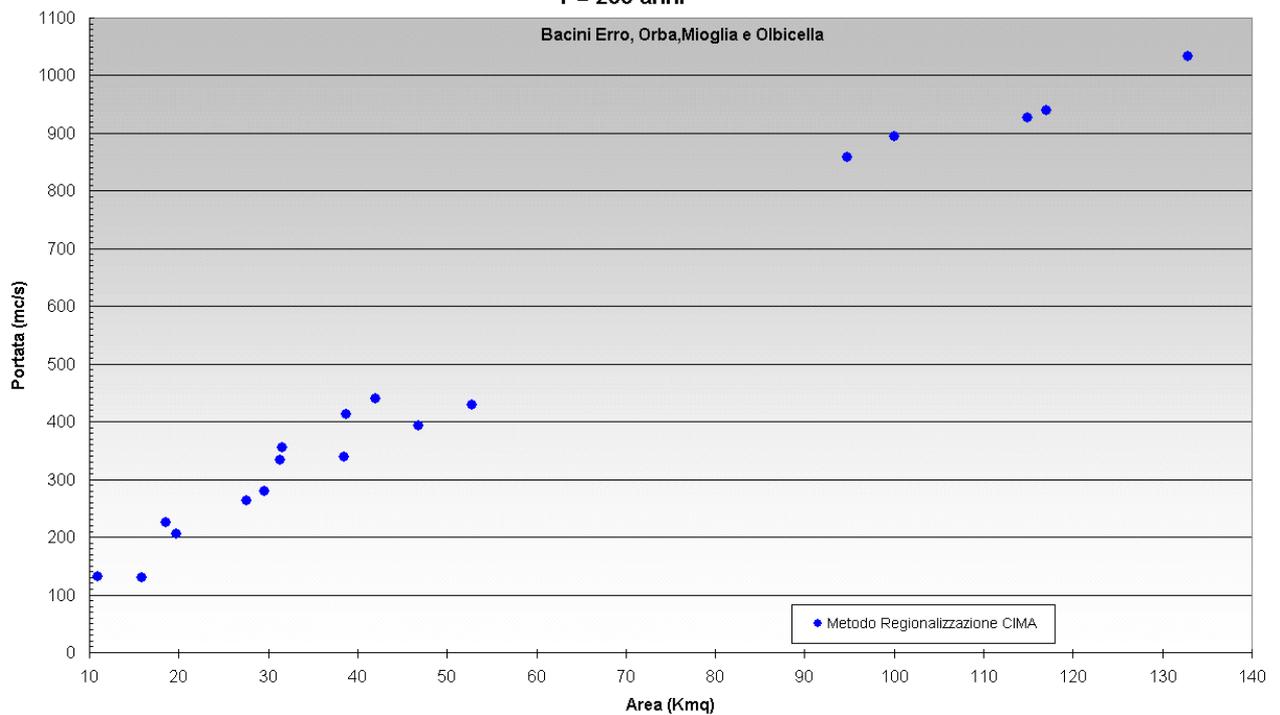
Tabella.2: contributo unitario,  $U_{A=2}$  in funzione del tipo di bacino e della sua posizione.

**Portate/Aree - Piccoli Bacini < 10 Km<sup>2</sup>**  
**T = 200 anni**



Valore di portata calcolato per piccoli bacini  
**METODO CIMA**

**Portate/Aree - Grandi Bacini > 10 Km<sup>2</sup>**  
**T = 200 anni**



Valore di portata calcolato per grandi bacini  
**METODO CIMA**

### 1.3.2 Calcolo della portata con il metodo razionale del PAI

E' stata utilizzata la Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilita' idraulica delle Norme di Attuazione del PAI.

La formula del metodo razionale è la seguente:

$$Q_c = 0,28 c i A$$

dove:

$Q_c$  = portata al colmo (m<sup>3</sup>/s)

$c$  = coefficiente di deflusso (-)

$i$  = intensità di pioggia (mm/hr)

$A$  = superficie del bacino (km<sup>2</sup>)

Il metodo considera il bacino idrografico come una singola unità e stima il valore al colmo della portata con le seguenti assunzioni:

- la precipitazione è uniformemente distribuita sul bacino,
- la portata stimata ha lo stesso tempo di ritorno  $T$  di quello dell'intensità di pioggia,
- il tempo di formazione del colmo di piena è pari a quello della fase di riduzione,
- l'intensità di pioggia ha una durata pari a quella del *tempo di corrivazione*  $t_c$ .

Il **tempo di corrivazione**  $t_c$  è stato calcolato prendendo in considerazione le formule empiriche di Giandotti, Ventura e Pasini.

#### Formula di Giandotti:

$$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{H_m \cdot H_0}}$$

dove:

$A$  = area del bacino alla sezione di chiusura (Km<sup>2</sup>)

$L$  = lunghezza del percorso idraulicamente più lungo del bacino (km)

$H_m$  = altitudine media del bacino (m s.l.m.)

$H_0$  = altitudine della sezione di chiusura (m s.l.m.)

#### Formula di Ventura:

$$t_c = 0.1272 \cdot \sqrt{\frac{A}{i_m}}$$

dove:

$A$  = area del bacino alla sezione di chiusura (Km<sup>2</sup>)

$i_m$  = pendenza media dell'asta principale del bacino [-]

$$tc = \frac{0.108}{\sqrt{i_m}} \cdot (A \cdot L)^{\frac{1}{3}}$$

dove:

A = area del bacino alla sezione di chiusura (Km<sup>2</sup>)

L = lunghezza del percorso idraulicamente più lungo del bacino (km)

$i_m$  = pendenza media dell'asta principale del bacino [-]

Il valore del **coefficiente di deflusso**  $c$  è estremamente difficile da stimare e costituisce il maggior elemento di incertezza nella valutazione della portata.

Il parametro tiene conto dei fattori che intervengono a determinare la relazione tra la portata al colmo e l'intensità media di pioggia.

E' possibile ipotizzare che, per gli eventi gravosi, il parametro assuma valori sufficientemente stabili.

Coefficienti di deflusso raccomandati da *American Society of Civil Engineers* e da *Pollution Control Federation*, con riferimento prevalente ai bacini urbani

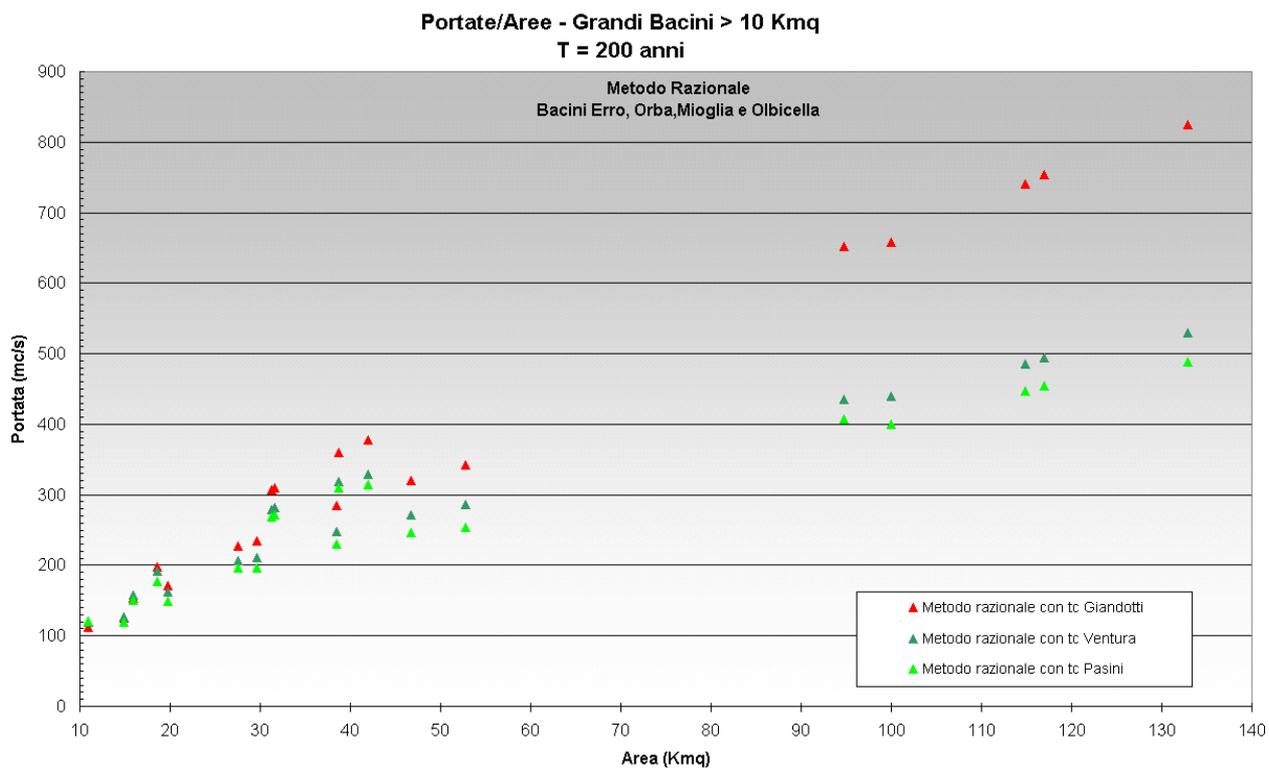
Caratteristiche del bacino	c
Superfici pavimentate o impermeabili (strade, aree coperte, ecc.)	0,70 – 0,95
Suoli sabbiosi a debole pendenza (2%)	0,05 – 0,10
Suoli sabbiosi a pendenza media (2 - 7%)	0,10 – 0,15
Suoli sabbiosi a pendenza elevata (7%)	0,15 – 0,20
Suoli argillosi a debole pendenza (2%)	0,13 – 0,17
Suoli argillosi a pendenza media (2 - 7%)	0,18 – 0,22
Suoli argillosi a pendenza elevata (7%)	0,25 – 0,35

Coefficienti di deflusso raccomandati da *Handbook of Applied Hydrology*, Ven Te Chow, 1964

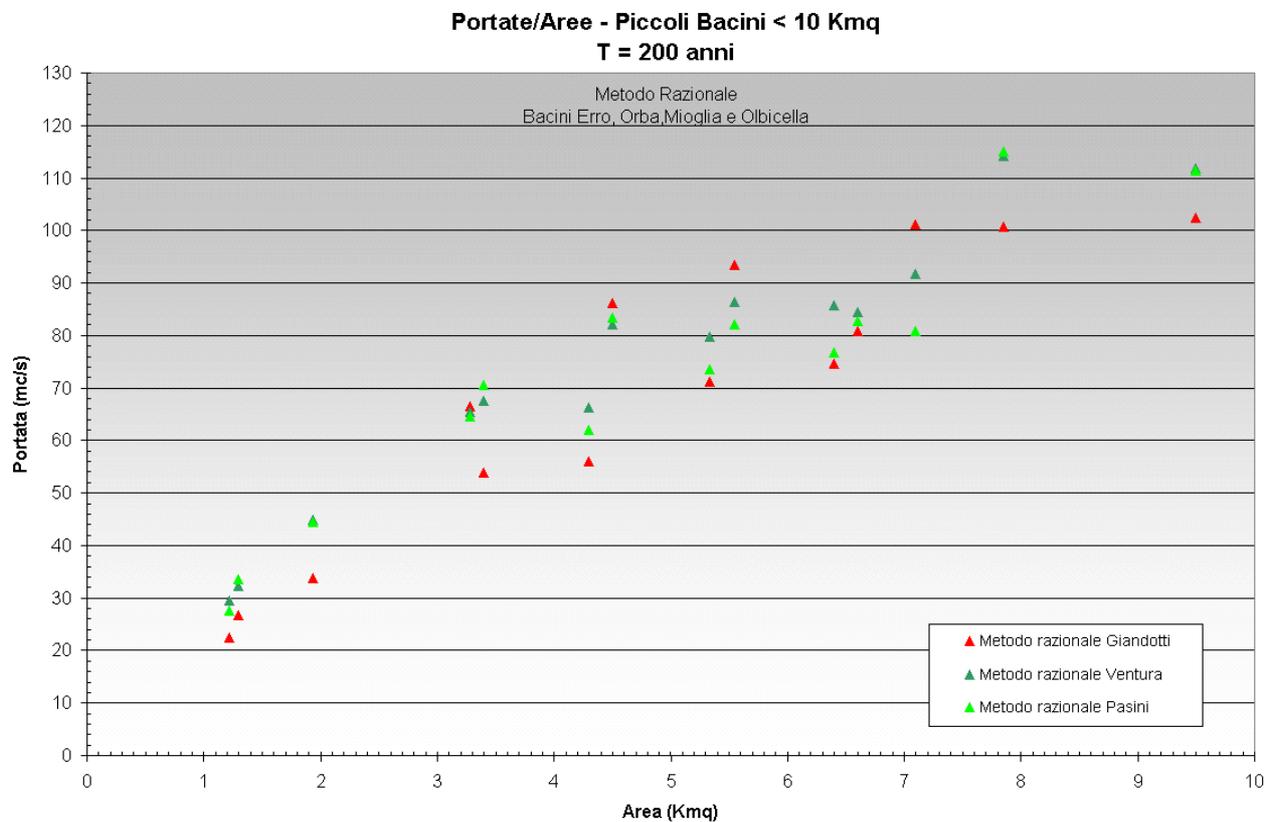
Tipo di suolo	c	
	Uso del suolo	
	Coltivato	Bosco
Suolo con infiltrazione elevata, normalmente sabbioso o ghiaioso	0,20	0,10
Suolo con infiltrazione media, senza lenti argillose; suoli limosi e simili	0,40	0,30
Suolo con infiltrazione bassa, suoli argillosi e suoli con lenti argillose vicine alla superficie, strati di suolo sottile al di sopra di roccia impermeabile	0,50	0,40

I valori utilizzati nel presente studio risultano cautelativi rispetto a quanto presente nelle tabelle di riferimento previste nella "Direttiva sulla piena di progetto" sopra indicate:

- $c = 0.65$  per i piccoli bacini (area di bacino < 10 Km<sup>2</sup>);
- $c = 0.60$  per i grandi bacini (area di bacino > 10 Km<sup>2</sup>).



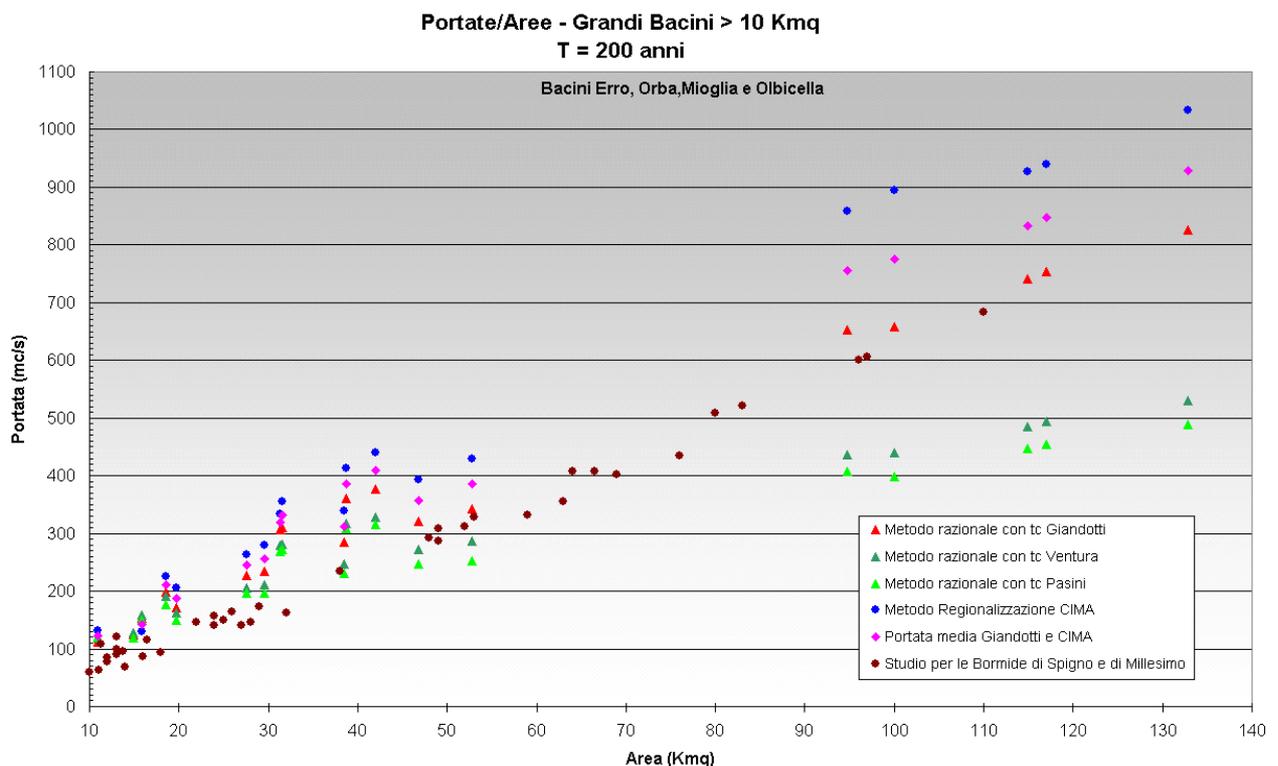
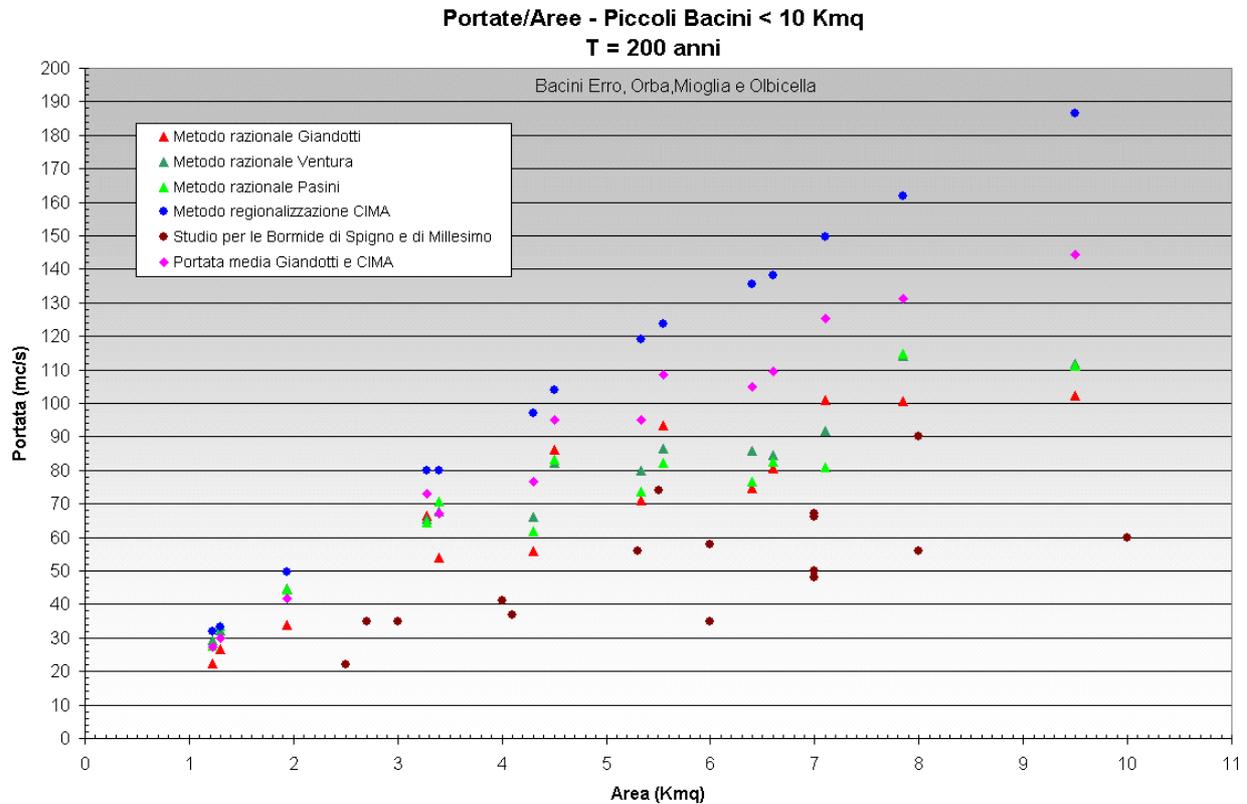
Confronto tra i valori di portata calcolati per i **grandi bacini** con i tre diversi tempi di corrivazione  
METODO RAZIONALE



Confronto tra i valori di portata calcolati per i **piccoli bacini** con i tre diversi tempi di corrivazione  
METODO RAZIONALE

### 1.3.3 Calcolo della portata al colmo di verifica

I valori di portata ricavati con le diverse metodologie di calcolo sono stati confrontati ed analizzati nei seguenti grafici:



L'analisi numerica condotta permette di verificare graficamente i valori di portata al colmo di piena calcolati con il tempo di corrivazione  $t_c$  derivante dalla formula empirica di Giandotti.

Avendo come obiettivo di pianificazione la tutela del territorio e la mitigazione del rischio idraulico, si è ritenuto opportuno utilizzare cautelativamente come valore di portata definitivo per lo studio oggetto della presente, il valore medio tra la portata calcolata con il metodo razionale con tc Giandotti e la portata calcolata con il metodo di regionalizzazione del CIMA.

- Le portate al colmo definiscono correttamente la maggiore piovosità delle aree oggetto del presente studio rispetto alle Bormide di Millesimo e di Spigno (si veda paragrafo 1.2 pg.10)
- Le portate al colmo risultano sufficientemente cautelative rispetto ai valori definiti da metodo RAZIONALE rispetto al metodo CIMA (si veda paragrafo 1.3.3 pg.26)

La seguente tabella sintetizza tutti i valori di portata al colmo di piena per i diversi tempi di ritorno utilizzati nelle verifiche idrauliche successivamente condotte.

## Bacino A - Torrente ERRO

Tratto	Codice Tratto	Corso d'acqua	Sezione	Area [Km <sup>2</sup> ]	Sezioni a cui si applica la Portata	Portata T <sub>r</sub> = 50 anni			Portata T <sub>r</sub> = 200 anni			Portata T <sub>r</sub> = 500 anni		
						Metodo razionale Giandotti [m <sup>3</sup> /s]	Valore mediato proposto [m <sup>3</sup> /s]	CIMA [m <sup>3</sup> /s]	Metodo razionale Giandotti [m <sup>3</sup> /s]	Valore mediato proposto [m <sup>3</sup> /s]	CIMA [m <sup>3</sup> /s]	Metodo razionale Giandotti [m <sup>3</sup> /s]	Valore mediato proposto [m <sup>3</sup> /s]	CIMA [m <sup>3</sup> /s]
Erro_1	A_1	Rio Montenotte	A monte confluenza Torrente Erro	6.60	dalla 16 alla 9	64	80	96	81	110	139	93	130	167
	A_2	Rio della Volta	A monte confluenza Torrente Erro	4.30	dalla 6 alla 1	44	56	67	56	77	97	65	91	117
	A_3	Torrente Erro	A valle confluenza Rio Montenotte e Rio Della Volta	10.90	dalla 8 alla 1	88	90	91	112	122	132	130	144	158
Erro_2	A_4	Rio Tortona	A monte confluenza Rio dei Babbi	1.30	dalla 10 alla 6	21	22	23	27	31	34	31	37	42
			A valle confluenza Rio dei Babbi	3.40	dalla 6 alla 1	43	52	60	54	67	80	63	80	97
Erro_3	A_5	Torrente Erro	A monte confluenza Rio del Giovo	19.75	dalla 79 alla 65	134	138	142	171	189	206	197	223	248
	A_6	Rio del Giovo	A monte confluenza Torrente Erro	7.85	dalla 8 alla 1	79	96	112	101	132	162	116	156	195
	A_5	Torrente Erro	A valle confluenza Rio del Giovo	27.60	dalla 64 alla 53	178	181	183	227	246	264	262	290	318
	A_7	Rio Labioso	A monte confluenza Torrente Erro	6.40	dalla 9 alla 1	59	77	94	75	106	136	86	125	163
			A valle confluenza Rio Labioso	38.50	dalla 52 alla 33	224	230	235	285	312	339	329	369	408
	A_8	Torrente Erro	Dalla località Isola alla località Tagliamento	42.90	dalla 32 alla 15	240	247	254	306	337	368	353	398	443
Dalla località Tagliamento alla località Pian d'Erro			46.77	dalla 14 alla 1	252	262	271	321	357	393	370	422	473	
Erro_4	A_9	Rio dei Giovi	A monte confluenza Rio Sbruggia	18.60	dalla 16 alla 1	155	156	156	198	212	226	228	250	271
	A_10	Rio Sbruggia	A monte confluenza Rio dei Giovi	12.70	dalla 35 alla 9	126	116	105	160	156	152	185	184	183
			A monte confluenza Rio Foresto	31.60	dalla 9 alla 1	243	245	246	310	333	355	357	392	427
	A_11	Rio Foresto	A monte confluenza Rio Viorina	3.28	dalla 60 alla 52	52	54	55	66	73	80	77	87	96
			A valle confluenza Rio Viorina	5.55	dalla 52 alla 36	73	87	101	94	109	124	108	129	149
	A_12	Rio Ciua	A monte confluenza Rio Sbruggia	7.10	dalla 36 alla 1	79	92	105	101	126	151	117	150	183
A monte confluenza Torrente Erro			42.00	dalla 12 alla 1	296	300	304	378	409	440	436	483	529	
A_13	Rio Viorina	A monte confluenza Rio Foresto	1.22	dalla 10 alla 1	18	20	22	23	28	32	26	34	42	
Erro_5	A_15	Torrente Erro	A monte confluenza Rio Gallareto	117.00	dalla 27 alla 2	592	621	649	755	848	940	870	1000	1130
	A_15	Torrente Erro	A valle confluenza Rio Gallareto	132.90	dalla 2 alla 1	647	681	714	825	930	1034	951	1098	1244
	A_16	Rio Gallareto	A monte confluenza Torrente Erro	15.90	dalla 14 alla 1	121	106	90	155	143	130	178	167	156
Erro_6	A_14	Rio Gallareto	A monte confluenza Rio Cappona	5.33	dalla 18 alla 1	56	70	83	71	95	119	82	113	144

## Bacino B - Rio MIOGLIA

Tratto	Codice Tratto	Corso d'acqua	Sezione	Area [Km <sup>2</sup> ]	Sezioni a cui si applica la Portata	Portata T <sub>r</sub> = 50 anni			Portata T <sub>r</sub> = 200 anni			Portata T <sub>r</sub> = 500 anni		
						Metodo razionale Giandotti [m <sup>3</sup> /s]	Valore mediato proposto [m <sup>3</sup> /s]	CIMA [m <sup>3</sup> /s]	Metodo razionale Giandotti [m <sup>3</sup> /s]	Valore mediato proposto [m <sup>3</sup> /s]	CIMA [m <sup>3</sup> /s]	Metodo razionale Giandotti [m <sup>3</sup> /s]	Valore mediato proposto [m <sup>3</sup> /s]	CIMA [m <sup>3</sup> /s]
Mioglia_1	B_1	Rio Mioglia ramo sinistro	a monte confluenza ramo destro Rio Mioglia	3.07	dalla 18 alla 1	41	46	51	53	64	74	61	75	88
	B_2	Rio Mioglia ramo destro	a monte confluenza ramo sinistro Rio Mioglia	1.10	dalla 30 alla 26	14	17	20	18	23	28	21	28	34
	B_2	Rio Mioglia ramo destro	a valle abitato di Schegli	9.50	dalla 26 alla 1	81	106	130	103	145	187	118	171	224

## Bacino C - Torrente Orba

Tratto	Codice Tratto	Corso d'acqua	Sezione	Area [Km <sup>2</sup> ]	Sezioni a cui si applica la Portata	Portata T <sub>r</sub> = 50 anni			Portata T <sub>r</sub> = 200 anni			Portata T <sub>r</sub> = 500 anni		
						Metodo razionale Giandotti [m <sup>3</sup> /s]	Valore mediato proposto [m <sup>3</sup> /s]	CIMA [m <sup>3</sup> /s]	Metodo razionale Giandotti [m <sup>3</sup> /s]	Valore mediato proposto [m <sup>3</sup> /s]	CIMA [m <sup>3</sup> /s]	Metodo razionale Giandotti [m <sup>3</sup> /s]	Valore mediato proposto [m <sup>3</sup> /s]	CIMA [m <sup>3</sup> /s]
Orba_1	C_1	Torrente Orba	a monte confluenza Torrente Orbarina	28.40	dalla 33 alla 28	216	231	246	298	327	355	344	386	427
	C_2	Torrente Orbarina	a monte confluenza Torrente Orba	11.10	dalla 4 alla 1	103	104	105	142	147	152	164	169	173
	C_1	Torrente Orba	a monte confluenza Rio della Notte	44.74	dalla 28 alla 5	307	355	402	424	503	581	488	594	699
	C_3	Rio della Notte	a monte confluenza Torrente Orba	2.20	dalla 10 alla 1	32	36	40	41	49	57	47	58	69
	C_1	Torrente Orba	a valle confluenza Torrente Orbarina	46.94	dalla 5 alla 1	319	368	416	441	522	602	508	617	725

## **2 RILIEVO TOPOGRAFICO**

### **2.1 PREMESSA**

Nell'ambito dello studio idraulico per la definizione delle aree a pericolosità idraulica nel versante padano della Provincia di Savona per i bacini del torrente Erro, Orba, Olbicella e Mioglia è risultato necessario procedere ad un rilievo topografico, redatto su supporto cartaceo e digitale per i tratti indicati dalla Provincia di Savona sulla base delle aree storicamente inondate e delle aree abitate, ritenute a rischio d'esondazione.

I tratti vengono specificati nella seguente tabella con riferimento alla lunghezza del corso d'acqua per cui si prevede l'indagine ed il numero di sezioni di deflusso rilevate in campagna.

Bacino	Tratto	Codice Tratto	Corso d'acqua	Descrizione tratto	Lunghezza tratto (m)	Numero sezioni rilevate	
<b>A - ERRO</b>	Erro_1	A_1	Rio Montenotte	Tratto a monte di Montenotte Inferiore in località Bandita sino alla confluenza con il Torrente Erro in località Ferriere	500	8	
		A_2	Rio della Volta	Tratto a monte di Montenotte Inferiore in località Ceretta sino alla confluenza con il Torrente Erro in località Ferriere	350	6	
		A_3	Torrente Erro	Tratto in località Montenotte Inferiore in area storicamente inondata a valle della confluenza con il Rio della Volta e il Rio Montenotte	600	7	
	Erro_2	A_4	Rio Tortona	Tratto in località Repiano in area storicamente inondata	1000	10	
	Erro_3	A_5	Torrente Erro	Tratto da Pian dei Ginepri (a monte di Pontinvrea) sino alla confluenza con il Rio Labioso (a valle di Pontinvrea)	2900	27	
		A_6	Rio del Giovo	Tratto da Pian delle Ciliegie in area storicamente inondata sino all'immissione a valle con il Torrente Erro in fregio alla Strada Provinciale 542 per Pontinvrea	800	8	
		A_7	Rio Labioso	Tratto sino all'immissione nel Torrente Erro	500	9	
		A_8	Torrente Erro	Tratto dalla confluenza con il Rio Labioso (a valle di Pontinvrea) sino alla località Pian d'Erro in area storicamente inondata	5300	53	
	Erro_4	A_9	Rio dei Giovi	Tratto a monte di Sassello in località Badani in fregio alla Strada Provinciale 334 per Sassello sino alla confluenza con il Rio Sbruggia	1100	16	
		A_10	Rio Sbruggia	Tratto a monte di Sassello in prossimità della località Bastia Soprana sino alla confluenza con il Rio Foresto e con il Rio Ciua	3000	35	
		A_11	Rio Foresto	Tratto in corrispondenza dell'abitato di Sassello, dalla confluenza con il Rio Sbruggia sino a monte della frazione Prà Vallarino, in fregio alla Strada Provinciale per Palo	5700	60	
		A_12	Rio Ciua	Tratto in prossimità dell'abitato di Sassello in località Case Ciua, dalla confluenza con il Rio Foresto e il Rio Sbruggia sino all'immissione con il Torrente Erro in area storicamente inondata	1400	12	
		A_13	Rio Viorina	Tratto in prossimità della frazione Prà Vallarino sino alla confluenza con il Rio Foresto	800	10	
	Erro_5	A_15	Torrente Erro	Tratto sul confine con la Regione Piemonte in area storicamente inondata, in prossimità della località Ponte d'Erro, sino alla confluenza con il Rio Gallareto	2100	23	
		A_16	Rio Gallareto	Tratto dalla località Case Cardi sino all'immissione a valle nel Torrente Erro	2200	14	
	Erro_6	A_14	Rio Gallareto	Tratto in località Maddalena	1700	18	
	<b>TOTALE BACINO A - ERRO</b>					<b>29950</b>	<b>316</b>
	<b>B - MIOGLIA</b>	Mioglia_1	B_1	Rio Mioglia ramo sinistro	Tratto da Mioglia in località "Campo dell'Orto" sino alla confluenza con il Rio Mioglia (ramo destro)	1000	11
B_2			Rio Mioglia ramo destro	Tratto da Mioglia in località Cascinetta sino a valle di Mioglia in località Ponte d'Erro in fregio alla Strada Provinciale Miogliola	2700	30	
<b>TOTALE BACINO B - MIOGLIA</b>					<b>3700</b>	<b>41</b>	
<b>C - ORBA</b>	Orba_1	C_1	Torrente Orba	Tratto subito a valle della Diga dell'Antenna, a monte dell'abitato di S.Pietro d'Olba, sino a valle dell'abitato di Martina d'Olba	3000	35	
		C_2	Torrente Orbarina	Tratto in prossimità dell'immissione nel torrente Orba	200	5	
		C_3	Rio della Notte	Tratto in corrispondenza dell'abitato di Martina d'Olba sino all'immissione nel Torrente Orba	500	6	
<b>TOTALE BACINO C- ORBA</b>					<b>3700</b>	<b>46</b>	
<b>TOTALE</b>					<b>37350</b>	<b>403</b>	

## **2.2 METODOLOGIA DI RILEVAMENTO**

Le sezioni sono state estese in modo da dare dettaglio delle eventuali aree golenali ovvero delle aree esterne all'alveo per evidenziare la presenza di eventuali fossi e dossi e le caratteristiche del territorio all'esterno dell'area prettamente fluviale al fine di tracciare le fasce di esondazione.

Le sezioni trasversali sono costituite da due punti quotati posti generalmente agli estremi della sezione (capisaldi di sezione) e da punti quotati intermedi; le due tipologie di punti possono avere precisioni differenziate.

Le opere di attraversamento dell'alveo sono corredate dal rilievo della sezione di monte e di quella di valle; a queste si aggiungono le sezioni poste a monte e a valle ad una distanza dall'opera di circa 3 volte la sua larghezza.

Le anse o i bruschi cambiamenti di direzione sono stati rilevati con dettaglio tale da permettere una corretta descrizione ed in modo che il modello numerico di calcolo idraulico dia una interpretazione il più possibile reale.

Le confluenze sono state indicate nel rilievo e si è provveduto a rilevare una sezione a monte e a valle che ne descriva al meglio la tipologia.

Le quote arginali sono state rilevate quali sommità di opere continue ed integre.

Il rilievo nel suo complesso fornisce un quadro completo in alveo e nelle aree prossime a questo, il rilievo permette di valutare le pendenze; in corso di analisi idraulica ed a seguito di sopralluoghi si è provveduto a richiedere integrazioni e chiarimenti rispetto al rilievo di prima stesura così da ottenere un quadro tecnico ottimizzato per la modellazione idraulica.

Il rilievo è stato condotto utilizzando stazioni totali motorizzate con puntamento automatico e ricevitori tempo-reale-cinematici, geodetici (gps).

## **2.3 CARTA DEI TRATTI DI ALVEO INDAGATI**

La "TAVOLA 1 - CARTA DEI TRATTI D'ALVEO INDAGATI" rappresenta le tracce delle sezioni idrauliche e l'indicazione del tratto d'alveo indagato nel presente studio.

L'alveo presente nella carta della pericolosità idraulica è stato tracciato seguendo le indicazioni presenti sulla Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000, sulla Carta Catastale in scala 1:10.000 e a seguito di verifiche dirette in fase di sopralluogo.

Le sezioni rilevate non vengono allegate alla presente, sono depositate e disponibili presso il Settore Difesa del Suolo della Provincia di Savona.

### **3 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**

E' stato effettuato un sopralluogo preliminare su tutta l'area oggetto dello studio nel mese di febbraio 2004 che ha permesso di individuare i tratti e le sezioni da rilevare e di evidenziare le criticità topografiche-morfologiche di alcune zone.

Tale sopralluogo è stato fondamentale per poter redigere la documentazione progettuale di base per l'affidamento della gara di rilievi topografici.

Sono stati effettuati nuovi sopralluoghi, nel periodo gennaio-marzo 2005, in seguito alla restituzione delle sezioni rilevate dei tratti indagati e alla successiva modellazione idraulica,.

Tali sopralluoghi si sono resi necessari in modo da poter verificare la bontà dei risultati della modellazione idraulica e l'eventuale presenza di inesattezze di rilevazione delle sezioni ed anche al fine di poter utilizzare correttamente il metodo topografico per il tracciamento delle aree a diversa pericolosità idraulica.

## 4 VERIFICHE IDRAULICHE

### 4.1 METODOLOGIE DI CALCOLO

Il modello utilizzato integra le equazioni fondamentali che governano il moto di una corrente a pelo libero, e cioè l'equazione di continuità e l'equazione del moto che, in forma differenziale e nel caso generale di moto vario, si scrivono rispettivamente:

$$\partial Q / \partial x + \partial A / \partial t = 0$$

$$\partial H / \partial x = -j - \partial(Q/gA) / \partial t$$

dove:

Q = portata liquida	[m <sup>3</sup> /s]
A = area della sezione liquida	[m <sup>2</sup> ]
H = carico totale della corrente	[m]
j = perdite distribuite	[m/m]
g = accelerazione di gravità	[m/s <sup>2</sup> ]
x = ascissa corrente	[m]
t = tempo	[s]

Nel presente caso, compatibilmente con quanto indicato nelle raccomandazioni dell'Autorità di Bacino regionale, non si è ritenuta necessaria la schematizzazione del fenomeno in moto vario, ma si è ritenuta significativa l'assunzione di moto permanente. Le equazioni di moto e di continuità si riducono quindi alla sola dipendenza dalla coordinata spaziale secondo la forma:

$$\partial Q / \partial x = 0$$

$$\partial H / \partial x = -j$$

La risoluzione delle equazioni è stata condotta attraverso una schematizzazione alle differenze finite e introducendo l'equazione di Manning per la stima delle resistenze distribuite:

$$U = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot j^{\frac{1}{2}}$$

dove:

U = velocità media della corrente = Q/A	[m/s]
R = raggio idraulico della corrente	[m]
n = coefficiente di Manning	[m <sup>-1/3</sup> s]

Le perdite concentrate, nei tratti ove si verificano, sono state assunte proporzionali al carico cinetico, secondo l'espressione:

$$\Delta H = \xi \Delta(U^2/2g)$$

dove il coefficiente adimensionale  $\xi$  varia in dipendenza del tipo di perdita (restringimento, allargamento, cambio di direzione del flusso, etc.).

Per quanto riguarda le condizioni al contorno, come noto, è necessario imporre, oltre al valore di portata in ingresso nella sezione di monte, una condizione di livello a valle in caso di corrente lenta, una condizione di livello a monte in caso di corrente veloce.

Il programma utilizzato nel calcolo è HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center- River Analysis System, della US Army Corps Engineers). Il modello determina il profilo di moto permanente per ogni tratto scegliendo tra i possibili profili di corrente lenta e di corrente veloce quello a cui corrisponde la spinta totale maggiore, essendo la definizione della spinta:

$$S = \frac{1}{2} \gamma \cdot Y \cdot A + \gamma \cdot \frac{Q^2}{g \cdot A}$$

dove:

$\gamma$  = peso specifico dell'acqua

$Y$  = profondità

## 4.2 SCHEMATIZZAZIONE DI CALCOLO

La verifica idraulica del corso d'acqua principale è stata condotta per portate con tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni con ipotesi di moto permanente. La schematizzazione di calcolo adottata si basa sulle seguenti assunzioni:

- Portata costante in ogni tratto considerato anche nell'eventualità di superamento dei punti estremi delle sezioni: il procedimento consiste nell'immaginare che la sezione sia limitata da argini infinitamente alti.
- Riduzione del 20% della luce libera degli attraversamenti dotati di pile in considerazione di possibili ostruzioni in caso di piene rilevanti.

Quest'ultima ipotesi è congruente con quanto indicato nelle raccomandazioni emanate dall'Autorità di Bacino di Rilievo Regionale, con particolare riferimento alla raccomandazione sulle fasce di inondabilità e alla nota "Rischio idraulico residuale nell'ambito della pianificazione di

bacino regionale”, al fine di tenere conto di sezioni che, interessate da opere, non possano assicurare capienza certa alla portata di massima piena.

### 4.3 PARAMETRI DI SCABREZZA

I valori dei parametri di scabrezza utilizzati nelle modellazioni idrauliche sono concordi con quanto indicato nella Raccomandazione N°7 dell’Autorità di Bacino della Regione Liguria “Definizione delle fasce di inondabilità e di riassetto fluviale” nella quale viene proposto il seguente schema per la scelta del valore massimo del parametro di Gauckler-Strickler.

	<b>Coefficiente di Gaugler-Strickler Ks [ m<sup>1/3</sup> s<sup>-1</sup> ]</b>	<b>Coefficiente di Manning n [ m<sup>-1/3</sup> s ]</b>
Tratti montani di corsi d’acqua naturali con salti, rocce o vegetazione anche arbustiva-arborea in alveo	25-30	0,040-0,033
Corsi d’acqua naturali con vegetazione e movimento di materiale sul fondo	30-35	0,033-0,029
Tratti urbanizzati di corsi d’acqua naturali con argini cementati e/o platee in buono stato.	35-40	0,029-0,025
Corsi d’acqua con fondo ed argini totalmente cementati in ottimo stato ed assenza di manufatti (tubi, cavi, ecc...) o discontinuità interferenti con le acque.	40-45	0,025-0,022
Tombinature perfettamente lisce e dotate a monte di dispositivi atti ad assicurare la trattenuta di trasporto solido di fondo ed in sospensione (briglie selettive, vasche di sedimentazione, ecc...)	50-55	0,022-0,018

Tabella 1 - Valori dei parametri di scabrezza proposti dalla Regione Liguria

Per tutti i tratti indagati è stato utilizzato un unico valore del parametro di scabrezza di Manning pari a 0,035 m<sup>-1/3</sup> s (Coefficiente di scabrezza secondo Strickler K<sub>s</sub>= 29 m<sup>1/3</sup> s<sup>-1</sup> ) corrispondente a corsi d’acqua naturali con salti, rocce o vegetazione anche arbustiva -arborea in alveo.

### 4.4 CONDIZIONI AL CONTORNO

Il modello di calcolo utilizzato integra il profilo a partire dalla condizione di monte con tirante pari al valore critico se la corrente che si instaura, per il valore di portata di deflusso impostata, si trova in condizioni di regime idraulico veloce, ovvero valore di Froude maggiore di 1.

Integra invece, a partire dalle condizioni di valle pari alla condizione di deflusso critica, se il regime idraulico che si instaura è lento, ovvero con numero di Froude minore di 1.

Le condizioni di regime idraulico del profilo, ovvero lento o veloce o critico, variano lungo l'asta presa in esame in accordo con le variazioni di sezioni e di portata che si impongono nel modello di calcolo.

Le condizioni al contorno sono state verificate attraverso simulazioni successive adottando nell'elaborato di sintesi quelle che meglio rappresentano la dinamica dei profili di moto permanente, come indicato nei capitoli seguenti relativamente a ciascun tratto.

In particolare tale analisi attraverso simulazioni successive è stata utilizzata per le confluenze così da confrontare e confermare i risultati ottenuti attraverso la modellazione numerica con Hec Ras 3.1.

## 5 PERICOLOSITA'

### 5.1 METODOLOGIA DI TRACCIAMENTO

Per tracciare le aree a pericolosità idraulica è stato utilizzato il metodo "*Topografico*" come di seguito presentato.

Il calcolo delle aree soggette al medesimo rischio di inondazione si esegue partendo dall'ipotesi che un fluido si muove passando da una condizione iniziale ad una finale diminuendo il suo contenuto energetico, o meglio, che l'acqua, a pelo libero, si muove seguendo un cammino in discesa. I dati di partenza sono costituiti, anche in questo caso, dai soli profili di corrente per tutte le portate con assegnato periodo di ritorno e dalla Cartografia Tecnica Regionale in scala 1:5000 (nel seguito CTR). I profili sono eseguiti supponendo gli argini infinitamente alti.

Dallo studio di tali profili, se nel primo modello si desumeva il valore dei tiranti idraulici in ogni sezione, il dato che ora se ne ricava è la quota del punto degli argini in cui questi vengono sovrastati dall'acqua, ossia il punto in cui la corrente non trova più capienza nell'alveo.

Tecnicamente, la determinazione delle aree inondabili è eseguita impostando il calcolo dal punto in cui la corrente esonda, cercando sulla planimetria sempre la zona più vicina del piano di campagna che ha quota minore, o al più uguale, a quella precedente. Questa operazione si esegue fino a che l'acqua esondata non arrivi a trovare sbocco in mare o non ritorni in alveo in sezioni di valle. In pratica l'ipotesi di lavoro è che esista una particella d'acqua inesauribile che possa uscire dall'alveo ed interessare le aree circostanti procedendo sempre in discesa.

Nella determinazione delle aree con questo metodo non occorre tenere in considerazione i tiranti idraulici che si realizzano nel fiume a valle del punto in cui questo esonda, né il valore della portata di progetto che determina solamente i punti in cui si ha esondazione.

Il limite principale di questo modello di calcolo è nel fatto che dal punto in cui le portate fuoriescono dagli argini, le aree inondabili così calcolate hanno medesimo andamento indipendentemente dalla portata. Possono quindi venire a coincidere le aree allagate con periodo di ritorno ad esempio cinquantennale e quelle allagate in media una volta ogni cinquecento anni.

Ciò appare modellare male la realtà, ma se questo può essere un limite notevole per la pianificazione territoriale, ed in particolare per quella di bacino, non lo è, invece, per scopi di protezione civile. Infatti, ai fini di protezione civile, è di interesse, conoscere la massima estensione possibile dell'allagamento e la conseguente disponibilità di aree perfluviali per la locazione dei soccorsi aiuti e dei centri di assistenza della popolazione alluvionata.

Questo metodo, come il precedente, presenta sufficienti caratteristiche di semplicità. Possiede un livello di approssimazione migliore del precedente, e porta a stimare le aree inondate con un buon livello di affidabilità.

Un altro elemento a favore di questo modello nei confronti del precedente, è costituito dal fatto che l'acqua, procedendo in discesa, non arriva a valicare lo spartiacque tra un sottobacino e quello

limitrofo. Esso, inoltre, è in buon accordo con il principio fisico del fenomeno in esame e con il senso comune ed è stato quindi utilizzato per la perimetrazione delle aree inondabili.

## **5.2 RICOSTRUZIONE DEI CONFINI DEL DEMANIO FLUVIALE**

Per una più corretta interpretazione della carta delle aree a pericolosità idraulica si è proceduto a redarre le carte dei confini del demanio fluviale. (Tav. 12, 13, 14, 15, 16, 17).

Per l'individuazione del demanio fluviale si è utilizzata la cartografia realizzata dalla Regione Liguria, derivata dalla mosaicatura e dalla riduzione fotomeccanica in scala 1:10.000 dei fogli catastali originali, disponibile in formato raster georiferito nel sistema Gauss Boaga.

Il metodo di individuazione del demanio fluviale si è basato sull'interpretazione cartografica delle particelle demaniali riconoscibili in quanto rappresentate prive di numero e contraddistinte dal toponimo del corso d'acqua. L'individuazione del confine del demanio fluviale è quindi discesa dalla individuazione degli archi costituenti il limite delle particelle di interesse.

Per la realizzazione del tematismo cartografico informatizzato si è proceduto alla digitalizzazione del limite delle particelle di interesse, in sponda destra e sinistra, dei singoli corsi d'acqua oggetto di studio.

Per la restituzione cartografica cartacea del tematismo si è operato utilizzando la Carta Tecnica Regionale. Tale rappresentazione evidenzia l'evoluzione dell'andamento dell'alveo, e quindi del limite del demanio fluviale, nei due periodi di redazione delle carte di base, rispettivamente circa la metà degli anni '50 per la carta catastale e la seconda metà degli anni '70 per la C.T.R.

### **5.3 AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA**

Al fine di sintetizzare le criticità idrauliche emerse in sede di verifiche idrauliche per le portate al colmo di piena con assegnato tempo di ritorno, si riporta di seguito una tabella di raffronto tra le aree in dissesto delimitate nella carta del PAI (Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici - modifiche e integrazioni al progetto di piano stralcio per l'assetto idrogeologico PAI) e le aree a pericolosità idraulica individuate dal presente studio.

Si precisa che la seguente tabella ha lo scopo di fornire una visione riassuntiva e non particolarmente dettagliata delle criticità idrauliche, individuate con maggior precisione nelle carte delle aree a pericolosità idraulica (Tavole 4 – 11)

<b>TRATTO INDAGATO: ERRO_1</b> <b>Rio della Volta, Rio Montenotte, Torrente Erro</b> <b>Comuni di Pontinvrea e Cairo Montenotte - Località Montenotte Inferiore</b>						
CARTA DELL'ATLANTE DEI RISCHI (PAI)			AREE STORICAMENTE INONDATE	CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA		
Ee	Eb	Em		T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
(Area a pericolosità molto elevata)	(Area a pericolosità elevata)	(Area a pericolosità media o moderata)		(Area a pericolosità idraulica elevata)	(Area a pericolosità idraulica media)	(Area a pericolosità idraulica bassa)
Foglio 212 - Sez III - Sassello	Area ubicato a valle della confluenza tra il Rio Della Volta e il Rio Montenotte in Località Montenotte Inferiore		Coincidente con il tratto mappato dal PAI come area a pericolosità molto elevata EE	<b>Rio Montenotte e Rio della Volta:</b> Insufficienza dei tre attraversamenti ubicati in corrispondenza delle sez 12 e 10 del Rio Montenotte e della Sez 1 del Rio della Volta  <b>Rio della Volta:</b> esondazione in sponda destra e in parte in sponda sinistra all'inizio del tratto indagato del Rio della Volta tra la sez 6 e la sez 4  <b>Torrente Erro:</b> esondazione in sponda sinistra del Torrente Erro a valle della Sez 3 del ponte sulla vecchia strada del Giovo	<b>Rio Montenotte e Torrente Erro:</b> esondazione in sponda sinistra tra la sez 12 e la sez 7 interessante il piazzale della Chiesa in località Ferriere e la Strada Provinciale fino a 70 m circa a valle della confluenza tra il Rio Montenotte e il Rio della Volta  <b>Rio della Volta:</b> esondazione in sponda sinistra all'inizio del tratto indagato del Rio della Volta tra la sez 5 e la sez 4  <b>Torrente Erro:</b> esondazione in sponda destra del Torrente Erro a valle della Sez 3 del ponte sulla vecchia strada del Giovo	<b>Rio Montenotte:</b> esondazione su entrambe le sponde all'inizio del tratto indagato sul Rio Montenotte tra la Sez 15 e la Sez 16  <b>Rio della Volta:</b> esondazione in sponda sinistra all'inizio del tratto indagato del Rio della Volta in prossimità della sez 5  <b>Rio della Volta e Torrente Erro:</b> Esondazione su entrambe le sponde del Rio della Volta in prossimità della confluenza con il Rio Montenotte e il Torrente Erro e in sponda sinistra del Torrente Erro a valle della confluenza  <b>Torrente Erro:</b> Esondazione in sponda destra del Torrente Erro in prossimità della Sez 5

<b>TRATTO INDAGATO: ERRO_2</b> <b>Rio Tortona</b> <b>Comune di Pontinvrea - Località Repiano</b>						
CARTA DELL'ATLANTE DEI RISCHI (PAI)			AREE STORICAMENTE INONDATE	CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA		
Ee	Eb	Em		T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
(Area a pericolosità molto elevata)	(Area a pericolosità elevata)	(Area a pericolosità media o moderata)		(Area a pericolosità idraulica elevata)	(Area a pericolosità idraulica media)	(Area a pericolosità idraulica bassa)
Foglio 212 - Sez III - Sassello	Area ubicata in Località Repiano a monte e a valle la confluenza tra il Rio Tortona e il Rio dei Babbi		Coincidente con il tratto mappato dal PAI come area a pericolosità molto elevata EE	<b>Rio Tortona:</b> Esondazione su entrambe le sponde lungo le aree perifluviali per tutto il tratto indagato e parte della vecchia strada per il Giovo.  <b>Rio Tortona:</b> Insufficienza degli attraversamenti ubicati in corrispondenza delle sez 9, 8 e 2 del Rio Tortona	<b>Rio Tortona:</b> Esondazione su entrambe le sponde lungo le aree perifluviali tra la sez 10 e a monte della sez 5 e in sponda sinistra in prossimità della sez 3  <b>Rio Tortona:</b> Insufficienza degli attraversamenti ubicati in corrispondenza delle sez 9, 8 e 2 del Rio Tortona	<b>Rio Tortona:</b> Esondazione su entrambe le sponde lungo le aree perifluviali tra la sez 10 e a monte della sez 5 e in sponda destra tra la sez 5 e la sez 3  <b>Rio Tortona:</b> Insufficienza degli attraversamenti ubicati in corrispondenza delle sez 9, 8 e 2 del Rio Tortona

<b>TRATTO INDAGATO: ERRO_3</b> Rio del Giovo, Rio Labioso, Torrente Erro Comune di Pontinvrea						
CARTA DELL'ATLANTE DEI RISCHI (PAI)			AREE STORICAMENTE INONDATE	CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA		
Ee (Area a pericolosità molto elevata)	Eb (Area a pericolosità elevata)	Em (Area a pericolosità media o moderata)		T=50 anni (Area a pericolosità idraulica elevata)	T=200 anni (Area a pericolosità idraulica media)	T=500 anni (Area a pericolosità idraulica bassa)
Foglio 212 - Sez III - Saassello	Aree ubicatesul Rio del Giovo a monte dell'abitato di Pontinvrea, sul Torrente Erro in corrispondenza dell'abitato di Pontinvrea, della località Isola, Pian Bottello, Feriazza e Pian d'Erro			<p><b>Rio del Giovo:</b> esondazione su entrambe le sponde in corrispondenza del guado a monte della confluenza con il Rio Susanna (sezz 5-6)</p> <p><b>Torrente Erro:</b> esondazione su entrambe le sponde nel tratto che va dall'abitato di località Il Palazzo, in corrispondenza del ponte (sez 78), fino alla briglia (sez 76)</p> <p><b>Torrente Erro:</b> esondazione in sponda sinistra a valle dell'abitato di Pontinvrea in prossimità della briglia di località Martini (sezz 57-56)</p> <p><b>Torrente Erro:</b> esondazione su entrambe le sponde nel tratto che va dalla località Isola (Sez 34) alla località Pian d' Erro (Sez 1)</p>	<p><b>Torrente Erro:</b> esondazione in sponda sinistra a monte dell'abitato di Pontinvrea in prossimità della confluenza con il Rio del Giovo (sezz 67-64)</p> <p><b>Torrente Erro:</b> esondazione in sponda sinistra a valle dell'abitato di Pontinvrea in prossimità della briglia di località Martini (sezz 57-56)</p> <p><b>Torrente Erro:</b> esondazione su entrambe le sponde a valle della confluenza con il Rio Labioso sino alla località Isola (sezz 51-40).</p> <p><b>Torrente Erro:</b> esondazione su entrambe le sponde nel tratto che va dalla località Isola (Sez 34) alla località Pian d' Erro (Sez 1)</p>	<p><b>Torrente Erro:</b> esondazione in sponda sinistra a monte dell'abitato di Pontinvrea in prossimità della confluenza con il Rio del Giovo (sezz 67-64) andando ad interessare alcuni edifici ai margini della strada</p> <p><b>Torrente Erro:</b> esondazione su entrambe le sponde a valle della confluenza con il Rio Labioso sino alla località Isola (sezz 51-41).</p> <p><b>Torrente Erro:</b> esondazione in sponda sinistra in prossimità della Sez 23 e in sponda destra in prossimità della sez 5</p>
			Coincidenti con i tratti mappati dal PAI come aree a pericolosità molto elevata Ee	<b>Rio Labioso:</b> Non si ravvisano fenomeni esondativi per nessuna portata di piena considerata.		

**TRATTO INDAGATO: ERRO\_4**  
**Rio dei Giovi, Rio Sbruggia, Rio Foresto, Rio Ciua, Rio Viorina**

Comune di Sassello

CARTA DELL'ATLANTE DEI RISCHI (PAI)				AREE STORICAMENTE INONDATE	CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA		
Ee	Eb	Em	T=50 anni		T=200 anni	T=500 anni	
(Area a pericolosità molto elevata)	(Area a pericolosità elevata)	(Area a pericolosità media o moderata)	(Area a pericolosità idraulica elevata)		(Area a pericolosità idraulica media)	(Area a pericolosità idraulica bassa)	
Foglio 212 - Sez III - Sassello & Foglio 212 - Sez II - Urbe  Aree ubicate sul Rio Ciua fino alla confluenza con il Torrente Erro in località Case Ciua e sul Rio Sbruggia dalla confluenza con il Rio dei Giovi alla confluenza del Rio Foresto  Aree ubicate sul Rio Foresto in prossimità del Ponte Medievale in località Bastia Inferiore e in prossimità della località Pra Vallarino  Aree ubicate sul Rio Sbruggia in prossimità della località Costa e della località Bastia Soprana				Coincidenti con i tratti mappati dal PAI come aree a pericolosità molto elevata Ee	<b>Rio dei Giovi:</b> esondazione cinquantennale in sponda sinistra tra la sez 16 e la sez 11 in prossimità della località Badani ed in sponda sinistra tra la sez 10 e la sez 6 in prossimità della località Cascinotta e in sponda sinistra a monte del ponte	<b>Rio dei Giovi:</b> esondazione duecentennale su entrambe le sponde tra la sez 16 e la sez 15 in prossimità della località Badani ed in sponda sinistra tra la sez 10 e la sez 6 in prossimità della località Cascinotta.	
					<b>Rio Sbruggia:</b> esondazione cinquantennale lungo tutto il tratto indagato su entrambe le sponde, limitata comunque ad una fascia periferica non molto estesa che non va ad interessare edifici o aree di particolare interesse.	<b>Rio Sbruggia:</b> esondazione duecentennale esigua su tutto il tratto indagato ma che diviene più rilevante tra la sez 22 e la sez 18 in prossimità della località Costa	<b>Rio Sbruggia:</b> esondazione cinquantennale in sponda sinistra tra la sez 22 e la sez 18 e tra la sez 15 e la sez 13 in prossimità della località Costa e dell'Ospedale S. Antonio
					<b>Rio Sbruggia:</b> esondazione cinquantennale in prossimità delle confluenze con il Rio dei Giovi e con il Rio Foresto.		
					<b>Rio Foresto:</b> esondazione cinquantennale nel tratto in corrispondenza della località Prà Vallarino dalla sez 53 alla sez 44. In prossimità della sez 44 la fascia va ad interessare alcune abitazioni situate in sponda sinistra.	<b>Rio Foresto:</b> esondazione duecentennale parziale limitata comunque ad alcune zone sparse lungo tutto l'alveo indagato.	<b>Rio Foresto:</b> esondazione cinquecentennale parziale limitata comunque ad alcune zone sparse lungo tutto l'alveo indagato.
					<b>Rio Foresto:</b> esondazione cinquantennale su entrambe le sponde nel tratto in corrispondenza dell'abitato di Sassello, dalla località La Cascinetta (Sez 37) alla confluenza con il Rio Sbruggia (Sez 1). Tale fascia non va comunque ad interessare le abitazioni e le zone di particolare interesse.		
					<b>Rio Viorina:</b> esondazione cinquantennale su entrambe le sponde in località Cascina Manzin nel tratto in prossimità del ponte sulla Strada Provinciale per Urbe, dalla sez 7 alla sez 4. Si ha esondazione anche in corrispondenza della confluenza con il Rio Foresto.	<b>Rio Viorina:</b> esondazione duecentennale su entrambe le sponde in località Cascina Manzin nel tratto in prossimità del ponte sulla Strada Provinciale per Urbe, dalla sez 7 alla sez 4.	
					<b>Rio Ciua:</b> esondazione cinquantennale su entrambe le sponde su tutto il tratto indagato, particolarmente in corrispondenza della confluenza con il Torrente Erro, in una zona che comunque non risulta essere abitata.	<b>Rio Ciua:</b> esondazione duecentennale su entrambe le sponde in corrispondenza della confluenza con il Torrente Erro, in una zona che comunque non risulta essere abitata.	

TRATTO INDAGATO: ERRO_5 ERRO_6						
Torrente Erro, Rio Gallareto						
Comune di Sassello						
CARTA DELL'ATLANTE DEI RISCHI (PAI)			AREE STORICAMENTE INONDATE	CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA		
Ee	Eb	Em		T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
(Area a pericolosità molto elevata)	(Area a pericolosità elevata)	(Area a pericolosità media o moderata)		(Area a pericolosità idraulica elevata)	(Area a pericolosità idraulica media)	(Area a pericolosità idraulica bassa)
Foglio 212 - Sez III - Sassello & Foglio 212 - Sez IV - Spigno Monferrato Aree ubicate sul Rio Gallareto in prossimità della località Ponte Prina e della località Maddalena e sul Torrente Erro nel tratto a monte della località Ponte d'Erro.			Coincidenti con i tratti mappati dal PAI come aree a pericolosità molto elevata Ee	<b>Rio Gallareto:</b> esondazione cinquantennale parziale, limitata comunque ad alcune zone sparse lungo il tratto che va dal ponte sulla SP del Sassello (Sez 17) in località Ponte Prina alla fabbrica di amaretti in prossimità della Sez 1 in località Maddalena.	<b>Rio Gallareto:</b> esondazione duecentennale in sponda destra tra la Sez 14 e la Sez 11 e in sponda sinistra tra la Sez 12 e la Sez 11 in località Case Cardi	
				<b>Rio Gallareto:</b> esondazione cinquantennale rilevante su entrambe le sponde sul tratto che va dalla Sez 11 alla Sez 7 in prossimità della località Case Cardi.	<b>Rio Gallareto:</b> esondazione duecentennale e cinquecentennale rilevante su entrambe le sponde lungo tutto il tratto indagato in località Maddalena	
				<b>Rio Gallareto:</b> insufficienza alla cinquantennale del ponticello in corrispondenza della Sez 9.	<b>Rio Gallareto:</b> insufficienza alla duecentennale del ponte Prina (Sez 17) e del ponticello in corrispondenza della Sez. 9 in località Maddalena	
				<b>Torrente Erro:</b> esondazione cinquantennale e duecentennale in entrambe le sponde su tutto il tratto indagato ma che diviene più rilevante in sponda destra tra la sez 13 e la sez 2 in prossimità della località Boiazza sino al Ponte d'Erro	<b>Torrente Erro:</b> esondazione cinquecentennale in entrambe le sponde tra la sez 11 e la sez 2 in prossimità della località Boiazza sino al Ponte d'Erro	

TRATTO INDAGATO: MIOGLIA						
Rio Mioglia						
Comune di Mioglia						
CARTA DELL'ATLANTE DEI RISCHI (PAI)			AREE STORICAMENTE INONDATE	CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA		
Ee (Area a pericolosità molto elevata)	Eb (Area a pericolosità elevata)	Em (Area a pericolosità media o moderata)		T=50 anni (Area a pericolosità idraulica elevata)	T=200 anni (Area a pericolosità idraulica media)	T=500 anni (Area a pericolosità idraulica bassa)
Foglio 212 - Sez III - Sassello	Aree ubicate sul Rio Mioglia nel tratto in corrispondenza dell'abitato di Mioglia, e della località Schegli		Coincidenti con i tratti mappati dal PAI come aree a pericolosità molto elevata Ee	<p><b>Rio Mioglia ramo sinistro:</b> esondazione cinquantennale rilevante su entrambe le sponde lungo tutto il tratto indagato. In particolare si evidenzia l'insufficienza della tombinatura sotto la piazza principale di Mioglia che ha l'imbocco in corrispondenza della sezione 10.</p>	<p><b>Rio Mioglia ramo sinistro:</b> esondazione duecentennale in sponda sinistra tra la Sez 17 e la Sez 16 in località Campo dell'Orto e in sponda destra tra la Sez 13 e la Sez 5 in prossimità del centro abitato di Mioglia.</p>	<p><b>Rio Mioglia ramo sinistro:</b> esondazione cinquecentennale su entrambe le sponde in località Campo dell'Orto e in sinistra in prossimità del centro abitato di Mioglia.</p>
				<p><b>Rio Mioglia:</b> esondazione cinquantennale rilevante su entrambe le sponde lungo tutto il tratto indagato dalla Sez 26 alla Sez 1</p>	<p><b>Rio Mioglia:</b> esondazione duecentennale su entrambe le sponde lungo tutto il tratto indagato dalla Sez 29 alla Sez 1</p>	<p><b>Rio Mioglia:</b> esondazione cinquecentennale su entrambe le sponde dalla Sez 17 alla Sez 10 in località Martello e in sponda destra dalla Sez 5 alla Sez 1 in località Calcinere</p>
				<p><b>Rio Mioglia:</b> insufficienza alle portate di progetto (50, 200, 500) del ponte subito a monte dell'abitato di Schegli, in corrispondenza della Sez 23, sulla Strada Provinciale Mioglia - Ponte d'Erro.</p>		
				<p><b>Rio Mioglia:</b> insufficienza alle portate di progetto (50, 200, 500) del ponte subito a valle dell'abitato di Schegli, in corrispondenza della Sez 19, sulla Strada Provinciale Mioglia - Ponte d'Erro.</p>		
				<p><b>Rio Mioglia:</b> insufficienza alle portate di progetto (50, 200, 500) del ponte in corrispondenza della Sez 14, che permette l'accesso alle località Fascie e Paragi.</p>		

<p align="center"><b>TRATTO INDAGATO: ORBA</b>  <b>Torrente Orba, Torrente Orbarina e Rio della Notte</b>  <b>Comune di Urbe</b></p>						
CARTA DELL'ATLANTE DEI RISCHI (PAI)			AREE STORICAMENTE INONDATE	CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA		
Ee (Area a pericolosità molto elevata)	Eb (Area a pericolosità elevata)	Em (Area a pericolosità media o moderata)		T=50 anni (Area a pericolosità idraulica elevata)	T=200 anni (Area a pericolosità idraulica media)	T=500 anni (Area a pericolosità idraulica bassa)
Foglio 212 - Sez II - Urbe	<p>Aree ubicate sul Torrente Orba nel tratto in corrispondenza dell'abitato di S.Pietro d'Olba e dell'abitato di Maritna d'Olba.</p> <p>Tratto a pericolosità molto elevata non perimetrato sul torrente Orbarina sino alla confluenza con il Torrente Orba</p>		<p>Non risultano mappate le aree storicamente inondate</p>	<p><b>Torrente Orba:</b> esondazione cinquantennale su entrambe le sponde lungo tutto il tratto indagato ma che comunque è limitata ad una fascia periluviale non molto estesa che non va ad interessare edifici o aree di particolare interesse.</p>	<p><b>Torrente Orba:</b> esondazione duecentennale in sponda sinistra nel tratto che va dalla confluenza con il Torrente Orbarina (sez 28) sino a valle del ponte vecchio di S.Pietro d'Olba (sez 23).            Esondazione in sponda destra dalla sez 18 all sez 16 che va ad interessare l'edificio della centrale idroelettrica della diga del Buieto.            Esondazione residua in sponda sinistra interessante il tratto dalla diga del Buieto (sez 14) sino a valle dell'abitato di Martina d'Olba (sez 3)</p>	<p><b>Torrente Orba:</b> esondazione cinquecentennale residua in sponda sinistra nel tratto che va dal ponte sulla Strada Provinciale (sez 26) sino a monte del ponte vecchio di S.Pietro d'Olba (sez 24)</p>
				<p><b>Torrente Orbarina:</b> esondazione cinquantennale su entrambe le sponde dalla Sez 3 sino alla confluenza con il Torrente Orba ma che comunque è limitata ad una fascia periluviale non molto estesa che non va ad interessare edifici o aree di particolare interesse.</p>		

## 5.4 VALUTAZIONE DEI RISULTATI

Per interpretare nel modo corretto i risultati del presente studio, è necessario puntualizzare alcune questioni. Le simulazioni idrauliche effettuate riproducono un evento fittizio che considera la corrente in una condizione di moto permanente. Ciò porta al transito della portata al colmo di piena contemporaneamente su tutte le sezioni del tratto di alveo considerato. Un evento alluvionale di piena in realtà è caratterizzato da una lunghezza d'onda ben determinata; nel caso in cui essa sia inferiore alla lunghezza del tratto esaminato, è evidente che la portata massima transiti alternativamente in un numero limitato di sezioni.

Nel caso del torrente Erro, la lunghezza dei tratti esaminati è paragonabile alla lunghezza dell'onda di piena. Questo implica che l'approssimazione adottata non distorce troppo la realtà e che l'errore che si compie è trascurabile.

Il metodo topografico utilizzato per la valutazione delle aree inondabili schematizza gli argini come infinitamente alti e coincidenti (in posizione planimetrica) con quelli realmente presenti. Questa semplificazione è indispensabile al modello numerico per il calcolo del profilo di rigurgito, anche se in un tratto di alveo si avesse esondazione. I risultati pertanto, soprattutto in termini di tiranti idrici, sono ottenuti a partire dalle quote degli argini, attraverso considerazioni relative all'altezza del battente stramazzone e alle effettive possibilità di laminazione delle zone spondali e della piana circostante.

Lo studio idraulico monodimensionale trascura anche gli eventuali affluenti sia in sponda destra sia in sponda sinistra che hanno aree drenate inferiori ad 1 km<sup>2</sup>. Tali corsi d'acqua possono al più generare piccoli rigurgiti localizzati tipici di un reticolo urbano di fognatura bianca, anche per portate aventi periodi di ritorno modesti.

I valori delle profondità così calcolati sono solo indicativi, in quanto non considerano fenomeni quali il trasporto solido e gli aspetti relativi alle piante ad alto fusto che, in condizioni di piena, potrebbero essere sradicate ed andare ad interferire con il deflusso in corrispondenza delle pile dei ponti.

Le considerazioni effettuate, tuttavia consentono di valutare le zone soggette ai più alti valori di rischio e le criticità sulle quali è doveroso intervenire con maggiore urgenza.

E' importante sottolineare come la mitigazione del rischio alluvionale nel torrente soggetto a piene rapide ed improvvise, non soltanto richieda interventi strutturali, ma reclaims altresì interventi di tipo non strutturale. Tra questi si annoverano la manutenzione ordinaria dell'alveo, la predisposizione di un piano di Protezione Civile con i relativi sistemi di allertamento della popolazione esposta a rischio ed un'eventuale copertura assicurativa dei beni soggetti al rischio non coperto dalle misure strutturali. Gli interventi strutturali, realizzati o realizzabili, lasciano scoperta una quota di rischio, determinata dalla possibilità che si possono comunque verificare, pur con probabilità assai modeste, eventi di intensità superiore a quella di progetto.