


# COMUNI DI BELCASTRO E CUTRO

PROVINCIA DI CATANZARO E CROTONE



## PROGETTO DEFINITIVO PARCO EOLICO "CANTORATO"

Elaborato: CA_R03_GEO	<h3>Relazione idrologica e idraulica</h3>
Scala : Documento	
Data : 15.07.2023	

<p>COMMITTENTE : <b>ENERGIA LEVANTE S.r.l.</b> <i>Società del Gruppo</i></p> 	<p><b>Il progettista</b> Ferraro architetto Francesco</p>
--	---

N° REVISIONE	Data revisione	Elaborato	Controllato	Approvato	NOTE
1			F.F.	G.M.	

E' vietata la copia anche parziale del presente elaborato

### ENERGIA LEVANTE S.r.l.

Via Luca Gaurico n°9/11 - Regus Eur - 4° piano - Cap. 00143 ROMA (Italia)

P.IVA 10240591007 - REA RM1219825 - PEC: energialevantesrl@legalmail.it

Indirizzo email: www.sserenewables.com - Telefono: (+39) 0654832107

**STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA**

Dott. Geologo Eliseo Scerbo

Via Traversa Australia, 1 88841 Isola di Capo Rizzuto (KR)

Tel. 0962-791864 Cell. 348-7432151 email: eliseoscerbo@gmail.com

**COMUNE DI BOTRICELLO E CUTRO**

PROVINCIA DI CATANZARO E CROTONE

**RELAZIONE  
IDROLOGICA E IDRAULICA  
PROGETTO DEFINITIVO**

**PROGETTO PARCO EOLICO "CANTORATO"**

Committente: Energia Levante S.r.l.



Il Geologo  
Dott. Eliseo Scerbo

La presente relazione è stata redatta a norma della vigente legislazione ed in particolare ai sensi delle seguenti normative di riferimento:

- - **“Misure di salvaguardia”**, approvate con il “Decreto del Segretario Generale dell' dall'Autorità di Distretto dell'Appennino Meridionale n. 540 del 13/10/2020
- - **il Piano d 'Assetto Idrogeologico (PAI)** Calabria dell'Autorità di Bacino Distrettuale, così come aggiornato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale della Calabria con la delibera n° 27 del 02/08/2011 e s.m.i., le Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia (NAMS) e la cartografia allegate;
- - **il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)** dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, redatto ai sensi del D.Lgs. 49/201 O, adottato ai sensi dell'art. 66 del D.Lgs 152/2006, con Delibera n. 1 del Comitato Istituzionale Integrato del 17/12/2015 ed approvato;
- - **il Piano Stralcio per l'Erosione Costiera (PSEC)** Calabria dell'Autorità di Bacino Distrettuale, così approvato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale della Calabria con la delibera n° 4 del 11/04/2016, le Norme di Attuazione e la cartografia allegate;
- **Linee guida sulle verifiche di compatibilità idraulica** delle infrastrutture interferenti con i corsi d'acqua, sugli interventi di manutenzione, sulle procedure per la classificazione delle Aree d'Attenzione e l'aggiornamento delle aree a Rischio Inondazione

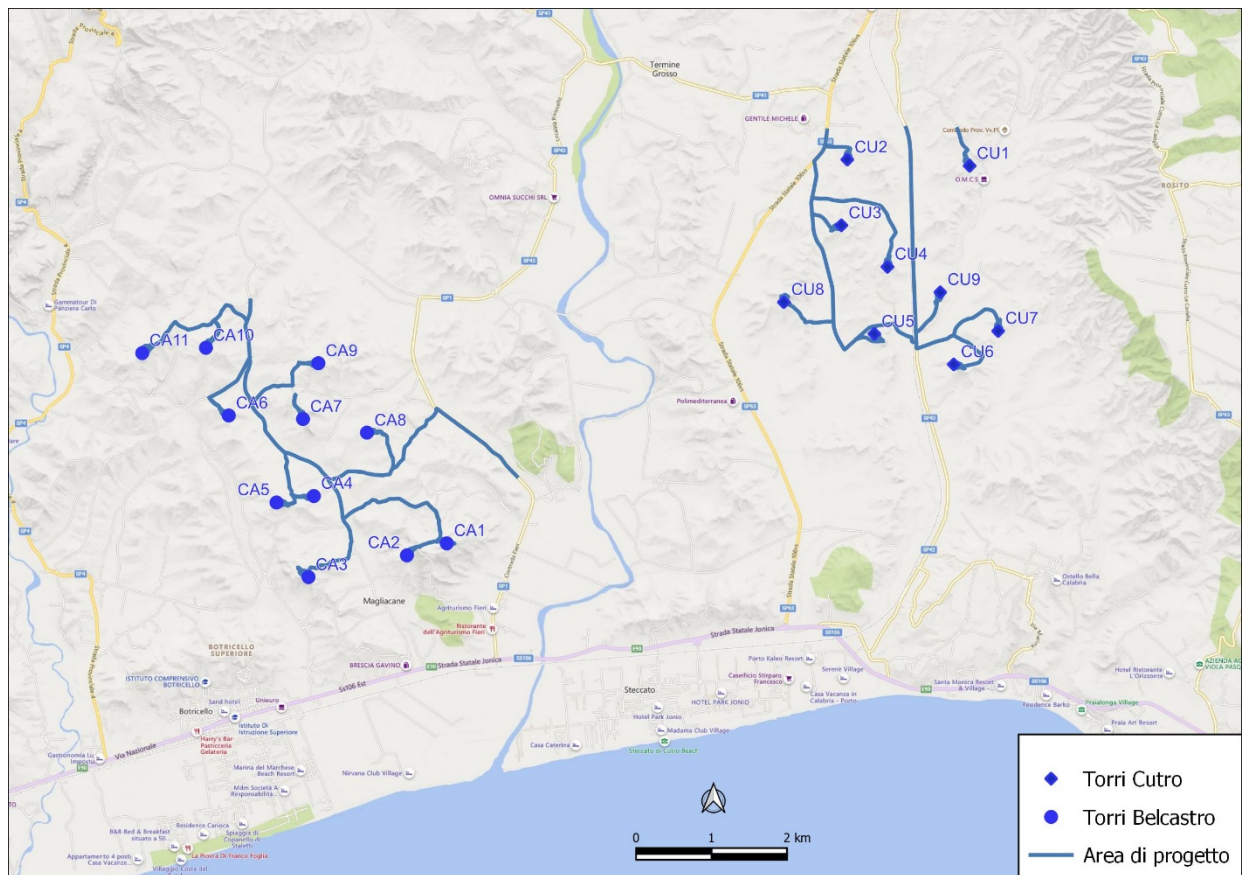
## Sommario

1	PREMESSA.....	4
2	UBICAZIONE DELL'AREA.....	7
3	CARATTERI IDROLOGICI.....	9
4	QUADRO CONOSCITIVO .....	12
5	USO DEL SUOLO.....	19
6	PERMEABILITÀ .....	23
7	TEMPO DI CORRIVAZIONE .....	26
8	TEMPO DI RITARDO .....	29
9	CURVE NUMBER .....	31
10	PLUVIOMETRIA.....	38
	10.1 Dati di pioggia .....	39
	10.2 Spazializzazione delle precipitazioni .....	42
	10.3 Regionalizzazione .....	45
11	ANALISI IDROLOGICA .....	47
	11.1 Determinazione dei parametri delle curve di possibilità pluviometrica ..	47
	11.2 Formula di Bell.....	52
12	STIMA DELLE PORTATE.....	59

# 1 PREMESSA

*Il sottoscritto Dott. Geol. Eliseo Scerbo, iscritto all’Albo Professionale dei Geologi della Calabria al numero 529, p.iva 02347130797, su incarico ricevuto dal Committente ISE S.r.l., con sede legale in Via G. Caboto, 23, p.iva 02956140798, C.U. USAL8PV, in persona del suo legale rappresentante Dott. Camillo Crivaro, ha redatto il seguente studio di compatibilità idrologico-idraulico per il progetto di realizzazione dell’impianto eolico denominato “CANTORATO” e del relativo cavidotto di collegamento alla rete elettrica nazionale, ubicato nei Comuni di Belcastro e Cutro, rispettivamente in Provincia di Catanzaro e Crotona.*

*Il cavidotto a servizio dell’impianto sarà sistemato seguendo i margini dei tracciati di viabilità secondaria e/o poderale, fino a raggiungere la stazione elettrica.*



*Inquadramento geografico della posizione delle torri nei comuni di Belcastro e Cutro*

L'intervento, qui descritto, consiste nella realizzazione di 20 aerogeneratori, del relativo cavidotto ed opere necessarie per il collegamento alla rete elettrica. Gli aerogeneratori sono dislocati 9 nel territorio comunale di Cutro (KR), e 11 in quello di Belcastro (CZ).

Lo studio è stato effettuato nel rispetto delle disposizioni normative vigenti, al fine di verificare la compatibilità delle previsioni di progetto con l'assetto idrologico del territorio in cui esso ricade.



Inquadramento su immagine satellitare degli aerogeneratori nei comuni di Belcastro e Cutro

A tale scopo, è stata effettuata un'analisi a scala di bacino riguardante i seguenti aspetti tematici:

- caratteri pluviometrici;
- caratteri idrografici;
- caratteri altimetrici;
- caratteri geologici, idrogeologici e geomorfologici;
- caratteri pedologici;

- *caratteri di uso del suolo.*

*Il software open source, utilizzato è stato Quantum GIS, SAGA Gis, GRASS Gis e MATLAB, mentre come cartografia, è stata utilizzata quella liberamente scaricabile dai siti:*

<http://geoportale.regione.calabria.it/>

<https://tinality.pi.ingv.it>

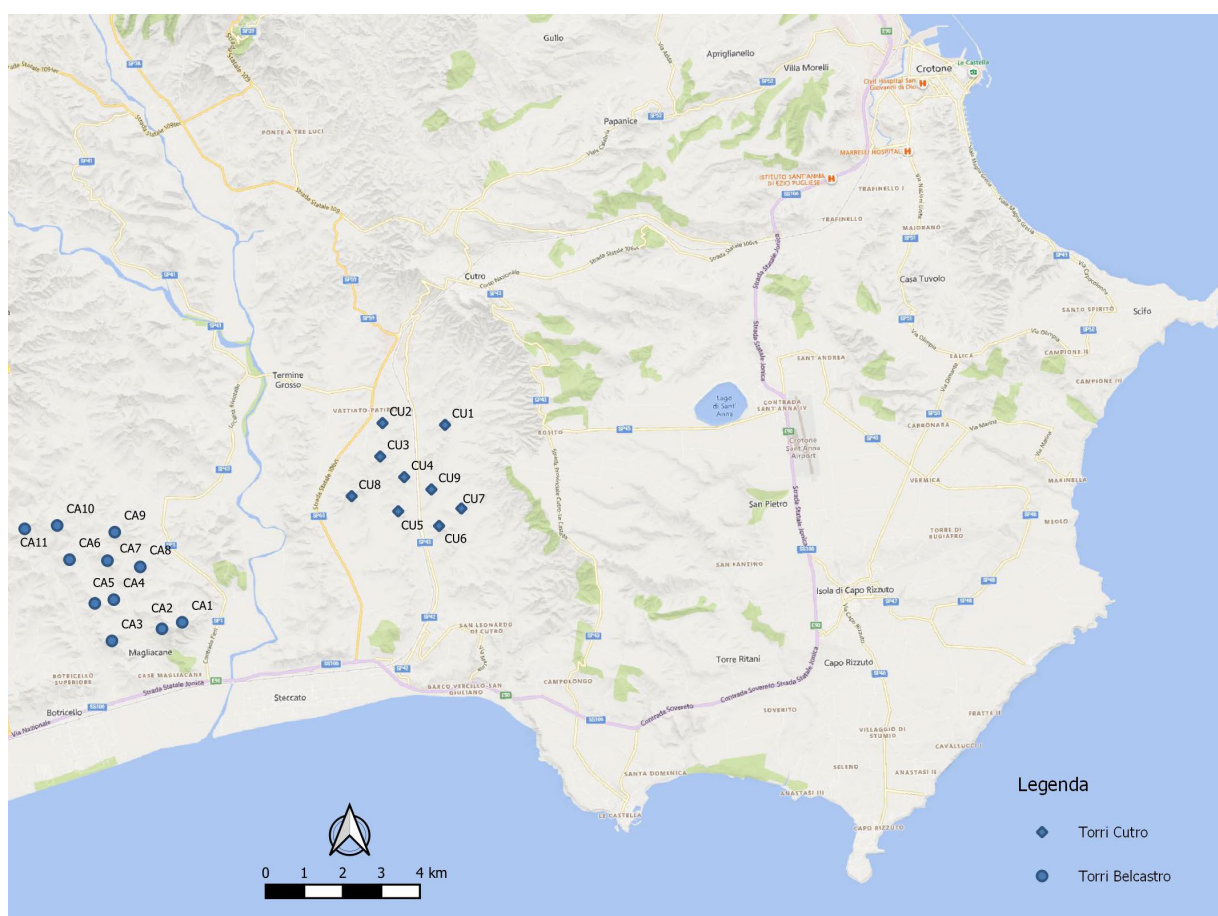
[https://www.distrettoappenninomeridionale.it/index.php/elaborati-di-piano-menu/ex-  
adb-calabria-menu/](https://www.distrettoappenninomeridionale.it/index.php/elaborati-di-piano-menu/ex-<br/>adb-calabria-menu/)

*Lo scopo del presente studio, è quello di valutare il comportamento idraulico dell'area di progetto al fine di verificare la sicurezza delle aree di intervento e di analizzare gli effetti indotti dalle opere di progetto sul regime idraulico a monte e a valle delle aree interessate e di un loro intorno significativo in occasione di eventi di piena con un TR = 200 anni.*

*Tutte le attività condotte sono in pieno accordo con la Normativa PAI vigente ed in particolare conformi alle linee guida predisposte dall'ex ABR della Regione Calabria "Linee guida sulle verifiche di compatibilità idraulica delle infrastrutture interferenti con i corsi d'acqua, sugli interventi di manutenzione, sulle procedure per la classificazione delle Aree d'Attenzione e l'aggiornamento delle aree a Rischio Inondazione".*

## 2 UBICAZIONE DELL'AREA

La zona geografica qui descritta, ricade nella parte Centro-Est della Regione Calabria, sul versante ionico in zona pedecollinare, in parte nel territorio amministrativo del comune di Belcastro nella provincia di Catanzaro, e in parte in quello del comune di Cutro nella provincia di Crotona. Più precisamente, le torri CU1, CU2, CU3, CU4, CU5, CU6, CU7, CU8 e CU9, sono quelli all'interno del territorio comunale di Cutro, mentre le torri CA1, CA2, CA3, CA4, CA5, CA6, CA7, CA8, CA10, CAR1 e CAR2, quelle ricadenti nel comune di Belcastro.



*Inquadramento geografico della posizione delle torri nei comuni di Belcastro e Cutro*

Nella Carta Geologica d'Italia, la zona lato Belcastro, è cartografata nel Foglio 242 - I Quadrante NE in scala 1:25.000 denominato "Botricello", mentre quella del comune di Cutro, si trova nel Foglio 243 - IV N.O. denominato "S. Leonardo di Cutro" sempre della Carta Geologica d'Italia.



Di seguito, sono riportate le tabelle con indicazione, per ogni torre, delle coordinate numeriche X e Y, della quota altimetrica ricavata mediante elaborazione cartografica col software Q-Gis, e del foglio e particella catastale in cui sono inserite le torri.

*Tabella - Torri lato Cutro (KR)*

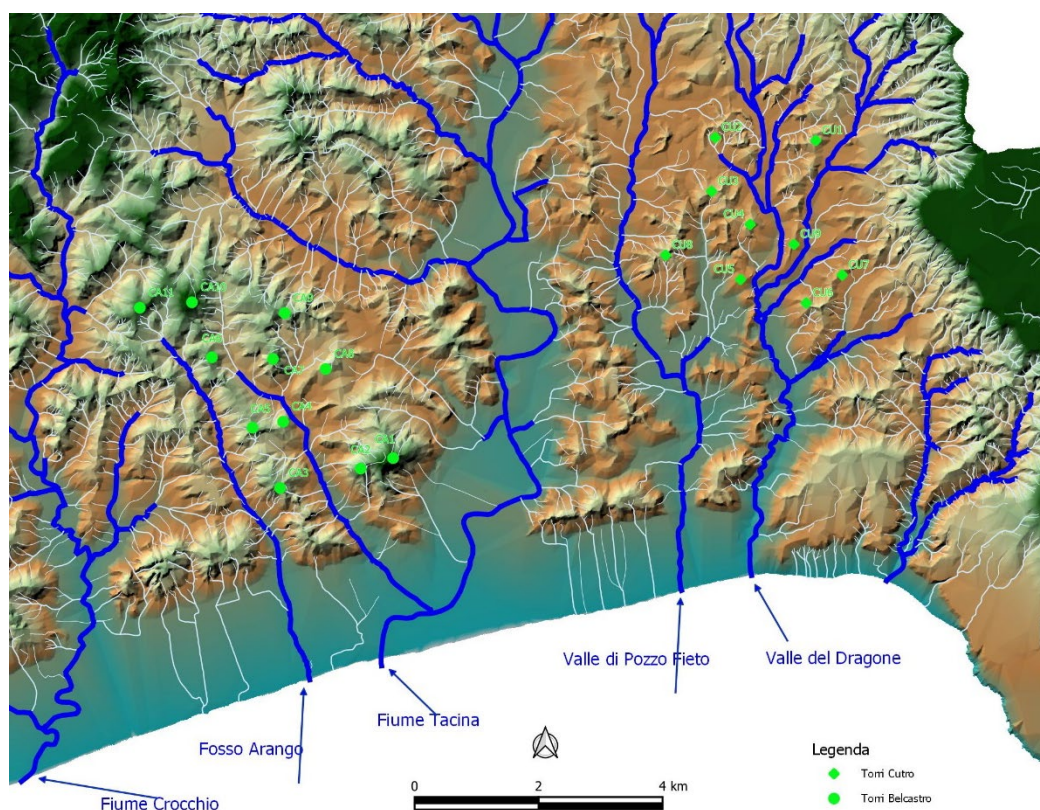
Torre	Comune	Foglio Catastale	Particella Catastale	Coord. X	Coord. Y	Coord. Z
CU1	Cutro	23	69	670825	4318817	83,18
CU2	Cutro	22	20	669204	4318864	55,93
CU3	Cutro	29	9	669144	4317997	66,21
CU4	Cutro	29	24	669766	4317463	76,97
CU5	Cutro	29	41	669611	4316577	50,49
CU6	Cutro	30	67	670671	4316197	75,71
CU7	Cutro	30	57	671250	4316649	57,01
CU8	Cutro	28	141	668403	4316968	90,18
CU9	Cutro	23	33	670472	4317143	59,07

*Tabella - Torri lato Belcastro (CZ)*

Torre	Comune	Foglio_Cat	P.lla_Cat	Coord. X	Coord. Y	Coord. Z
CA1	Belcastro	25	53	664006	4313697	175,27
CA2	Belcastro	25	4	663481	4313528	151,65
CA3	Belcastro	23	551	662183	4313215	130,12
CA4	Belcastro	23	231	662232	4314284	101,09
CA5	Belcastro	22	112	661739	4314189	126,82
CA6	Belcastro	22	12	661083	4315322	128
CA7	Belcastro	20	28	662067	4315296	128,85
CA8	Belcastro	24	61	662918	4315134	89,55
CA9 (ex CA10)	Belcastro	20	130	662256	4316035	140,65
CA10 (ex CAR1)	Belcastro	18	32	660762	4316208	192,76
CA11 (ex CAR2)	Belcastro	18	26	659920	4316121	157,25

## 3 CARATTERI IDROLOGICI

Le aree qui descritte giacciono sul versante ionico, con quote variabili da 50 nella CU5 a 90 m s.l.m. nella CU8, per la parte di Cutro, mentre per il lato Belcastro, le quote risultano maggiori e variabili da 90 m per la CA8 a 192 in corrispondenza della CAR1. L’orografia è tipicamente pedecollinare con quote che non superano i 200 metri dal livello marino, degradante verso Sud nella fascia pianeggiante, mentre a Nord le quote aumentano fino ad arrivare alla zona montana della Presila e quindi della Sila nella zona centrale della Calabria. Il substrato si caratterizza per la semplicità del suo assetto geologico-strutturale oltre che la sostanziale uniformità geologica. Localmente, sono visibili gli effetti dell’azione delle acque di deflusso superficiale, che agiscono differenziatamente su di esse, determinando un’azione di alterazione e degrado sulle coltri superficiali, un’azione di erosione e successivo trasporto, tanto più accentuato là dove le pendenze aumentano. Infatti, a Ovest della posizione delle torri lato Belcastro, troviamo il Fosso Arango, a Est dell’area di Cutro vi è il Fosso del Dragone, tra questi due corsi d’acqua scorre il Fiume Tacina di ordine superiore e la Valle del Pozzo Fieto. Per tutti questi corsi d’acqua la direzione è Da Nord verso Sud, fino a sfociare nel mare.

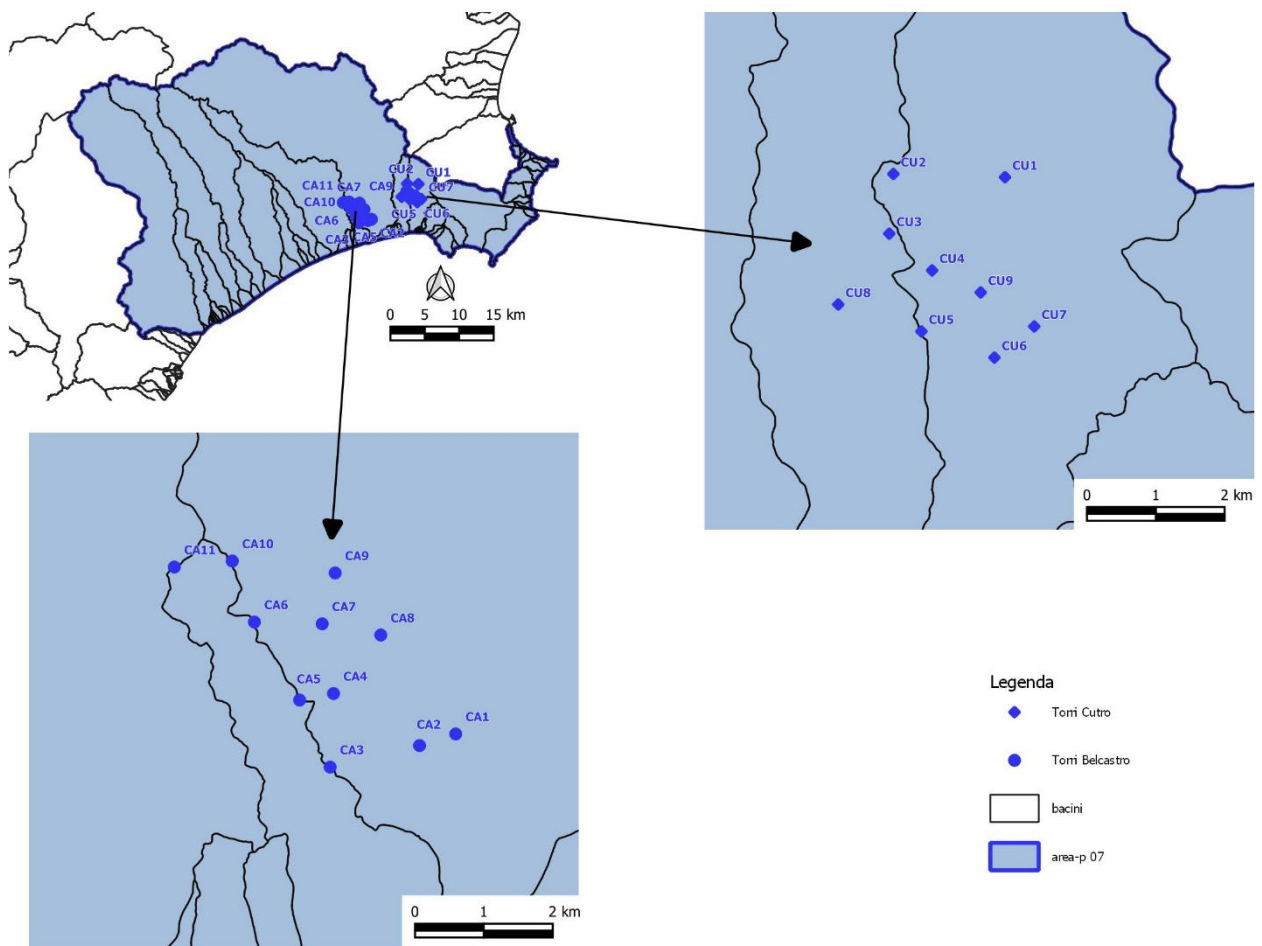


*Principali corsi d’acqua che attraversano l’area di studio*

Il cavidotto di progetto attraversa un territorio caratterizzato dalla presenza di corsi d'acqua, a carattere temporaneo o occasionale, con deflusso tutto sommato ben organizzato diretto verso il tratto costiero con andamento grosso modo Nord-Sud.

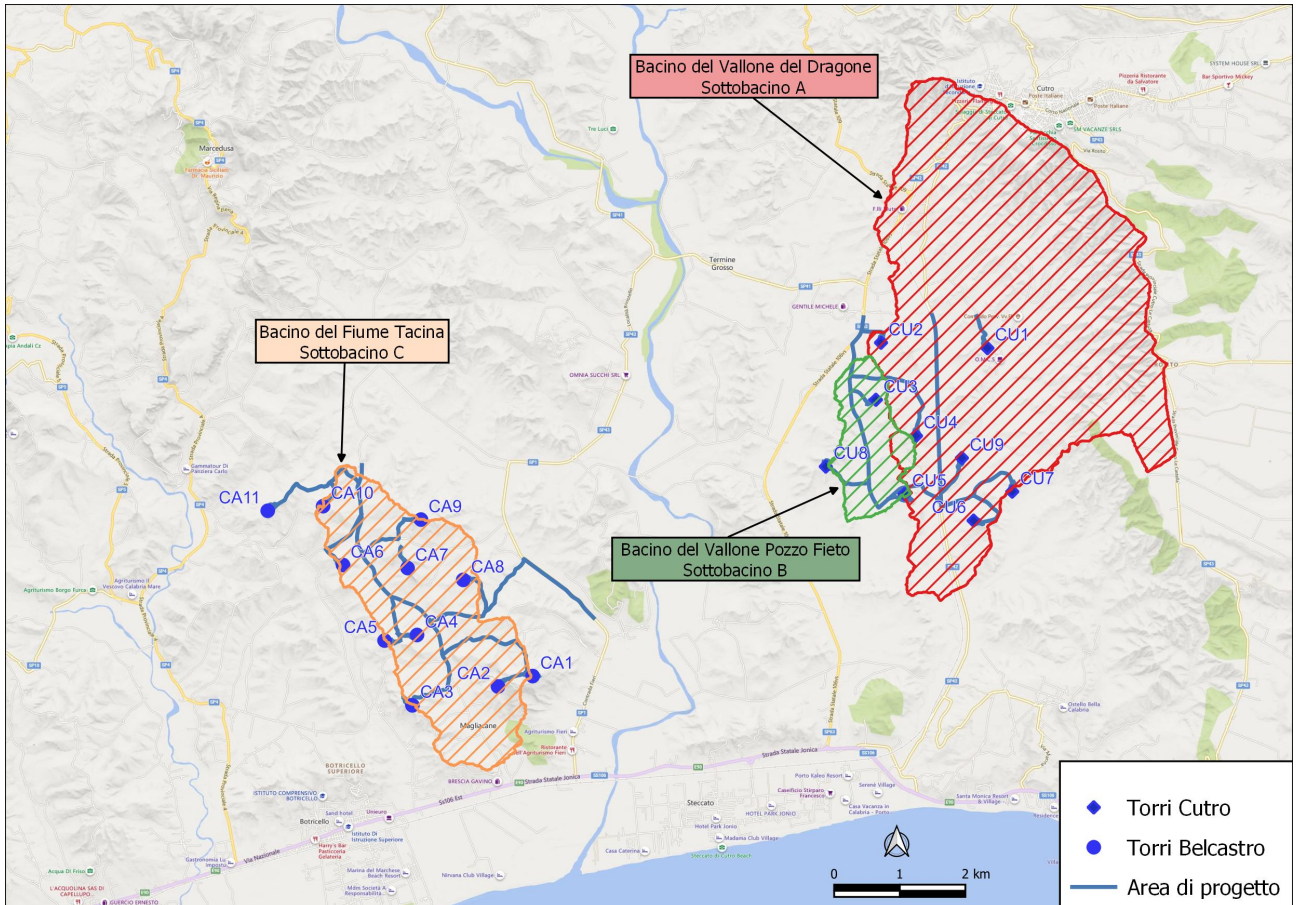
La pericolosità idraulica è qui determinata prevalentemente dal ristagno in aree topograficamente depresse delle acque di corrivazione e dilavamento, pertanto, in tali bacini, per quantificare le condizioni di pericolosità, è necessario determinare le altezze idriche che, per i diversi tempi di ritorno degli eventi, si instaurano all'interno delle depressioni morfologiche.

I bacini qui studiati sono quelli rientranti nell'area programma AP-07, Vallone del dragone e Vallone Pozzo Fieto, per le torri del settore di Cutro, e il bacino del Fiume Tacina per il lato di Belcastro.



*Bacini dell'area programma di interesse AP-07 in cui ricadono le torri*

Dai bacini prima indicati, sono stati estratti i sottobacini direttamente interessati dalle opere in progetto, denominati sottobacino A (Vallone del Dragone), sottobacino B (Vallone Pozzo Fieto) e Sottobacino C (Fiume Tacina).



Individuazione dei tre bacini oggetto di studio

## 4 QUADRO CONOSCITIVO

Questa fase dello studio ha riguardato la caratterizzazione geometrica, geomorfologica, idrologica e idraulica dei sottobacini A, B, e C, utilizzando come sezione di chiusura di ogni bacino il punto di compluvio posto sull’asta principale del bacino e immediatamente sotto la zona di influenza occupata dagli aerogeneratori presenti nella zona di sottobacino. La caratterizzazione è stata eseguita mediante il software open source QGIS, oltre che da analisi topografica, fotointerpretazione di immagini satellitare messe a confronto con le più recenti carte tecniche regionali. In generale, i sottobacini presentano un’area più accentuata a Nord per poi svilupparsi in ambiente pianeggiante. Il fondo dei sottobacini è in terra con carattere prevalentemente stagionale.

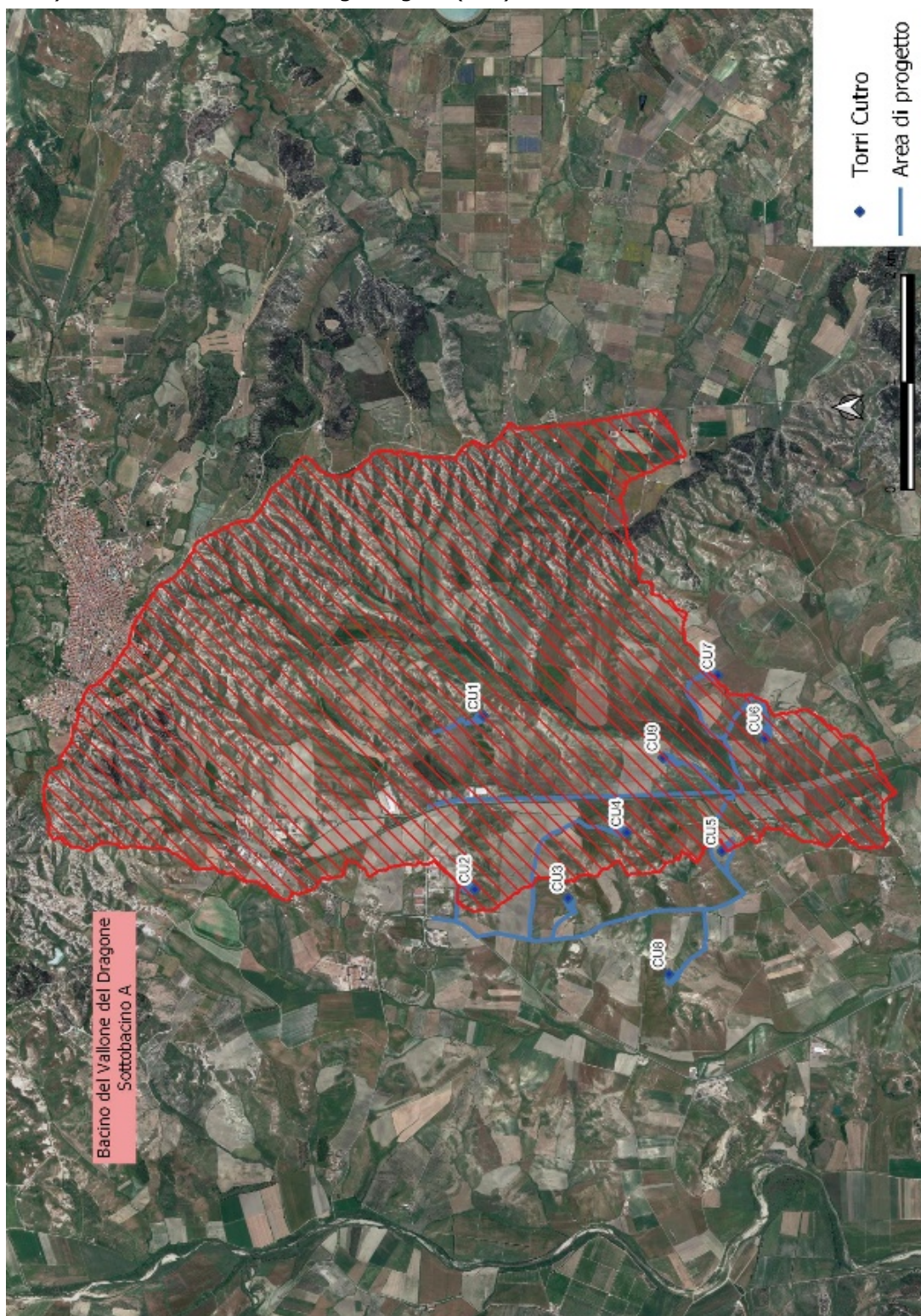
Nelle tabelle che seguono sono riportati i dati morfometrici dei tre sottobacini, ricavati mediante l’ausilio del software QGIS in seguito all’elaborazione del DTM prelevato dal sito <https://tinality.pi.inqv.it>

DATI MORFOLOGICI – SOTTOBACINO A (Bacino del Vallone del Dragone)							
Bacino	Superficie (Kmq)	Perimetro (m)	Quota min (m)	Quota Max (m)	Quota media (m)	Lungh. asta principale (Km)	Pendenza media asta principale (%)
<b>A</b>	22	31	18	230	86	9,8	1,87

DATI MORFOLOGICI – SOTTOBACINO B (Bacino del Vallone del Pozzo Fieto)							
Bacino	Superficie (Kmq)	Perimetro (m)	Quota min (m)	Quota Max (m)	Quota media (m)	Lungh. asta principale (Km)	Pendenza media asta principale (%)
<b>B</b>	2	9	23	92	46	2,7	0,80

DATI MORFOLOGICI – SOTTOBACINO C (Bacino del Fiume Tacina)							
Bacino	Superficie (Kmq)	Perimetro (m)	Quota min (m)	Quota Max (m)	Quota media (m)	Lungh. asta principale (Km)	Pendenza media asta principale (%)
<b>C</b>	7	18	17	195	79	5,4	1,34

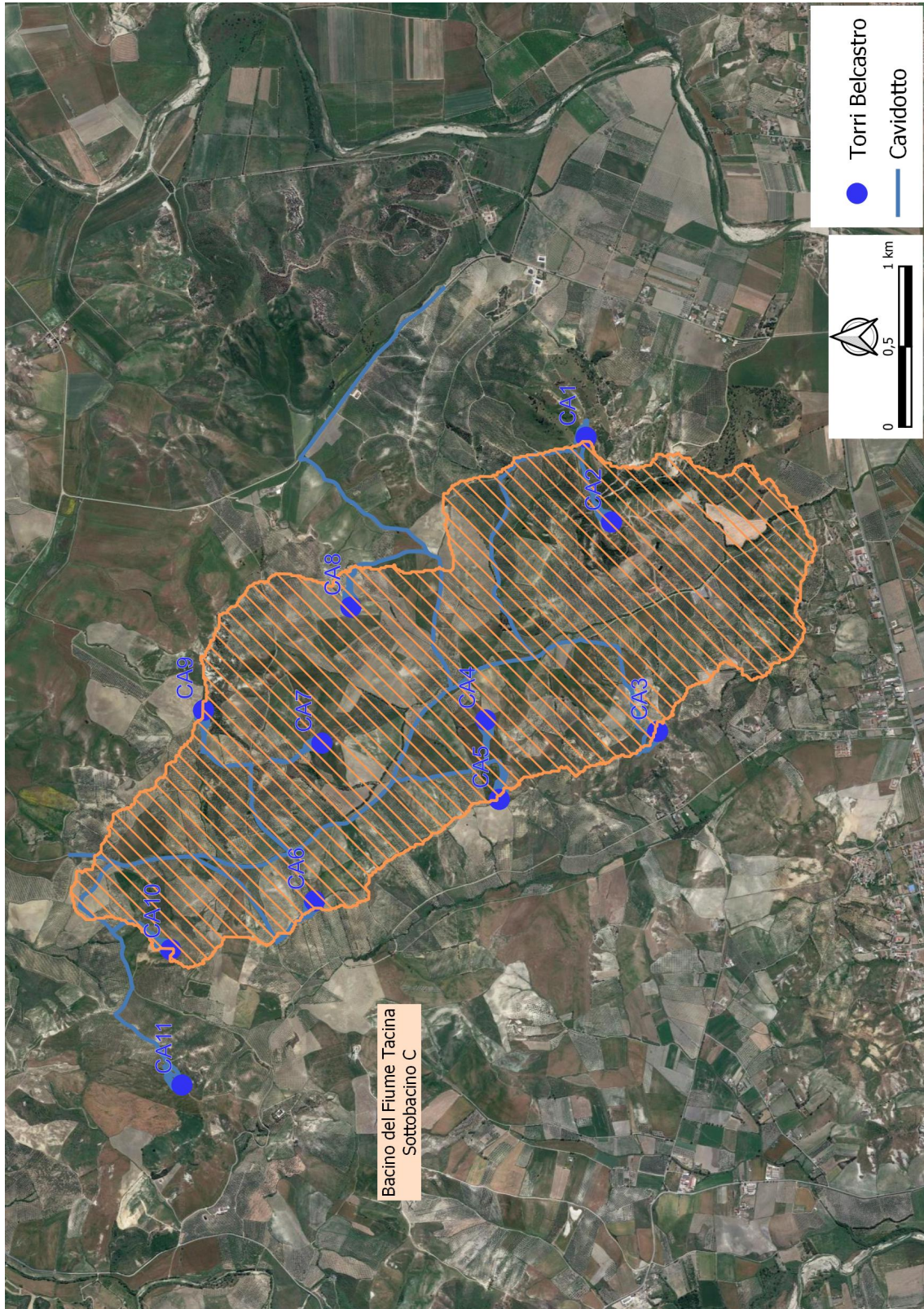
Di seguito si riporta per ogni sottobacino, l'inquadramento su ortofoto e a seguire l'inquadramento su ortofoto con la perimetrazione del Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) e del Piano assetto idrogeologico (PAI).



Dati morfologici Bacino A

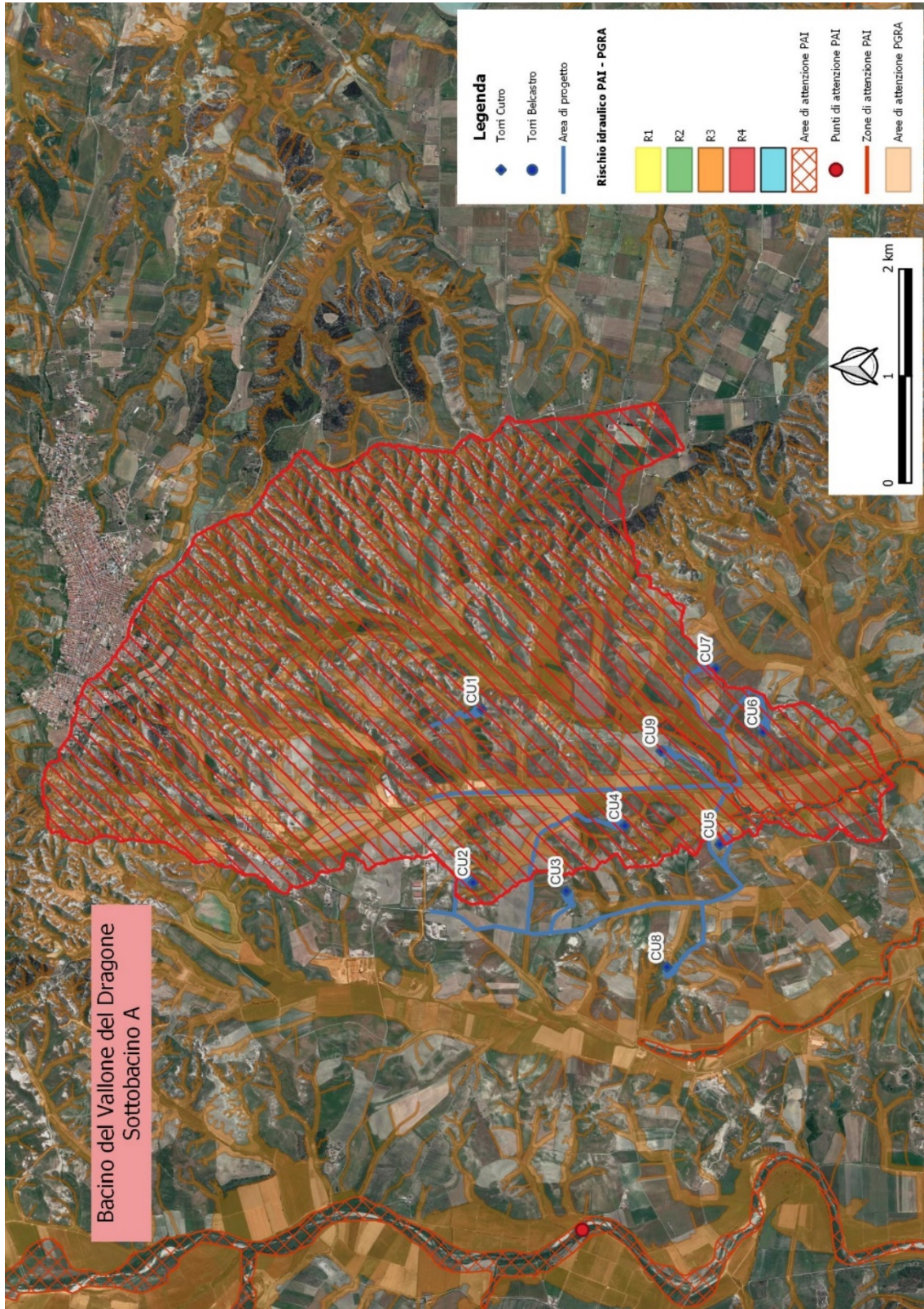


*Dati morfologici Bacino B*



Dati morfologici Bacino C

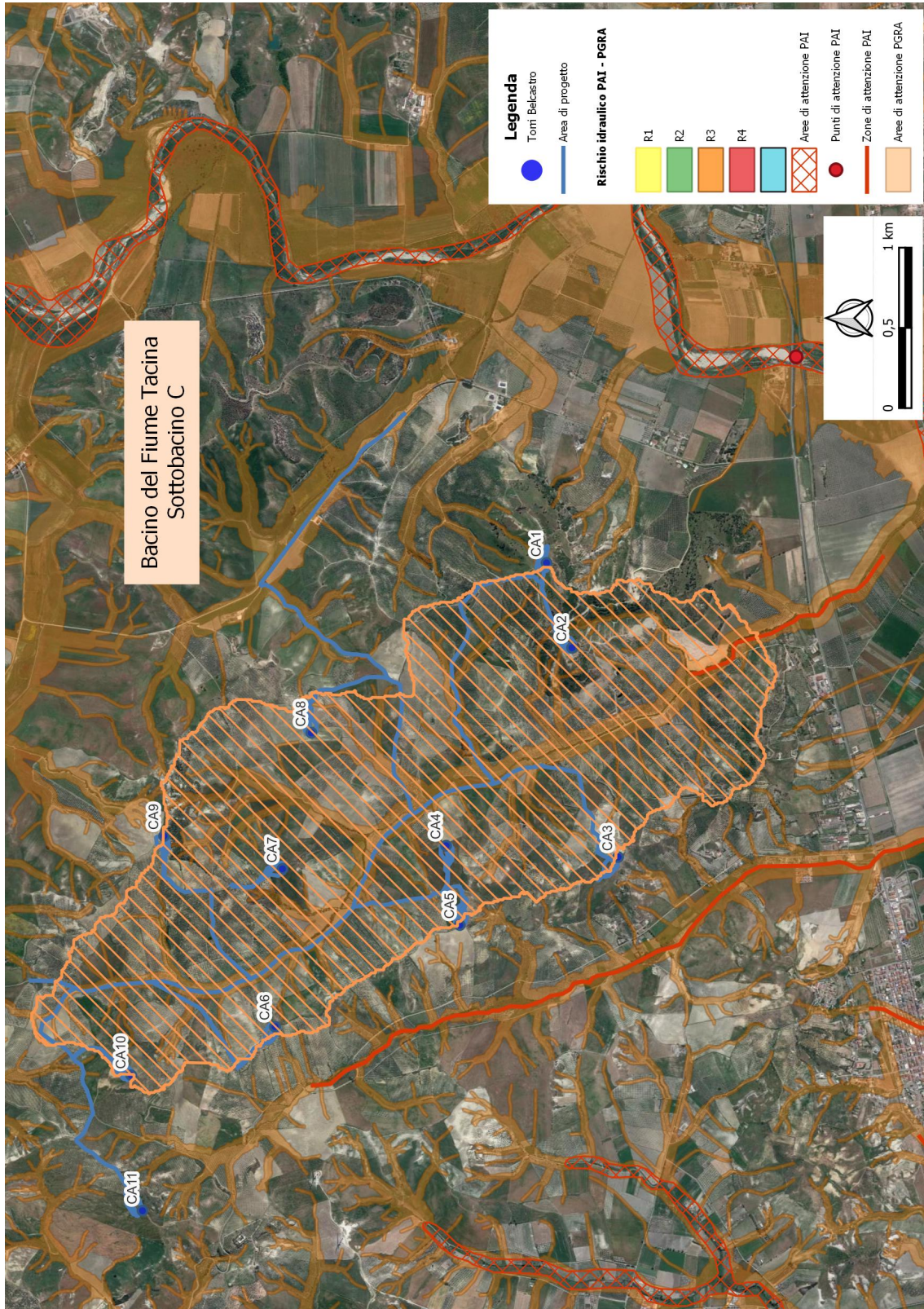




Perimetrazione Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) e Piano assetto idrogeologico (PAI)



Perimetrazione Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) e Piano assetto idrogeologico (PAI)



Perimetrazione Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) e Piano assetto idrogeologico (PAI)

## 5 USO DEL SUOLO

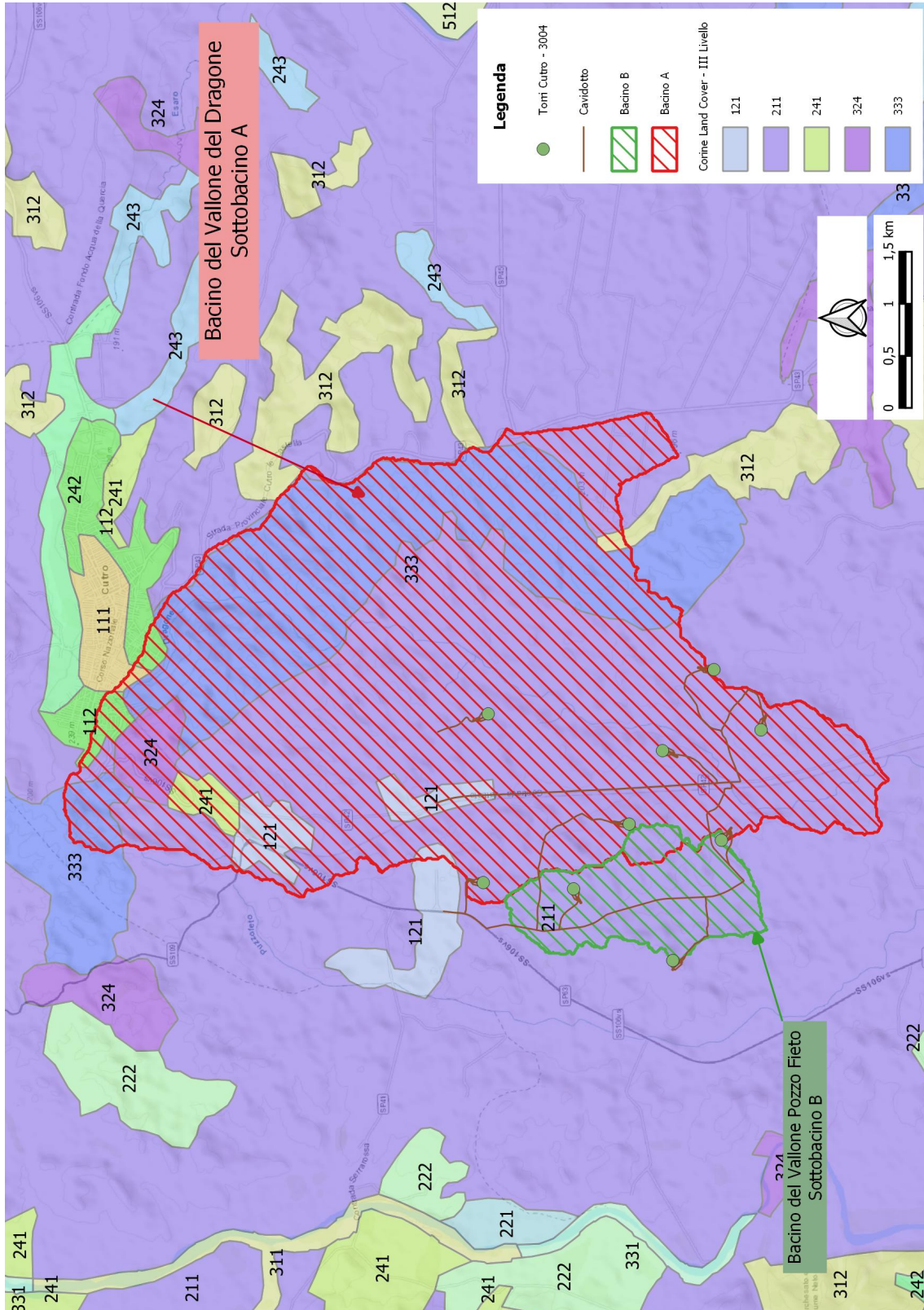
Per la caratterizzazione dei tre sottobacini (A, B e C), dal punto di vista dell'uso del suolo è stato utilizzato lo strato informativo del Corine Land Cover al III° livello (vedi figura seguente).

Nelle tabelle sotto, sono inoltre riportate per ogni classe dell'uso del suolo le superfici ricoperte con relative percentuali.

USO DEL SUOLO – SOTTOBACINO A (Bacino del Vallone del Dragone)				
Bacino	Codice	Descrizione Corine Land Cover III Livello	Superficie (Kmq)	%
<b>A</b>	111	Tessuto urbano continuo	0,033	0,15
	112	Tessuto urbano discontinuo	0,234	1,05
	121	Aree industriali o commerciali	0,748	3,37
	211	Seminativi in aree non irrigue	14,199	64,01
	241	Colture annuali associate e colture permanenti	0,252	1,13
	312	Boschi di conifere	0,044	0,20
	324	Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	0,475	2,14
	333	Aree con vegetazione rada	6,198	27,94
			<b>TOTALE</b>	<b>22,183</b>

USO DEL SUOLO – SOTTOBACINO B (Bacino del Vallone Pozzo Fieto)				
Bacino	Codice	Descrizione Corine Land Cover III Livello	Superficie (Kmq)	%
<b>B</b>	211	Seminativi in aree non irrigue	2,043	100
			<b>TOTALE</b>	<b>2,043</b>

<b>USO DEL SUOLO – SOTTOBACINO C (Bacino del Fiume Tacina)</b>				
<b>Bacino</b>	Codice	Descrizione Corine Land Cover III Livello	Superficie (Kmq)	%
<b>C</b>	211	Seminitavi in aree non irrigue	4,373	59,08
	222	Frutteti e frutti minori	0,690	9,33
	241	Colture annuali associate e colture permanenti	1,486	20,08
	242	Sistemi colturali e particellari permanenti	0,288	2,89
	243	Aree prev. occup.da colture agrarie, con spazi nat.	0,500	6,75
	312	Boschi di conifere	0,065	0,88
			<b>TOTALE</b>	<b>7,402</b>



Carta uso del suolo - Bacino A e B



## 6 PERMEABILITÀ

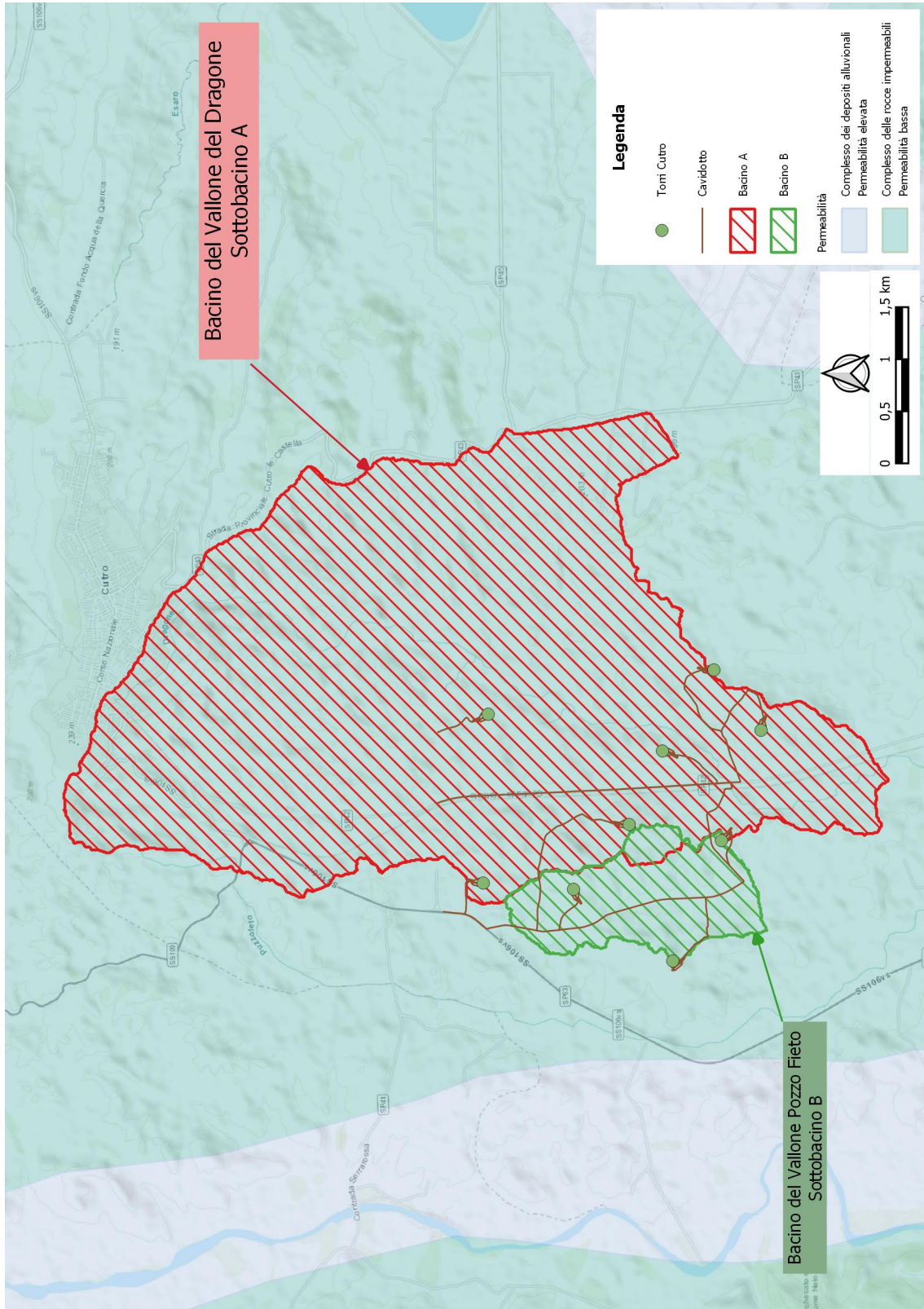
Per la caratterizzazione dei tre sottobacini dal punto di vista della permeabilità sono state ricostruite le classi litologiche presenti nella zona oggetto di studio, come mostrato nelle figure seguenti, e nelle tabelle sono state riportate le classi litologiche presenti con le relative aree, espresse in kmq, e la percentuale di ogni classe rispetto alla superficie totale dei bacini idrografici oggetto di studio.

PERMEABILITÀ – SOTTOBACINO A (Bacino del Vallone del Dragone)				
Bacino	Codice	Descrizione	Superficie (Kmq)	%
A	104	Complesso delle rocce impermeabili Permeabilità bassa	22,183	100
		<b>TOTALE</b>	<b>22,183</b>	<b>100%</b>

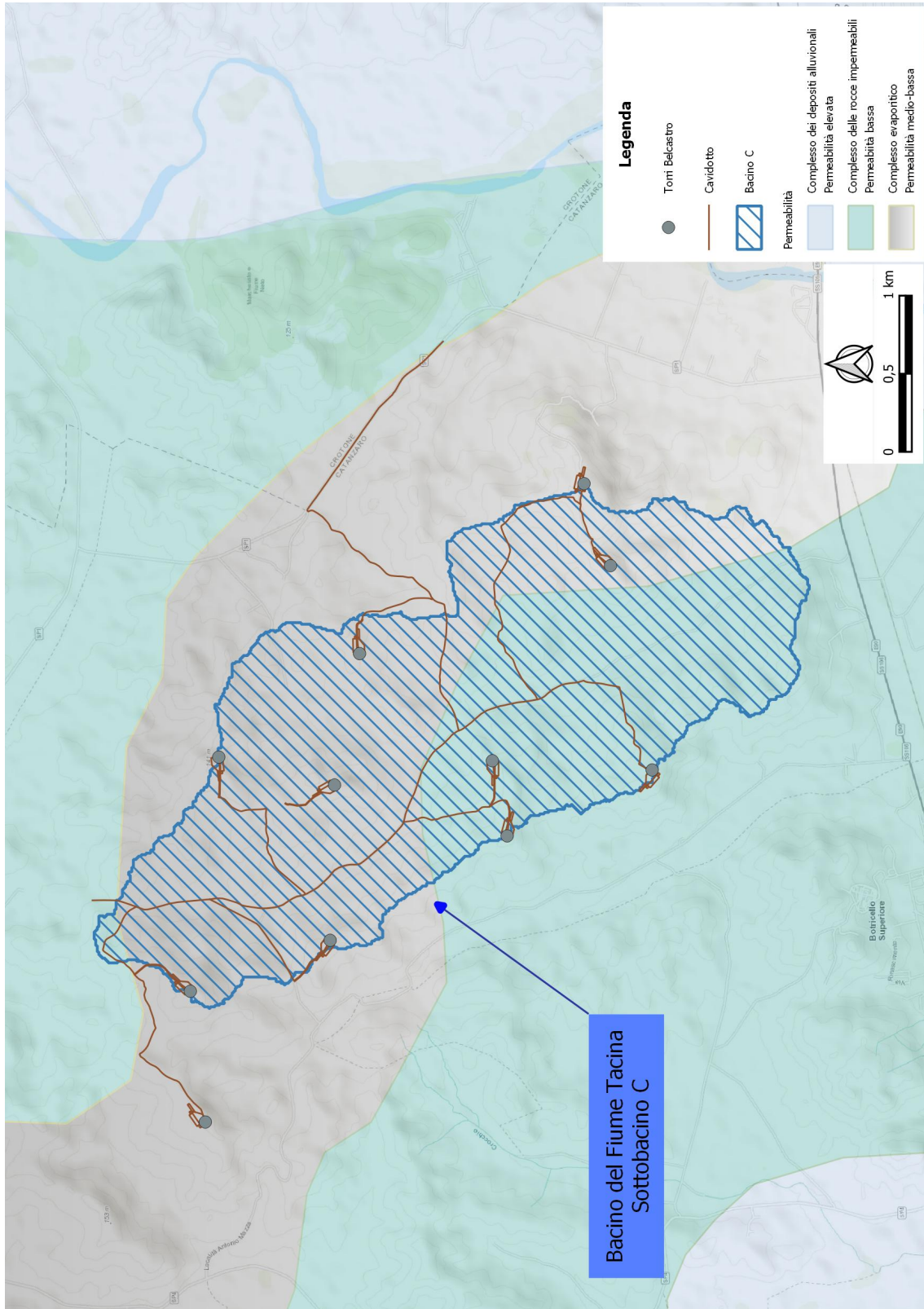
PERMEABILITÀ – SOTTOBACINO B (Bacino del Vallone Pozzo Fieto)				
Bacino	Codice	Descrizione	Superficie (Kmq)	%
B	104	Complesso delle rocce impermeabili Permeabilità bassa	2,043	100
		<b>TOTALE</b>	<b>2,043</b>	<b>100%</b>

PERMEABILITÀ – SOTTOBACINO C (Bacino del Fiume Tacina)				
Bacino	Codice	Descrizione	Superficie (Kmq)	%
C	104	Complesso delle rocce impermeabili Permeabilità bassa	4,361	58,93
	123	Complesso evaporitico Permeabilità da media a bassa	3,039	41,07
		<b>TOTALE</b>	<b>7,400</b>	<b>100%</b>





Carta della permeabilità – Bacino A e B



Carta della permeabilità – Bacino C

## 7 TEMPO DI CORRIVAZIONE

Prima di effettuare l'analisi statistica delle piogge è necessario conoscere il tempo di corrivazione del bacino, vale a dire il tempo che impiega la particella più “sfavorita” a raggiungere la sezione di chiusura.

A tale fine si possono utilizzare differenti formule:

- **Formula di Giandotti**

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5 L}{0,8\sqrt{h_{media} - h_{min}}}$$

dove:

$t_c$  = tempo di corrivazione (ore)

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

$L$  = lunghezza dell'asta principale (km)

$h_{media}$  = quota media del bacino (m s.l.m.)

$h_{min}$  = quota della sezione di chiusura (m s.l.m.)

Questa espressione è ottimale per bacini di superficie compresa tra 170 e 70000 km<sup>2</sup>

- **Formula di Pezzoli**

$$t_c = \frac{0,055 L}{\sqrt{i}}$$

dove:

$t_c$  = tempo di corrivazione (ore)

$L$  = lunghezza dell'asta principale (km)

$i$  = pendenza media dell'asta principale (adimensionale)

- **Formula di Viparelli**

$$t_c = \frac{L}{V}$$

dove:

$t_c$  = tempo di corrivazione (ore)

$L$  = lunghezza dell'asta principale (km)

$V$  = velocità media di deflusso all'interno dei canali, con valori suggeriti dall'autore compresi tra 1 e 1,5 m/s. il valore di  $V$  utilizzato nel presente lavoro è di 1,5 m/s.

- **Formula di Puglisi**

$$t_c = 6L^{2/3}(h_{max} - h_{min})^{-1/3}$$

dove:

$t_c$  = tempo di corrivazione (ore)

$h_{max}$  = quota massima del bacino (m s.l.m.)

$h_{min}$  = quota della sezione di chiusura (m s.l.m.)

$L$  = lunghezza dell'asta principale (km)

- **Formula di Tournon**

$$t_c = \frac{0,396 L}{\sqrt{i}} \left( \frac{S}{L^2} \sqrt{\frac{i}{i_v}} \right)^{0,72}$$

dove:

$t_c$  = tempo di corrivazione (ore)

$L$  = lunghezza dell'asta principale (km)

$i$  = pendenza media dell'asta principale (adimensionale)

$S$  = area del bacino (km<sup>2</sup>)

$i_v$  = pendenza media del versante (adimensionale)

- **Formula di Ventura**

$$t_c = 0,127 \frac{\sqrt{S}}{\sqrt{i}}$$

dove:

$t_c$  = tempo di corrivazione (ore)

$S$  = area del bacino (km<sup>2</sup>)

$i$  = pendenza media dell'asta principale (adimensionale)

- **Formula di Kirpich (1940)**

$$t_c = 0,000325L^{0,77}i_v^{-0,385}$$

dove:

$t_c$  = tempo di corrivazione (ore)

$L$  = lunghezza dell'asta principale (km)

$i_v$  = pendenza media del versante (adimensionale)

Per la stima del tempo di corrivazione del bacino si considerano le formule empiriche sopra elencate che si adattano al contesto in esame. I risultati sono stati raccolti nella tabella seguente assieme al calcolo della media di tutti i valori.

TEMPI DI CORRIVAZIONE CALCOLATI CON LE VARIE FORMULE								
Bacino	Giandotti	Pezzoli	Viparelli	Puglisi	Tournon	Ventura	Kirpich	MEDIA
<b>A</b>	5,072	0,394	1,815	4,608	0,449	0,435	0,131	1,843
<b>B</b>	2,530	0,166	0,500	2,836	0,168	0,201	0,052	0,922
<b>C</b>	2,966	0,256	1,000	3,283	0,256	0,290	0,078	1,161

## 8 TEMPO DI RITARDO

Il tempo di ritardo ( $t_{lag}$ ) di un bacino è l'intervallo di tempo che separa il baricentro dello ietogramma di pioggia netta dal baricentro dell'idrogramma del deflusso superficiale. In molti modelli di trasformazione afflussi – deflussi si ritiene che questo sia un valore caratteristico del bacino che non dipende dal particolare evento. Di seguito vengono riportate le formule più utilizzate in Italia per il calcolo del tempo di ritardo di un bacino idrografico. Una formulazione comune consiste nell'utilizzare l'ipotesi di Viparelli, tramite cui si assume che le isoipse siano anche isocorive, cioè tutti i punti di stessa altezza hanno anche stesso tempo di corrivazione.

- **Formula di Kirpich:**

$$t_{lag} = 0,0117 \frac{L_p^{0,77}}{i^{0,385}}$$

in cui

$t_{lag}$  è misurato in minuti;

$L_p$  indica la lunghezza dell'asta principale in m;

$i$  indica la pendenza media dell'asta principale in m/m.

- **Formula di Fiorentino:**

$$t_{lag} = 0,094 \left( \frac{L_p}{i^{0,5}} \right)^{0,655}$$

in cui

$t_{lag}$  è misurato in minuti;

$L_p$  indica la lunghezza dell'asta principale in km;

$i$  indica la pendenza media dell'asta principale in m/m.

- **Formula di Mockus:**

$$t_{lag} = 0,342 \frac{L_p^{0,8}}{i^{0,5}} \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7}$$

in cui

$t_{lag}$  è misurato in ore;

$L_p$  indica la lunghezza dell'asta principale in km;

$i$  è la pendenza media dell'asta principale in %;

CN è un parametro che dipende dall'uso del suolo e dal tipo geologico, in particolare si fa riferimento al CN.

- **Formula del Soil Conservation Service:**

$$t_{lag} = 0,6t_c$$

in cui

$t_{lag}$  e  $t_c$  sono misurati in ore.

Nella tabella seguente vengono riportati i risultati ottenuti dall'applicazione delle varie formule per il calcolo del tempo di ritardo con il valore medio.

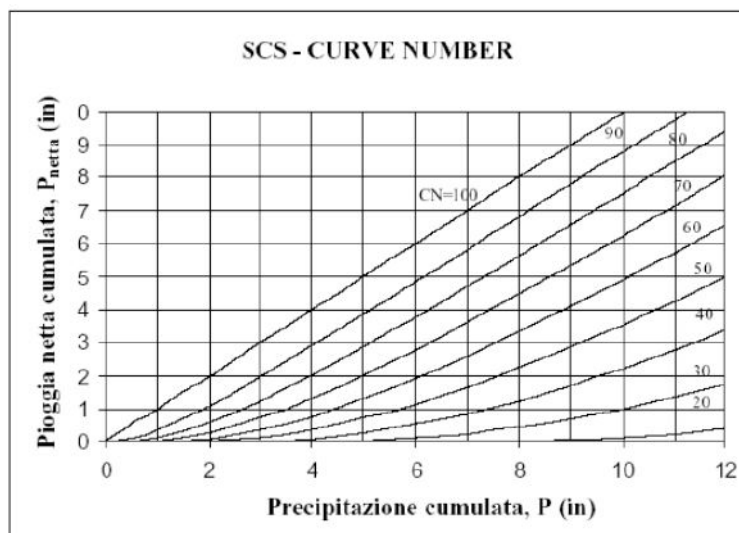
TEMPI DI RITARDO DEI BACINI					
Bacino	Kirpich	Fiorentino	Mockus	SCS	MEDIA
<b>A</b>	0,314	1,543	3,501	1,106	1,616
<b>B</b>	0,161	0,876	1,971	0,553	0,890
<b>C</b>	0,226	1,165	3,363	0,697	1,363

## 9 CURVE NUMBER

Il Curve Number (1972) è un parametro adimensionale decrescente in funzione della permeabilità, caratteristica derivante sia dal tipo che dall'uso del suolo.

In pratica, il Curve Number (CN), è un parametro che tiene conto della risposta idrologica di un terreno e si ricava dalla sovrapposizione dell'uso del suolo con le classi di permeabilità.

Il parametro CN è un numero adimensionale che può assumere valori che vanno da 0 a 100. Valori di CN uguale a 0, o prossimi allo 0, indicano che si è in presenza di una superficie assimilabile alla spugna, cioè assorbe la totalità o quasi della precipitazione. Nella pratica il CN assume valori che vanno da circa 30 per suoli permeabili con elevati tassi di infiltrazione, a 100 per corpi idrici e suoli completamente impermeabili. La figura successiva riporta come la pioggia cumulata si trasforma in pioggia netta in relazione al variare di CN.



Il suo valore si determina a partire dal livello di umidità iniziale del terreno, prima dell'evento meteorico esaminato, dalla tipologia pedologica, litologica e dall'uso del suolo.

Il metodo del CN prevede tre classi di umidità iniziale del terreno, in funzione dell'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni antecedenti l'evento esaminato:

- 1) I - molto asciutto (<50 mm);
- 2) II - standard (tra 50 e 100 mm);
- 3) III - molto umido (>110 mm.).

Al fine di effettuare una valutazione più cautelativa delle portate di piena, è stato preferibile adottare il valore di CN corrispondente alla classe III (CNIII).



La fase successiva nel calcolo del CN consiste nella definizione delle caratteristiche di permeabilità della porzione di terreno in esame.

L'agenzia del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti (USDA) Natural Resources Conservation Service (NRCS), precedentemente nota come Soil Conservation Service (SCS), ha fornito nel 1972 delle tabelle per facilitare la determinazione del parametro CN.

Il SCS propone quattro classi di suolo in base alla capacità di assorbimento:

Tipo di suolo	Descrizione
<p><b>A</b></p> <p>deflusso superficiale potenziale basso</p>	<p>I suoli di questo gruppo, quando sono completamente saturi, hanno deflusso superficiale potenziale (runoff) basso, ed è alta la permeabilità. Sono caratterizzati da avere meno del 10% di argilla e oltre il 90% di sabbia e/o ghiaia e la tessitura è sabbiosa o ghiaiosa. La conducibilità idraulica (Ksat) è maggiore di 14,4 cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è maggiore di 50 cm, e la profondità della falda superficiale è superiore a 60 cm.</p> <p>Appartengono a questo gruppo anche le rocce con alta permeabilità per fratturazione e/o carsismo</p>
<p><b>B</b></p> <p>deflusso superficiale potenziale moderatamente basso</p>	<p>I suoli di questo gruppo, quando sono completamente saturi, hanno deflusso superficiale potenziale (runoff) moderatamente basso, e l'acqua attraversa il suolo senza impedimenti. Sono caratterizzati da avere tra il 10% e il 20% di argilla e tra il 50 e il 90% di sabbia e la tessitura è sabbioso-franca, franco-sabbiosa.</p> <p>La conducibilità idraulica (Ksat) varia tra 3,6 e 14,4 cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è maggiore di 50 cm, e la profondità della falda superficiale è superiore a 60 cm.</p> <p>Appartengono a questo gruppo anche le rocce con permeabilità, medio-alta e media, per fratturazione e/o carsismo</p>
<p><b>C</b></p> <p>Deflusso superficiale potenziale moderatamente alto</p>	<p>I suoli di questo gruppo, quando sono completamente saturi, hanno deflusso superficiale potenziale (runoff) moderatamente alto, e l'acqua attraversa il suolo con qualche limitazione. Sono caratterizzati da avere tra il 20% e il 40% di argilla e meno del 50% di sabbia e la tessitura è prevalentemente franca, franco-limosa, franco-argilloso-sabbioso, franco-argillosa, e franco-argilloso-limosa.</p> <p>La conducibilità idraulica (Ksat) varia tra 0,36 e 3,6 cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è maggiore di 50 cm, e la profondità della falda superficiale è superiore a 60 cm</p> <p>Appartengono a questo gruppo anche le rocce con bassa e medio-bassa permeabilità per fratturazione e/o carsismo</p>
<p><b>D</b></p> <p>deflusso superficiale potenziale alto</p>	<p>I suoli di questo gruppo, quando sono completamente saturi, hanno deflusso superficiale potenziale (runoff) alto, e l'acqua attraversa il suolo con forti limitazioni. Sono caratterizzati da avere oltre il 40% di argilla e meno del 50% di sabbia e la tessitura è argillosa, talvolta anche espandibili.</p> <p>La conducibilità idraulica (Ksat) è <math>\leq 0,36</math> cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è compresa tra 50 cm e 100 cm, e la profondità della falda superficiale è entro i 60 cm</p> <p>Appartengono a questo gruppo anche le rocce con permeabilità molto bassa, le rocce impermeabili e le aree non rilevate o non classificate</p>

Una volta determinata la classe del suolo, si consulta la tabella che segue dove sono riportati, per ogni gruppo, i valori del parametro CN in relazione al tipo di copertura (uso del suolo, UDS).

<b>Codice Uso del Suolo (UDS)</b>	<b>UDS</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
Aree portuali	123	98	98	98	98
Aree aeroportuali ed eliporti	124	92	93	94	95
Aree estrattive	131	89	92	94	95
Discariche e depositi di rottami	132	90	92	94	95
Cantieri	133	90	92	94	95
Aree verdi urbane	141	65	74	81	84
Cimiteri	143	57	77	85	89
Vigneti	221	72	81	88	91
Frutteti e frutti minori	222	67	78	85	89
Oliveti	223	72	81	88	91
Arboricoltura con essenze forestali	224	67	78	85	89
Prati stabili	231	67	71	81	89
Colture temporanee associate a colture permanenti	241	59	74	82	86
Sistemi colturali e particellari complessi	242	63	73	82	88
Aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali importanti	243	62	71	78	81
Aree agroforestali	244	45	66	77	83
Boschi misti di conifere e latifoglie	313	39	51	63	70
Aree a pascolo naturale	321	67	71	81	89
Spiagge dune e sabbie	331	56	73	82	86
Pareti rocciose e falesie	332	98	98	98	98
Aree con vegetazione rada	333	70	75	84	90
Paludi interne	411	100	100	100	100
Paludi salmastre	421	100	100	100	100
Saline	422	100	100	100	100
Zone intertidali	423	98	98	98	98
Lagune, laghi e stagne costieri	521	100	100	100	100
Mari	523	100	100	100	100
Tessuto residenziale compatto e denso	1111	89	92	94	96
Tessuto residenziale rado	1112	78	80	85	87
Tessuto residenziale rado e nucleiforme a carattere residenziale e suburbano	1121	74	75	78	80
Tessuto agro-residenziale sparso e fabbricati rurali a carattere tipicamente agricolo o rurale	1122	65	67	70	72
Insedimenti industriali/artig. e comm. e spazi annessi	1211	89	92	94	95

Insediamiento di grandi impianti di servizi	1212	89	92	94	95
Reti stradali e spazi accessori (svincoli, stazioni di servizio, aree di parcheggio ecc.)	1221	98	98	98	98
Reti ferroviarie comprese le superfici annesse (stazioni, smistamenti, depositi ecc.)	1222	96	96	96	96
Grandi impianti di concentrazione e smistamento merci (interporti e simili)	1223	92	93	94	95
Impianti a servizio delle reti didistribuzione (telecomunicazioni/energia/idriche)	1224	92	93	94	95
Discariche	1321	90	92	94	95
Depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli	1322	90	92	94	95
Aree ricreative e sportive	1421	70	78	83	88
Aree archeologiche	1422	49	69	79	84
Seminativi in aree non irrigue	2111	58	72	81	85
Prati artificiali. colture foraggere ove si può riconoscere una sorta di avvicendamento con i seminativi e una certa produttività, sono sempre potenzialmente riconvertiti a seminativo, possono essere riconoscibili muretti o manufatti	2112	67	71	81	89
Seminativi semplici e colture orticole a pieno campo	2121	66	77	85	89
Risaie	2122	98	98	98	98
Vivai	2123	66	77	85	89
Coltura in serra	2124	98	98	98	98
Colture temporanee associate all'olivo	2411	59	74	82	86
Colture temporanee associate al vigneto	2412	59	74	82	86
Colture temporanee associate ad altre colture permanenti (pascoli e seminativi arborati con copertura della sughera dal 5 al 25%)	2413	59	74	82	86
Bosco di latifoglie	3111	39	51	63	70
Arboricoltura con essenze forestali (latifoglie)	3112	39	51	63	70
Boschi di conifere	3121	39	51	63	70
Conifere a rapido accrescimento	3122	39	51	63	70
Formazioni vegetali basse e chiuse, stabili, composte principalmente di cespugli, arbusti e piante erbacee (eriche, rovi, ginestre, ginepri nani ecc.)	3221	51	58	73	80
Formazioni di ripa non arboree	3222	51	58	73	80
Macchia mediterranea	3231	51	58	73	80
Gariga	3232	51	58	73	80
Aree a ricolonizzazione naturale	3241	45	55	68	75
Aree a ricolonizzazione artificiale	3242	45	55	68	75
Spiagge di ampiezza superiore a 25m	3311	56	73	82	86
Aree dunali non coperte da vegetazione di ampiezza superior a 25m	3312	56	73	82	86
Aree dunali con copertura vegetale con ampiezza superiore a 25 m	3313	56	73	82	86

Letti asciutti di torrenti di ampiezza superiore a 25m	3315	56	73	82	86
Fiumi, torrenti e fossi	5111	100	100	100	100
Canali e idrovie	5112	100	100	100	100
Bacini naturali	5121	100	100	100	100
Bacini artificiali	5122	100	100	100	100
Lagune, laghi e stagni costieri a produzione ittica naturale	5211	100	100	100	100
Acquacolture in lagune, laghi e stagni costieri	5212	100	100	100	100
Estuari e delta	5213	100	100	100	100
Aree marine a produz. Ittica naturale	5231	100	100	100	100
Acquacolture in mare libero	5232	100	100	100	100
Pioppeti, saliceti, eucalitteti ecc. anche in formazioni miste	31121	39	51	63	70
Sugherete	31122	39	51	63	70
Castagneti da frutto	31123	39	51	63	70
Altro	31124	39	51	63	70

Il valore di CN dell'intero bacino si ottiene come media pesata, con peso la superficie, dei valori stimati per le singole aree omogenee come suggerito da Mancini e Rosso (1989):

$$CN_{tot} = \frac{\sum CN_i A_i}{A_{tot}}$$

dove:

$CN_{tot}$  = CN dell'intero bacino;

$CN_i$  = CN della i-esima zona omogenea;

$A_i$  = area della i-esima zona omogenea;

$A_{tot}$  = area totale del bacino

I sottobacini ricadono nella classe di suolo **C** (Deflusso superficiale potenziale moderatamente alto), mentre il sottobacino C ricade nella classe **B** (deflusso superficiale potenziale moderatamente basso).

Una volta individuata la classe d'uso, è stato trovato il CN corrispondente per ogni singola area omogenea per poi calcolare la media pesata.

La tabella che segue riporta i valori individuati per ogni sottobacino e per area omogenea.

**CURVE NUMBER CN – SOTTOBACINO A (Bacino del Vallone del Dragone)**  
**CLASSE D'USO C - Deflusso superficiale potenziale moderatamente alto**

<b>Bacino</b>	Codice	Descrizione Corine Land Cover III Livello	Superficie (Kmq)	%	CN
<b>A</b>	111	Tessuto urbano continuo	0,033	0,15	94
	112	Tessuto urbano discontinuo	0,234	1,05	85
	121	Aree industriali o commerciali	0,748	3,37	94
	211	Seminativi in aree non irrigue	14,199	64,01	81
	241	Colture annuali associate e colture permanenti	0,252	1,13	82
	312	Boschi di conifere	0,044	0,20	63
	324	Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	0,475	2,14	68
	333	Aree con vegetazione rada	6,198	27,94	84
			<b>TOTALE</b>	<b>22,183</b>	<b>100%</b>

**CURVE NUMBER CN – SOTTOBACINO B (Bacino del Vallone Pozzo Fieto)**  
**CLASSE D'USO C - Deflusso superficiale potenziale moderatamente alto**

<b>Bacino</b>	Codice	Descrizione Corine Land Cover III Livello	Superficie (Kmq)	%	CN
<b>B</b>	211	Seminativi in aree non irrigue	2,043	100	81
			<b>TOTALE</b>	<b>2,043</b>	<b>100%</b>

<b>CURVE NUMBER CN – SOTTOBACINO C (Bacino del Fiume Tacina)</b>					
<b>CLASSE D'USO B - Deflusso superficiale potenziale moderatamente basso</b>					
<b>Bacino</b>	Codice	Descrizione Corine Land Cover III Livello	Superficie (Kmq)	%	CN
<b>C</b>	211	Seminitavi in aree non irrigue	4,373	59,08	72
	222	Frutteti e frutti minori	0,690	9,33	78
	241	Colture annuali associate e colture permanenti	1,486	20,08	74
	242	Sistemi colturali e particellari permanenti	0,288	2,89	73
	243	Aree prev. occup.da colture agrarie, con spazi nat.	0,500	6,75	71
	312	Boschi di conifere	0,065	0,88	51
			<b>TOTALE</b>	<b>7,402</b>	<b>100%</b>

Eseguendo in maniera opportuna i calcoli si ottiene:

<b>CURVE NUMBER (CN)</b>	
<b>Bacino</b>	Curve Number (CN)
<b>A</b>	<b>82</b>
<b>B</b>	<b>81</b>
<b>C</b>	<b>73</b>

# 10 PLUVIOMETRIA

Per l'analisi della pluviometria, si considerano i dati reali di pioggia ricavati dalle stazioni pluviometriche interne al bacino di riferimento. In questo caso, il bacino ha dimensioni molto ridotte, quindi, non essendo presenti pluviometri al suo interno, si andranno a considerare le stazioni pluviometriche più vicine (vedi figura seguente).



Posizione dei pluviometri

STAZIONI PLUVIOMETRICHE		
Codice	Nome	Sensori presenti
1700	Isola Capo Rizzuto Campolongo	Pluviometro Termometro
1710	Cutro	Pluviometro Termometro
1760	Botricello	Pluviometro Termometro

## 10.1 Dati di pioggia

**Stazione di Isola di Capo Rizzuto - Campolongo (cod. 1700)**

**Piogge massime annuali di durata 1-3-6-12-24 ore**

**SERIE DEI MASSIMI ANNUALI (40 anni disponibili)**

Anno	Data	Max 1 h	Data	Max 3 h	Data	Max 6 h	Data	Max 12 h	Data	Max 24 h
1965	10-10	15.0	10-10	23.8	10-10	25.6	22-10	32.2	20-09	77.3
1966	06-10	22.0	07-12	30.4	07-12	47.0	07-12	49.6	07-12	76.8
1968	13-12	13.0	13-12	31.7	13-12	42.5	12-12	50.6	12-12	58.2
1969	08-09	34.0	08-09	34.6	17-01	34.9	17-01	52.0	16-01	58.8
1971	30-06	10.6	30-06	26.0	30-06	31.6	10-12	34.0	10-12	42.2
1973	03-08	39.0	03-08	43.2	04-04	70.8	25-10	86.6	25-10	99.6
1975	17-02	14.2	17-02	29.8	17-02	49.8	17-02	65.6	17-02	82.8
1978	20-10	19.8	20-10	38.2	20-10	39.2	20-10	43.8	20-10	43.8
1991	09-10	15.0	21-02	20.8	21-02	30.0	27-01	36.8	27-01	49.0
1992	29-12	28.4	29-12	47.6	29-12	72.4	29-12	108.0	29-12	145.6
1993	27-11	17.0	27-11	38.6	26-11	45.6	25-11	76.2	25-11	99.0
1994	09-01	16.8	06-02	23.4	20-01	34.0	20-01	36.4	19-01	36.4
1995	01-08	44.0	13-03	51.6	14-03	86.8	13-03	108.8	13-03	155.4
1996	08-10	44.2	08-10	53.0	08-10	53.6	07-02	64.2	07-02	83.0
1997	25-09	24.6	24-09	40.2	24-09	41.8	23-09	56.6	22-09	72.0
1998	25-09	26.2	25-09	27.0	25-09	27.2	25-09	27.6	25-09	37.8
1999	30-08	19.8	02-01	22.0	02-01	37.2	02-01	46.6	01-01	52.0
2000	30-09	69.8	30-09	71.6	30-09	82.0	30-09	116.0	29-09	124.2
2001	14-01	15.6	14-01	25.0	14-01	31.2	14-01	44.8	14-01	77.2
2002	28-08	27.8	24-09	35.6	24-05	40.2	24-05	61.8	24-05	84.4
2003	31-07	16.4	31-07	18.2	04-04	25.6	04-04	47.2	04-04	75.4
2004	10-12	35.6	10-12	59.6	09-12	84.8	09-12	107.6	09-12	109.0
2005	08-10	36.8	07-10	39.4	07-10	42.8	07-10	42.8	11-12	47.4
2006	26-09	51.2	26-09	74.8	26-09	78.4	25-09	78.4	26-09	86.2
2007	25-09	25.8	25-09	41.2	25-09	45.2	25-09	51.0	25-09	51.0
2008	06-11	27.4	07-11	53.8	07-11	58.2	07-11	61.6	03-12	82.0
2009	09-01	39.4	09-01	59.8	09-01	93.2	09-01	106.2	26-09	149.8
2010	03-09	28.6	18-10	42.0	18-10	63.6	18-10	83.6	18-10	96.4
2011	01-03	33.4	23-11	42.6	22-11	58.4	22-11	70.4	01-02	80.0
2012	08-03	41.2	08-03	64.6	31-10	81.6	31-10	112.2	31-10	114.2
2013	01-12	37.8	01-12	73.6	01-12	90.8	30-11	120.0	30-11	146.8
2014	05-11	30.0	07-11	44.0	07-11	51.4	07-11	56.8	01-02	79.6
2015	20-01	13.0	25-11	21.2	25-11	32.8	01-11	46.6	07-03	69.0
2016	08-09	23.6	08-09	32.8	27-10	40.2	07-09	49.6	27-10	67.6
2017	11-09	30.2	11-09	33.8	11-09	33.8	23-01	46.8	23-01	75.8
2018	05-10	36.6	05-10	79.4	05-10	96.6	05-10	111.4	05-10	212.2
2019	16-07	43.0	16-07	58.6	16-07	73.6	15-07	73.6	15-07	74.8
2020	17-09	73.8	17-09	143.0	17-09	158.8	17-09	167.4	16-09	168.2
2021	25-11	21.8	25-11	27.4	25-11	39.8	25-11	40.6	24-10	46.2
2022	04-12	31.8	04-12	46.4	03-12	46.8	29-11	55.8	26-11	68.



**Stazione di Cutro (KR) (cod. 1710)****Piogge massime annuali di durata 1-3-6-12-24 ore****SERIE DEI MASSIMI ANNUALI (32 anni disponibili)**

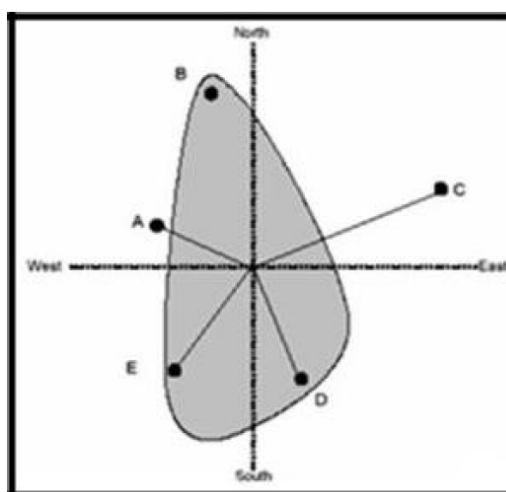
Anno	Data	Max 1 h	Data	Max 3 h	Data	Max 6 h	Data	Max 12 h	Data	Max 24 h
1962	09-11	61.0	09-11	79.4	09-11	79.6	09-11	129.3	09-11	133.7
1964	01-11	28.6	01-11	36.0	01-11	38.8	01-11	45.0	28-01	74.0
1965	22-09	61.0	22-09	114.3	22-09	116.8	21-09	132.7	21-09	152.9
1966	06-09	35.4	06-09	35.4	07-12	44.2	07-12	54.2	06-12	71.8
1967	21-08	14.4	21-08	14.4	18-02	28.8	17-02	37.4	06-02	59.4
1973	27-10	60.8	27-10	72.0	27-10	79.8	25-10	102.6	25-10	124.1
1980	10-01	16.8	10-01	39.6	10-01	50.0	10-01	64.6	06-03	71.8
1981	21-01	6.2	21-01	15.8	20-01	25.8	20-01	48.0	20-01	60.6
1982	28-10	17.4	22-03	34.4	22-03	56.8	22-03	89.4	24-01	101.6
1984	20-09	20.2	20-09	36.0	20-09	44.4	19-09	50.2	28-12	69.8
1985	30-10	37.4	30-10	72.6	29-10	107.8	29-10	109.3	29-10	125.5
1986	30-10	24.4	30-10	46.2	29-10	77.4	19-10	138.5	28-10	184.9
1987	28-11	21.2	28-11	28.4	28-11	29.6	01-10	31.4	30-09	58.4
1998	25-09	25.6	25-09	29.8	25-03	42.4	25-03	51.2	24-03	67.2
1999	09-11	15.4	09-11	26.8	08-11	35.6	08-11	47.6	08-11	58.8
2000	22-06	49.8	22-06	49.8	22-06	49.8	30-09	66.0	08-09	84.8
2001	14-01	29.8	14-01	61.8	14-01	74.2	14-01	96.8	14-01	118.2
2002	12-09	31.2	12-09	32.0	24-05	35.8	24-05	51.6	24-05	63.0
2003	14-10	32.2	14-10	72.6	14-10	90.0	14-10	105.6	14-10	168.0
2004	17-06	47.8	09-12	55.2	09-12	99.2	09-12	130.6	09-12	130.8
2005	24-05	23.8	24-05	40.2	24-05	40.2	24-05	40.4	11-12	46.0
2006	26-09	44.2	26-09	78.0	26-09	80.6	25-09	80.6	22-12	83.6
2007	10-10	21.4	25-09	28.4	25-09	31.2	16-12	40.8	16-12	49.6
2008	28-11	23.6	07-11	37.8	04-12	41.8	03-12	53.0	03-12	91.0
2009	09-01	31.0	25-09	60.0	26-09	81.4	26-09	110.6	26-09	165.0
2010	03-09	33.8	03-09	50.4	18-10	80.8	18-10	115.0	18-10	131.0
2011	23-11	47.0	22-11	81.0	23-11	115.2	22-11	154.2	22-11	155.4
2012	08-03	25.0	08-03	41.4	31-10	54.2	31-10	71.0	22-02	103.6
2013	21-02	34.2	01-12	49.8	01-12	76.8	01-12	119.2	30-11	146.4
2014	05-11	37.6	05-11	39.6	07-11	48.0	07-11	61.0	01-02	93.6
2015	10-10	12.8	08-03	22.0	08-03	30.0	07-03	50.8	07-03	77.4
2016	25-11	46.2	08-09	74.2	08-09	78.6	07-09	87.6	07-09	92.6

**Stazione di Botricello (CZ) (cod. 1760)****Piogge massime annuali di durata 1-3-6-12-24 ore****SERIE DEI MASSIMI ANNUALI (15 anni disponibili)**

<b>Anno</b>	<b>Data</b>	<b>Max 1 h</b>	<b>Data</b>	<b>Max 3 h</b>	<b>Data</b>	<b>Max 6 h</b>	<b>Data</b>	<b>Max 12 h</b>	<b>Data</b>	<b>Max 24 h</b>
2002	28-08	36.0	12-09	38.0	02-09	41.2	24-05	53.6	24-05	70.0
2003	01-08	57.6	01-08	77.6	01-08	78.0	01-08	79.8	01-08	95.0
2004	10-12	23.6	09-12	42.2	09-12	64.0	09-12	89.2	09-12	90.4
2005	07-10	69.6	07-10	99.4	07-10	103.0	07-10	105.0	07-10	105.6
2006	26-09	34.4	25-09	46.2	25-09	46.6	25-09	46.6	25-09	49.8
2007	25-10	33.2	25-10	34.6	25-10	36.6	25-09	40.6	25-09	40.8
2008	06-11	38.0	06-11	40.2	03-12	42.8	03-12	54.8	03-12	74.0
2009	25-09	39.6	09-01	52.0	13-01	65.8	13-01	104.8	26-09	132.0
2010	03-09	23.2	18-10	30.2	18-10	44.8	18-10	61.2	18-10	67.0
2011	23-11	46.8	22-11	89.6	22-11	127.0	22-11	127.2	22-11	127.6
2012	10-10	26.6	31-10	33.4	31-10	51.0	22-02	65.6	22-02	90.4
2013	18-11	26.2	15-11	39.2	15-11	44.6	15-11	57.2	15-11	64.4
2014	04-10	20.4	04-10	31.8	03-02	56.0	03-02	79.8	02-02	99.4
2015	20-09	16.8	01-11	25.6	01-11	44.2	01-11	78.8	31-10	97.4
2016	10-10	18.6	25-11	22.6	25-11	38.8	25-11	45.0	25-11	52.4

## 10.2 Spazializzazione delle precipitazioni

Per la generazione dello ietogramma di progetto, dal momento che le stazioni pluviometriche prima citate, non rientrano nel bacino di studio e al fine di non creare discrepanza tra modellazione pluviometrica e ietogramma di progetto, si è adottato il metodo dell'inverso del quadrato della distanza dei pluviometri. In pratica, si valuta la quantità di pioggia nel baricentro del bacino utilizzando i dati delle stazioni pluviometriche più vicine al nodo stesso e tenendo conto anche della distanza baricentro-pluviometro.



*Metodo dell'inverso del quadrato della distanza*

Il contributo di ciascuna stazione pluviometrica nel punto considerato si calcola con la seguente equazione, facendo riferimento per esempio alla stazione A della figura sopra:

$$W_A = \frac{\frac{1}{d_A^2}}{\frac{1}{d_A^2} + \frac{1}{d_C^2} + \frac{1}{d_D^2} + \frac{1}{d_E^2}}$$

Una volta calcolati i pesi, si calcola l'ordinata del pluviogramma al tempo t, utilizzando la seguente formula:

$$p_i(t) = W_A p_A(t) + W_C p_C(t) + W_D p_D(t) + W_E p_E(t)$$

A questo punto, la pioggia totale sul bacino di riferimento, si calcola con la seguente formula:

$$p_M = \frac{\sum_i (w_i \sum_i p_i(t))}{\sum_i w_i}$$

Dove con

$p_M$  è indicata la precipitazione media areale sul bacino;

$p_i(t)$  è l'altezza di pioggia misurata al tempo  $t$  dalla stazione pluviometrica

$w_i$  è il peso assegnato al contributo della stazione

<b>SOTTOBACINO A - Distanza e peso dei pluviometri considerati</b>			
	<b>Isola Capo Rizzuto Campolongo</b>	<b>Cutro</b>	<b>Botricello</b>
<b>Distanza (Km)</b>	7,6	6,2	12
<b>Peso <math>W_i</math></b>	0,344	0,517	0,138

<b>SOTTOBACINO B - Distanza e peso dei pluviometri considerati</b>			
	<b>Isola Capo Rizzuto Campolongo</b>	<b>Cutro</b>	<b>Botricello</b>
<b>Distanza (Km)</b>	7,5	8,5	9,6
<b>Peso <math>W_i</math></b>	0,418	0,325	0,255

<b>SOTTOBACINO C - Distanza e peso dei pluviometri considerati</b>			
	<b>Isola Capo Rizzuto Campolongo</b>	<b>Cutro</b>	<b>Botricello</b>
<b>Distanza (Km)</b>	12	15,5	3,2
<b>Peso <math>W_i</math></b>	0,063	0,038	0,897

Calcolati i pesi, si passa alla costruzione della curva di possibilità pluviometrica.

SOTTOBACINO A - Media dei massimi di pioggia				Progetto
Durata (ore)	Isola Capo Rizzuto Campolongo	Cutro	Botricello	Calcolato
1	29,9	31,8	34,2	31,4
3	44,3	48,6	46,8	46,9
6	55,5	61,4	59,0	59,0
12	68,2	90,2	72,6	75,0
24	86,4	99,4	83,7	93,3

SOTTOBACINO B - Media dei massimi di pioggia				Progetto
Durata (ore)	Isola Capo Rizzuto Campolongo	Cutro	Botricello	Calcolato
1	29,9	31,8	34,2	31,6
3	44,3	48,6	46,8	46,3
6	55,5	61,4	59,0	58,3
12	68,2	90,2	72,6	73,2
24	86,4	99,4	83,7	90,3

SOTTOBACINO C - Media dei massimi di pioggia				Progetto
Durata (ore)	Isola Capo Rizzuto Campolongo	Cutro	Botricello	Calcolato
1	29,9	31,8	34,2	33,7
3	44,3	48,6	46,8	46,7
6	55,5	61,4	59,0	58,8
12	68,2	90,2	72,6	72,6
24	86,4	99,4	83,7	84,6

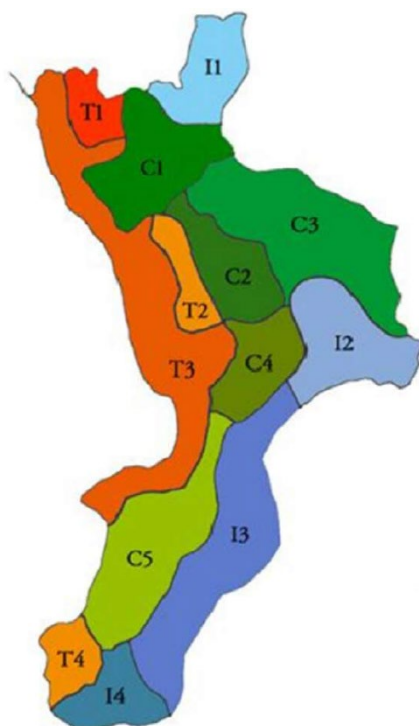
## 10.3 Regionalizzazione

Nell’ambito del progetto VaPi Calabria, è stato realizzato uno studio di regionalizzazione delle piogge suddiviso in tre zone omogenee. Le risultanze del progetto VaPi, vengono qui utilizzati per la definizione dell'evento pluviometrico caratteristico dell’area studiata.

Si determina prima la zona omogenea di appartenenza e quindi la relativa sottozona, che nel nostro caso sono:

- I e II livello di regionalizzazione      **Sottozona Ionica**
- III livello di regionalizzazione      **Sottozona ionica I2**

L’area di progetto, così come il bacino idrografico sotteso ricade interamente nella sottozona I2 “Marchesato” (vedi figura seguente).



*Sottozone omogenee Calabria*

I valori dei parametri caratteristici per il primo e secondo livello di regionalizzazione sono:

PIOGGE – Parametri regionali				
Sottozona	$\vartheta *$	$\Lambda *$	$\hat{\Lambda}_1$	$\eta$
Tirrenica	2.154	0.418	48.914	5.173
Centrale			22.878	4.414
Ionica			10.987	3.681

Nella tabella seguente sono invece, riportati i valori del fattore di crescita  $K_T$  relativi ai tempi di ritorno più comunemente usati:

VALORI DEL FATTORE DI CRESCITA $K_T$			
T	Tirrenico	Centrale	Ionico
10	1,45	1,53	1,63
20	1,69	1,81	1,97
50	2,04	2,22	2,46
100	2,32	2,54	2,85
200	2,60	2,87	3,25
500	2,98	3,32	3,78

# 11 ANALISI IDROLOGICA

La metodologia qui utilizzata, fa riferimento al secondo livello di regionalizzazione. Da questo momento, lo studio pluviometrico è così articolato:

- 1) Determinazione dei parametri delle curve di possibilità pluviometrica, e calcolo della pioggia indice.
- 2) Determinazione delle altezze di pioggia per durata pari al tempo di corrivazione di ciascun bacino interferente con l'opera in progetto, per i tempi di ritorno pari a  $T_r=50$  anni,  $T_r=100$  anni,  $T_r=200$  anni, mediante l'applicazione dei coefficienti di crescita indicati nel metodo VAPI per la sottozona omogenea in cui ricade l'opera.
- 3) Calcolo dei valori delle piogge nette mediante applicazione del metodo del CN.
- 4) Calcolo della portata al colmo dei corsi d'acqua interferiti con il metodo afflussi-deflussi, per i tempi di ritorno calcolati per ciascun bacino.

## 11.1 Determinazione dei parametri delle curve di possibilità pluviometrica

I valori di spazializzazione delle piogge, precedentemente calcolati, si moltiplicano per il  $K_T$  della zona omogenea di cui fa parte il bacino, che nel nostro caso è Ionico, e si ottengono i valori di pioggia per i differenti tempi di ritorno (50, 100 e 200 anni).

VALORI DI PIOGGIA PER DIFFERENTI TEMPI DI RITORNO Sottobacino A			
T (anni)	Durata (ore)	$K_T$ Ionico	Valori calcolati
50	1	2,46	77,2
	3		115,1
	6		145,1
	12		184,3
	24		228,0
100	1	2,85	89,5
	3		133,4
	6		168,2
	12		213,5
	24		264,2
200	1	3,25	102,1
	3		152,1
	6		191,8
	12		243,4
	24		301,3



<b>VALORI DI PIOGGIA PER DIFFERENTI TEMPI DI RITORNO Sottobacino B</b>			
<b>T (anni)</b>	<b>Durata (ore)</b>	<b>K<sub>T</sub> Ionico</b>	<b>Valori calcolati</b>
<b>50</b>	1	2,46	77,7
	3		113,7
	6		143,2
	12		179,8
	24		220,9
<b>100</b>	1	2,85	90,1
	3		131,7
	6		165,9
	12		208,3
	24		255,9
<b>200</b>	1	3,25	102,7
	3		150,2
	6		189,2
	12		237,6
	24		291,9

<b>VALORI DI PIOGGIA PER DIFFERENTI TEMPI DI RITORNO Sottobacino C</b>			
<b>T (anni)</b>	<b>Durata (ore)</b>	<b>K<sub>T</sub> Ionico</b>	<b>Valori calcolati</b>
<b>50</b>	1	2,46	82,9
	3		114,6
	6		144,6
	12		178,4
	24		207,4
<b>100</b>	1	2,85	96,3
	3		132,8
	6		167,6
	12		206,6
	24		240,3
<b>200</b>	1	3,25	109,9
	3		151,5
	6		191,1
	12		235,6
	24		274,0

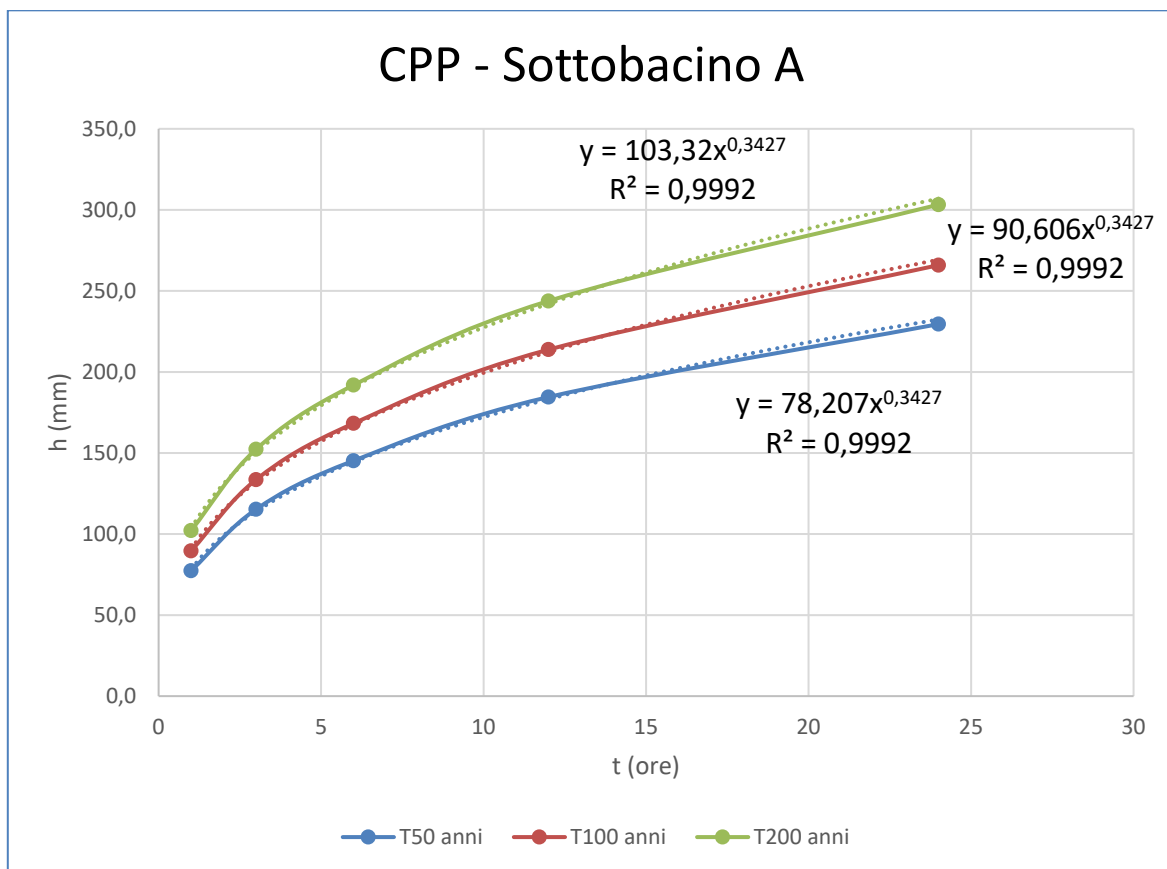
Sulla base di questi risultati, sono state ricavate le Curve di possibilità Pluviometrica CPP per i tre differenti tempi di ritorno, 50, 200 e 500 anni. Le curve di probabilità pluviometrica esprimono la relazione fra l'altezza di precipitazione  $h$  e la sua durata  $t$ , per un assegnato valore del periodo di ritorno  $T$ . La formula utilizzata per descrivere questa relazione è del tipo:

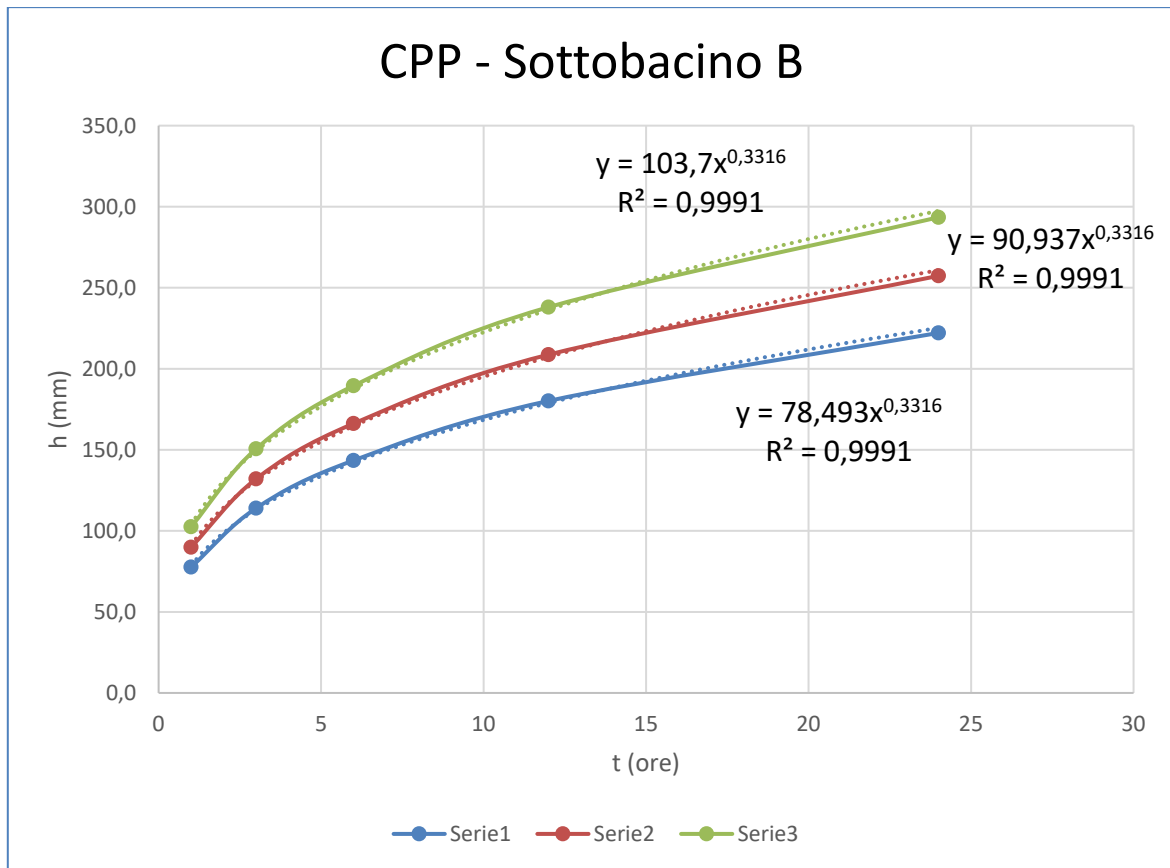
$$h_{t,T} = a \cdot t^n$$

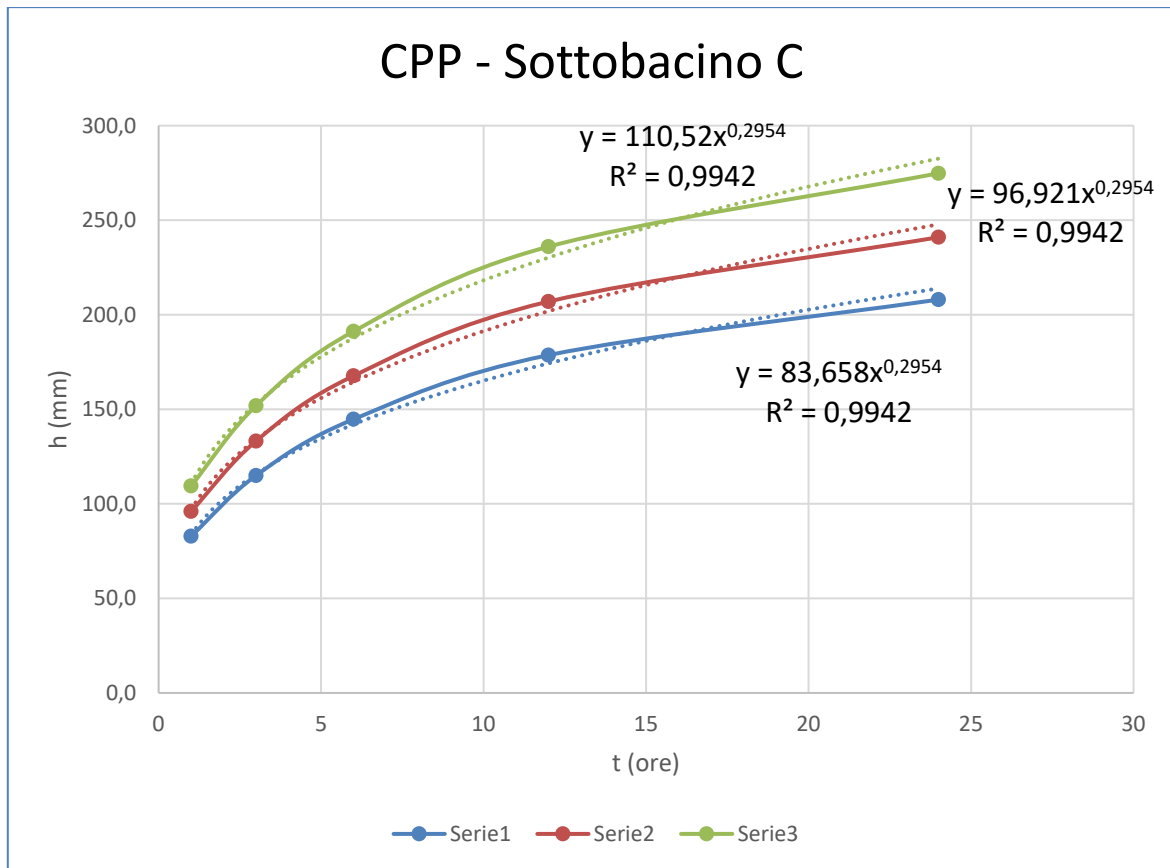
in cui:

- $h$ : altezza di precipitazione;
- $t$ : durata della precipitazione;
- $a$ ,  $n$ : coefficienti dipendenti dal periodo di ritorno.

Seguono le CPP per ogni sottobacino studiato.







In tabella i parametri a e n per i differenti tempi di ritorno e per ogni sottobacino.

PARAMETRI DELLA CPP			
	T	a	n
<b>Sottobacino A</b>	50	78,2	0,342
	100	90,6	0,342
	200	103,3	0,342
<b>Sottobacino B</b>	50	78,4	0,331
	100	90,9	0,331
	200	103,7	0,331
<b>Sottobacino C</b>	50	83,6	0,295
	100	96,9	0,295
	200	110,5	0,295

## 11.2 Formula di Bell

Per l'analisi delle Curve di Possibilità pluviometrica come imposta dal PAI, cioè l'analisi TCEV del VAPI, viene utilizzata la formula di Bell. Bell ha osservato che i rapporti  $r\delta$  tra le altezze di durata  $\tau$  molto breve ed inferiori alle due ore e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località in cui si verificano. Lo U.S. Water Bureau raccomanda per tempi di pioggia inferiore a mezz'ora l'adozione di una relazione empirica, derivata interamente da dati di breve durata; tale relazione mostra che il tempo in minuti in pioggia ha un rapporto costante con la pioggia della durata di 1 ora per lo stesso tempo di ritorno così come segue:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = 0,54 \cdot t^{0,25} - 0,50$$

In cui:

$h_{t,T}$ : altezza di pioggia espressa in mm di una durata  $t$  e tempo di ritorno  $T$ ;

$h_{60,T}$ : altezza di pioggia di durata 1 ora con determinato tempo di ritorno  $T$ ;

$t$ : durata di pioggia espressa in minuti.

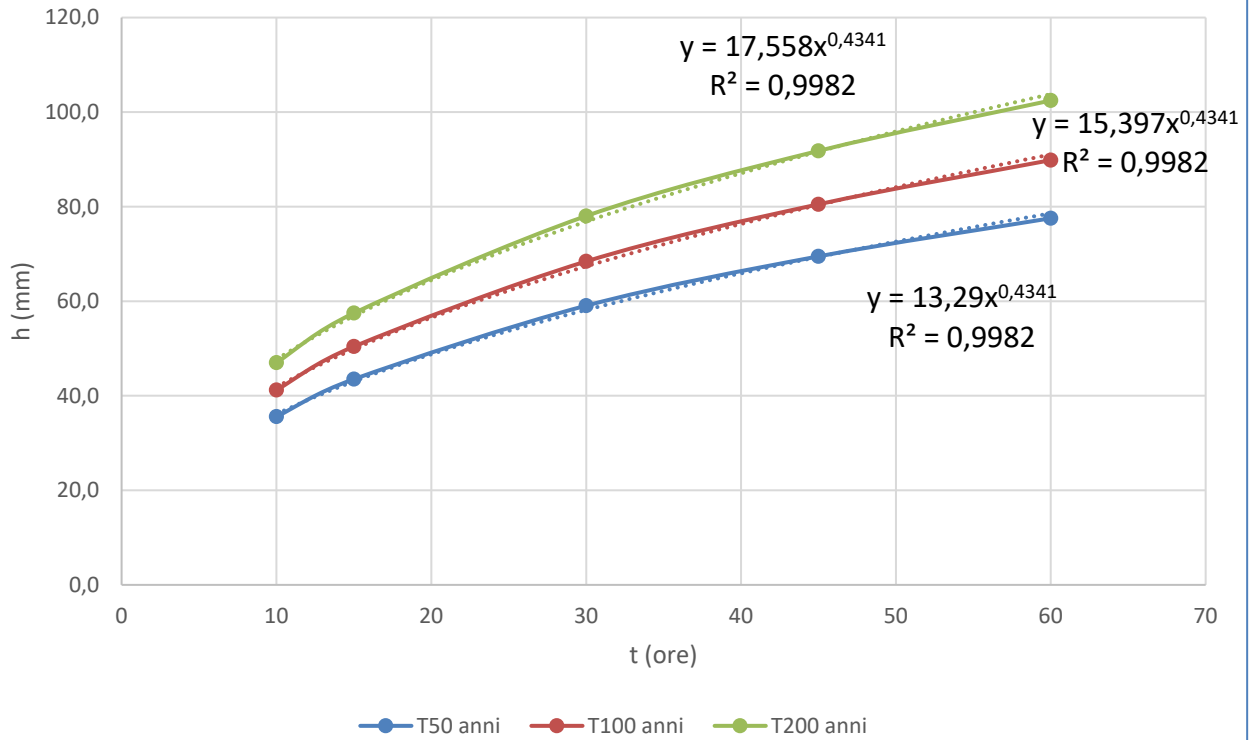
<b>SOTTOBACINO A - VALORI DEL FATTORE DI CRESCITA <math>K_T</math></b>			
<b>t(min)</b>	<b>H(T<sub>50</sub>)</b>	<b>H(T<sub>100</sub>)</b>	<b>H(T<sub>200</sub>)</b>
<b>10</b>	35,6	41,2	47,0
<b>15</b>	43,5	50,4	57,5
<b>30</b>	59,1	68,4	78,0
<b>45</b>	69,5	80,5	91,8
<b>60</b>	77,6	89,8	102,5

<b>SOTTOBACINO B - VALORI DEL FATTORE DI CRESCITA <math>K_T</math></b>			
<b>t(min)</b>	<b>H(T<sub>50</sub>)</b>	<b>H(T<sub>100</sub>)</b>	<b>H(T<sub>200</sub>)</b>
<b>10</b>	35,7	41,4	47,2
<b>15</b>	43,7	50,6	57,7
<b>30</b>	59,3	68,7	78,3
<b>45</b>	69,8	80,8	92,2
<b>60</b>	77,8	90,2	102,8

<b>SOTTOBACINO C - VALORI DEL FATTORE DI CRESCITA <math>K_T</math></b>			
<b>t(min)</b>	<b>H(T<sub>50</sub>)</b>	<b>H(T<sub>100</sub>)</b>	<b>H(T<sub>200</sub>)</b>
<b>10</b>	38,1	44,2	50,4
<b>15</b>	46,6	54,0	61,6
<b>30</b>	63,3	73,3	83,6
<b>45</b>	74,5	86,3	98,4
<b>60</b>	83,1	96,3	109,8

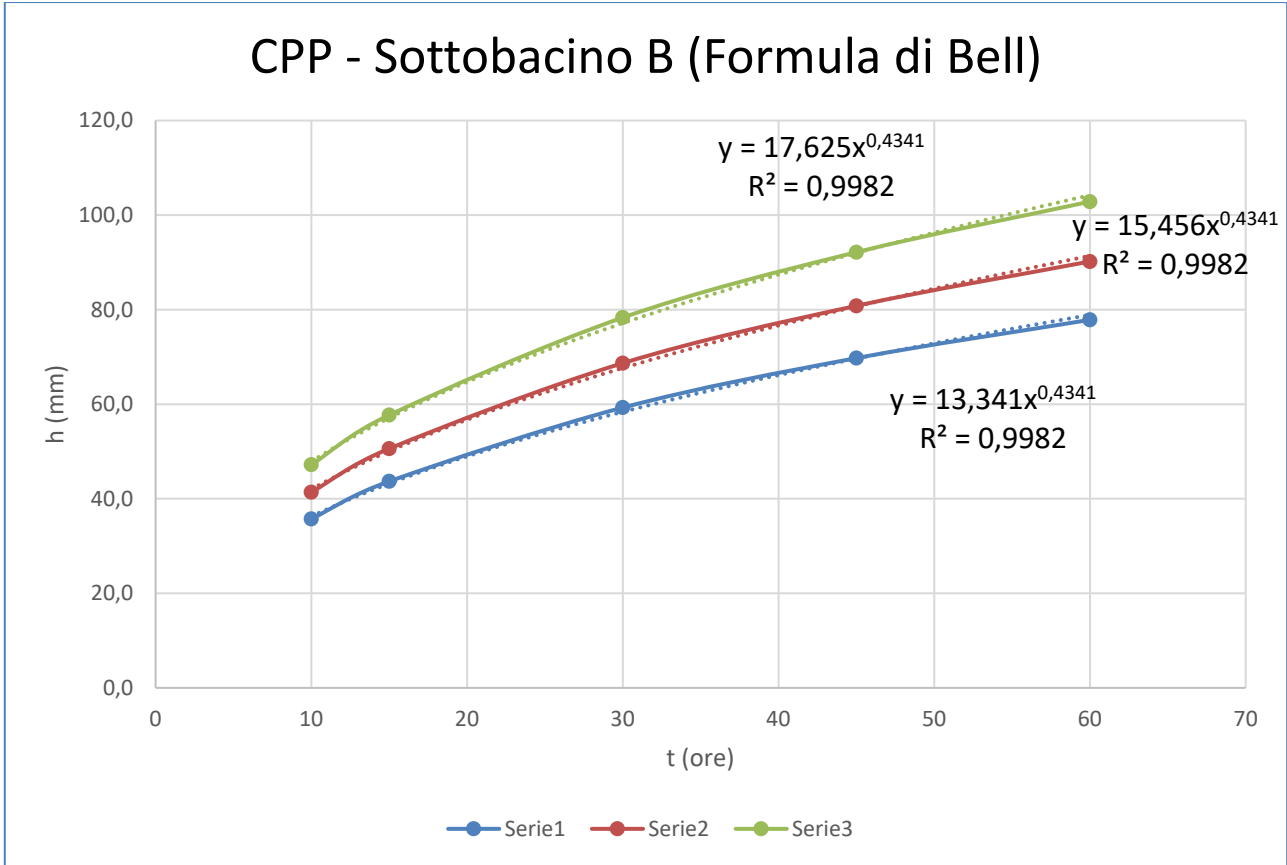
Nota l'altezza di pioggia  $h_\tau$  relativa all'evento di durata  $\tau$  ( $5 < \tau < 120$  min), valutata sulla base dei parametri relative alle CPP considerate (parametro  $a = h_{60,Tr}$ ) e la relazione di Bell, passando ai logaritmi, le coppie altezza di pioggia-durata vengono regolarizzate con l'equazione di una retta dove il termine noto indica il parametro  $a'$  e il coefficiente angolare rappresenta il parametro  $n'$ . I parametri delle curve di possibilità pluviometrica per differenti tempi di ritorno e durata inferiore ad un'ora sono riportati di seguito, con tempo  $\tau$  espresso sia in minuti ( $a(\text{mm}/\text{min}^n)$ ) sia in ore ( $a(\text{mm}/\text{ore}^n)$ ).

### CPP - Sottobacino A (Formola di Bell)



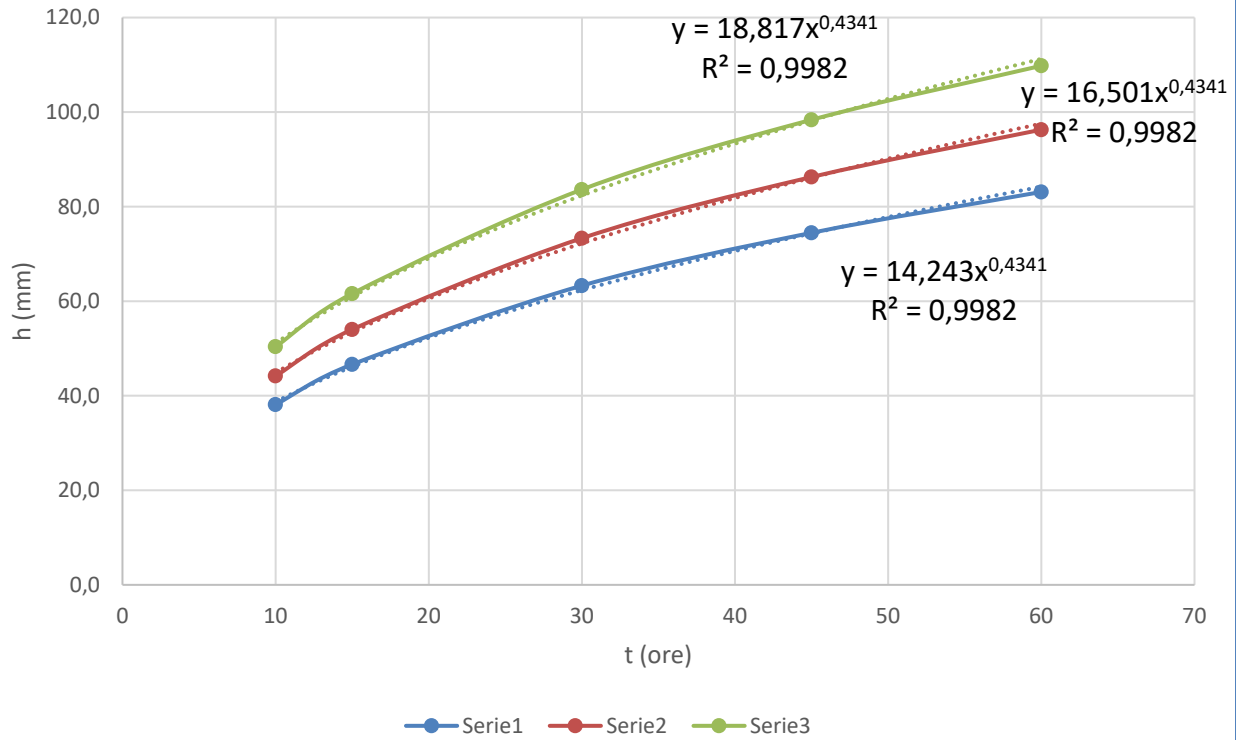
Sottobacino A Parametri della CPP per t < 60 minuti		
T	a (mm/min)	n
50	13,2	0,434
100	15,3	0,434
200	17,5	0,434





Sottobacino B Parametri della CPP per t < 60 minuti		
T	a (mm/min)	n
<b>50</b>	13,3	0,434
<b>100</b>	15,4	0,434
<b>200</b>	17,6	0,434

### CPP - Sottobacino C (Formola di Bell)



Sottobacino C Parametri della CPP per t < 60 minuti		
T	a (mm/min)	n
50	14,2	0,434
100	15,5	0,434
200	18,8	0,434

<b>Sottobacino A</b>					
Herit di pioggia con tempi di ritorno "Tr"					
<b>Tr (anni)</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>45</b>	<b>60</b>
<b>50</b>	35,694	43,639	59,232	69,687	77,775
<b>100</b>	41,353	50,557	68,622	80,735	90,106
<b>200</b>	47,157	57,653	78,253	92,067	102,752

<b>Sottobacino B</b>					
Herit di pioggia con tempi di ritorno "Tr"					
<b>Tr (anni)</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>45</b>	<b>60</b>
<b>50</b>	35,831	43,806	59,460	69,955	78,075
<b>100</b>	41,512	50,751	68,886	81,046	90,452
<b>200</b>	47,338	57,874	78,554	92,421	103,147

<b>Sottobacino C</b>					
Herit di pioggia con tempi di ritorno "Tr"					
<b>Tr (anni)</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>45</b>	<b>60</b>
<b>50</b>	38,253	46,767	63,478	74,683	83,351
<b>100</b>	44,317	54,181	73,542	86,523	96,565
<b>200</b>	50,537	61,786	83,863	98,667	110,118

Una volta noti i parametri per differenti tempi di ritorno, è possibile ricavare gli ietogrammi di progetto che saranno l'input dei modelli afflussi-deflussi. La determinazione degli ietogrammi di progetto è stata fatta sulla base della loro congruenza con la curva di probabilità pluviometrica, ovvero la massima altezza di precipitazione di durata pari al tempo di corrivazione del bacino, in modo da avere la massima risposta in termini di portata di picco. Tale condizione si può realizzare con diverse forme di ietogramma. La scelta della forma è soggettiva e, in questo caso, legata agli effetti che può produrre sulle portate.

# 12 STIMA DELLE PORTATE

Sulla base della schematizzazione adottata dei sottobacini idrografici A, B e C, e dei dati di pioggia ottenuti come specificato in precedenza si è proceduto alla simulazione idrologica degli eventi di pioggia con tempo di ritorno rispettivamente pari a 50, 100 e 200 anni e durata di 1 ora, utilizzando il metodo razionale per la determinazione della portata di piena.

La portata di dimensionamento è determinata attraverso la seguente relazione:

$$Q_{max} = \frac{c \cdot h_{(t,T)} \cdot S}{3,6 \cdot t_c}$$

dove:

Q, indica la portata di pioggia massima [mc/sec];

c, coefficiente di deflusso [-], posto pari a 0,45 per i sottobacini A e B, e 0,4 per il sottobacino C;

$h_{(t,T)}$ , è altezza critica di pioggia [mm];

A, indica l'area del bacino in esame [kmq]

$T_c$ , tempo di corrivazione [ore];

3,6, fattore di conversione

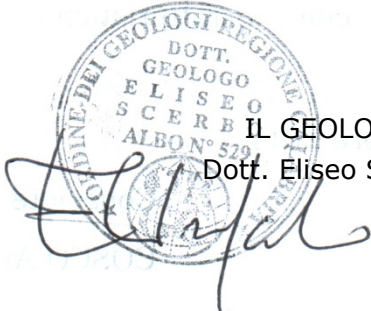
BACINO A			
Tempo	Formula	Q (mc/s)	Qspec (mc/sec/kmq)
50	$Q_{max} = \frac{ch_{(t,T)}S}{3.6t_c}$	116,05	5,28
100		134,45	6,11
200		153,32	6,97

BACINO B			
Tempo	Formula	Q (mc/s)	Qspec (mc/sec/kmq)
50	$Q_{\max} = \frac{ch_{(t, T)}S}{3.6t_c}$	21,17	10,58
100		24,53	12,26
200		27,97	13,98

BACINO C			
Tempo	Formula	Q (mc/s)	Qspec (mc/sec/kmq)
50	$Q_{\max} = \frac{ch_{(t, T)}S}{3.6t_c}$	55,84	7,98
100		64,69	9,24
200		73,77	10,54

Le elaborazioni eseguite hanno permesso di ottenere una stima della portata di progetto, utile per la definizione delle caratteristiche geometriche di eventuali opere idrauliche. **Si precisa ancora, che nessuna opera andrà ad interferire con le varie diramazione del reticolo idrografico, per cui il deflusso naturale delle acque di scorrimento non subirà variazione.** Infine, in fase esecutiva bisognerà ripetere la stima della portata riducendo la dimensione dei sottobacini, in modo da avere una analisi ancora più puntuale.

Isola di Capo Rizzuto, giugno 2023


 IL GEOLOGO  
 Dott. Eliseo Scerbo