

**IMPIANTO AGROVOLTAICO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE SOLARE  
DENOMINATO "BRINDISI VALLONE" DI POTENZA NOMINALE PARI A 29,925 MVA E  
POTENZA INSTALLATA PARI A 33,468 MW, DA REALIZZARSI IN AREA SIN BRINDISI**

**REGIONE PUGLIA  
PROVINCIA di BRINDISI  
COMUNE di BRINDISI  
Località Masseria Baraccone (Area SIN)**

**PROGETTO DEFINITIVO  
Id AU 1JAXB41**

Tav.:  
  
**R21  
agg.**

Titolo:

**Relazione Idrologica**

Scala:

Formato Stampa:

Codice Identificatore Elaborato

n.a.

**A4**

**1JAXB41\_RelazioneIdrologica\_21-agg.**

Progettazione:

Committente:

**STC S.r.l.**



Via V. M. STAMPACCHIA, 48 - 73100 Lecce  
Tel. +39 0832 1798355  
fabio.calcarella@gmail.com - fabio.calcarella@ingpec.eu

Direttore Tecnico: Dott. Ing. Fabio CALCARELLA

Dott. Geol. Gianluca SELLERI  
Via Francesco Lo RE, 6  
73100 - LECCE  
Tel: +39 3929534082  
E-mail: geologgianlucaselieri@gmail.com



**Stern PV 2 S.r.l.**



Sede Legale Via Leonardo Da Vinci 12

39100 Bolzano – PEC [sternpv2srl@pec.it](mailto:sternpv2srl@pec.it)

*S. Selleri*

Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Luglio 2020	Prima emissione	GS	FC	Stern PV 2 S.r.l.
Luglio 2021	Aggiornamento Opere di Connessione	GS	FC	Stern PV 2 S.r.l.

# Comune di Brindisi

Provincia di Brindisi

## ***Relazione idrologica***

Studio idrologico ed idraulico dei terreni  
interessati dall'impianto fotovoltaico  
denominato "Vallone"

Il Tecnico

Dott. Geol. Gianluca Selleri



Lecce, luglio 2021

## Sommario

1	PREMESSA .....	2
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	4
3	CARATTERI GEOLOGICI .....	5
4	CARATTERI GEOMORFOLOGICI E DINAMICA AMBIENTALE .....	7
5	STUDIO IDROLOGICO .....	7

## **1 PREMESSA**

Lo studio idrologico di cui si relazione è stato redatto a supporto dell'intervento di realizzazione dell'impianto fotovoltaico denominato "Vallone" ubicato in Comune di Brindisi (BR) in corrispondenza di un gruppo di terreni prossimi a Masseria Baraccone, (poco distante dalla centrale elettrica Federico II). Il cavidotto a servizio del campo fotovoltaico invece corre lungo la viabilità secondaria per vari chilometri fino a raggiungere la stazione elettrica che si trova immediatamente ad Ovest del centro abitato di Tutturano (Fig. 1.1).

L'intervento, in estrema sintesi, consiste nella realizzazione di un parco fotovoltaico su un terreno agricolo attualmente destinato a seminativo e del relativo cavidotto ed opere necessarie per il collegamento alla rete elettrica.

Lo studio di che trattasi è stato condotto, secondo le disposizioni normative vigenti, al fine di verificare la compatibilità delle previsioni di progetto con l'assetto idrologico del territorio in cui esso ricade. Si è proceduto quindi alla redazione del presente studio atto a verificare la compatibilità delle previsioni di progetto rispetto alle condizioni di pericolosità idraulica determinate dalla presenza della rete idrografica attraverso un'analisi svolta a scala di bacino riguardante i seguenti specifici aspetti:

- caratteri idrografici;
- caratteri altimetrici;
- caratteri geologici, idrogeologici e geomorfologici;
- caratteri pedologici;
- caratteri di uso del suolo.

Tale analisi è stata condotta con i software Quantum GIS, SAGA Gis e GRASS Gis, integrando i dati di rilievo originali (dati geologico-stratigrafici, permeabilità dei terreni, uso del suolo) con quelli di letteratura specialistica disponibili sul sito <http://www.sit.puglia.it/> relativi a:

- Modello Digitale del terreno della Regione Puglia in formato raster (estensione .asc),
- Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia in formato vettoriale (estensione .shp),
- Carta Pedologica della Regione Puglia in formato vettoriale (estensione .shp),
- Carta di Uso del Suolo della Regione Puglia in formato vettoriale (estensione .shp).

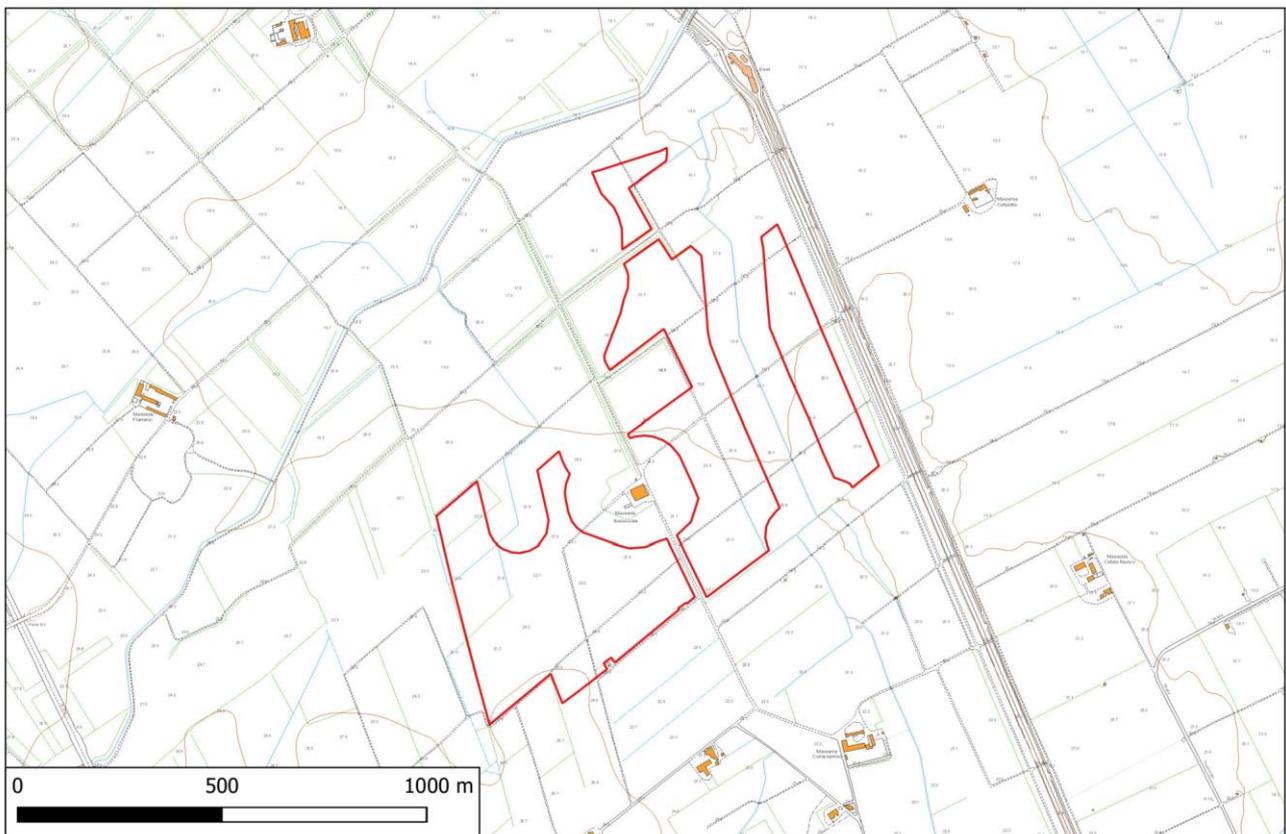


Fig. 1.1 - Individuazione su ortofoto puglia 2016 sito di progetto e del relativo cavidotto

## 2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il sito di interesse è ubicato nel settore meridionale del territorio comunale di Brindisi, a ridosso del confine amministrativo con il comune di San Pietro Vernotico. I caratteri geologici e geomorfologici distintivi di questo territorio sono la sostanziale uniformità litologica del substrato geologico, la piatezza altimetrica e la sua generale pendenza da Ovest ad Est e la presenza di una fitta rete di drenaggio, in gran parte di origine antropica, che convoglia le acque di pioggia verso il Mare Adriatico. Quest'area ricade integralmente nei Fogli 495 Mesagne e 496 Squinzano del grigliato IGM 1:50000.

Le aree direttamente interessate dall'impianto fotovoltaico sono prossime a Masseria Baraccone e si trovano ad una quota topografica variabile tra 20 m e 22 m slm (Fig. 2.1). Tali aree sono praticamente spoglia di vegetazione essendo attualmente destinatae prevalentemente a seminativo o incolte.



*Fig. 2.1 – Stralcio della CTR Puglia rispetto all'area del campo fotovoltaico*

Il cavidotto a servizio del campo fotovoltaicio invece corre lungo la viabilità secondaria per circa 11 km fino a raggiungere la stazione elettrica che si trova immediatamente ad Ovest del centro abitato di Tutturano.

Gli elementi antropici più rilevanti dell'area vasta in cui ricade il sito di progetto sono l'abitato di Tutturano, frazione di Brindisi, la SS 16, la SS 613, la linea ferroviaria e varie strade provinciali, la centrale elettrica Federico II.

### **3 CARATTERI GEOLOGICI**

#### **3.1 Litologia e stratigrafia della parte superficiale della serie geologica affiorante**

Il sito di interesse ricade in una vasta area pianeggiante caratterizzata da una sostanziale uniformità del substrato geologico. In questo settore, infatti, affiorano esclusivamente depositi sabbiosi e limoso-sabbiosi di litologia carbonatico-terrigena con intervalli calcarenitici ed arenitici (frequenti soprattutto nella parte alta), passanti verso il basso a terreni più francamente argillosi di colore grigio o verdastro, riferiti in letteratura geologica al complesso dei Depositi marini terrazzati. Come evidenziato dai numerosi pozzi emungenti realizzati nell'area, hanno una potenza complessiva compresa tra 15 e 40 metri. La parte sabbioso-limosa ha uno spessore massimo di 15 m mentre localmente, soprattutto laddove la potenza complessiva della successione è ridotta, la parte più francamente argillosa può anche essere assente.

Questi litotipi, sulla base al contesto geomorfologico e stratigrafico, sono databili al Pleistocene medio ed attribuibili alla unità informale dei Depositi Marini Terrazzati. Sulla Carta Geologica d'Italia i Depositi Marini Terrazzati sono indicati sia come Formazione di Gallipoli che come Calcarenite del Salento ed attribuiti genericamente al Quaternario o al Calabriano.

#### ***Idrogeologia***

I caratteri di permeabilità della serie geologica presente nell'area vasta in cui ricadono i siti di progetto permettono l'esistenza di due acquiferi sovrapposti, uno profondo ed uno superficiale, separati da un aquicludo/aquitardo nel presente lavoro denominati rispettivamente:

- acquifero calcareo: corrisponde alla successione carbonatica del Cretaceo ed alla Calcarenite di Gravina (non affioranti). È permeabile prevalentemente per fessurazione e carsismo. In genere è molto permeabile ed ospita la falda di base; localmente in profondità può essere caratterizzato dalla presenza di modesti volumi impermeabili;

- acquifero sabbioso: corrisponde alla parte alta dei Depositi marini terrazzati. È permeabile esclusivamente per porosità; ospita una falda superficiale sulla quale si hanno scarsi dati in letteratura scientifica.

I due acquiferi sono separati da un aquicludo/aquitardo rappresentato dai terreni argillosi ascrivibili alla parte stratigraficamente più bassa dei Depositi marini terrazzati. Per la presenza di questo corpo impermeabile la falda di base può rinvenirsi anche in pressione.

La falda superficiale è contenuta nei Depositi marini terrazzati. La sua presenza è riportata anche sul PTA; si tratta tuttavia di un livello idrico alquanto discontinuo e di scarsa produttività la cui piezometrica si attesta a qualche metro di profondità al di sotto del p.c..

Le modalità di deflusso di questa falda dipendono esclusivamente dalla geometria del substrato impermeabile che la sostiene. In generale comunque la mobilità delle acque è bassa ed i tempi di rinnovamento delle stesse sono elevati. Le portate estraibili dai singoli pozzi sono generalmente modeste e comunque di norma inferiori a 0,5 l/s. I valori di salinità sono variabili ma comunque in generale bassi e dipendono esclusivamente dai tempi di contatto tra l'acqua ed il substrato argilloso oltre che dalla vicinanza della costa.



Fig. 3.2.1 – Isofreatiche della falda superficiale (dal PTA)

#### 4 CARATTERI GEOMORFOLOGICI E DINAMICA AMBIENTALE

Il sito di intervento ricade in un settore caratterizzato da un paesaggio fisico poco articolato altimetricamente, con quote topografiche comprese tra 20 m slm (campo fotovoltaico) e 61 m slm (sottostazione elettrica), attraversato da fitta rete di drenaggio (si veda Fig. 1.1), in parte di origine antropica, che permette il deflusso delle acque meteoriche verso mare. Nello specifico l'area di impianto ed il relativo cavidotto sono ricompresi integralmente nel bacino idrografico del Canale Fiume Grande e nel bacino idrografico del Canale Foggia di Rau. L'alveo di magra di questi corsi d'acqua è regimentato e fisso. Essi inoltre hanno un regime pluviale e carattere temporaneo o occasionale, di conseguenza le piene sono in diretta connessione con le precipitazioni meteoriche e sono innescate dagli eventi pluviometrici intensi.

#### 5 STUDIO IDROLOGICO

Nel presente paragrafo si è proceduto alla definizione delle portate al colmo prodotte da eventi critici di pioggia con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni rispetto ai 3 sottobacini (Fig. 5.1), 2 dei quali ricadono nel bacino del canale Fiume Grande (sottobacini 2 e 3) ed 1 è relativo al bacino del canale Foggia di Rau (sottobacino 1), rispetto ai quali esiste interazione con le aree di progetto (impianto e cavidotto).

Le interferenze sono:

1. Il **cavidotto** ricade immediatamente a monte della testata dell'asta principale del **sottobacino 3** (bacino del canale Fiume Grande) nel punto di coordinate WGS84 UTM 33 N: 746338E – 4492883N;
2. Il **cavidotto** intercetta l'asta fluviale principale del **sottobacino 2** nel punto di coordinate WGS84 UTM 33 N: 747360E – 4493154N.
3. Il **cavidotto** intercetta l'asta fluviale principale del **sottobacino 1** nel punto di coordinate WGS84 UTM 33 N: 748944E – 4492550N e corre parallelo a tale segmento fluviale (mantenendosi a pochi metri di distanza dal ciglio dell'alveo) fino al punto di coordinate 750212E – 4493584N;
4. Il **cavidotto** intercetta l'asta fluviale principale del **sottobacino 1** nel punto di coordinate WGS84 UTM 33 N: 750745E – 4493703N;
5. Il **cavidotto** intercetta un'asta fluviale secondaria del **sottobacino 1** nel punto di coordinate WGS84 UTM 33 N: 751569E – 4494607N e corre parallelo a tale segmento fluviale ed all'asta principale (mantenendosi a pochi metri di distanza dal ciglio dell'alveo) tra il punto di coordinate 751562E – 4494419N ed il punto di coordinate 751815E – 4494782N;

6. Il **cavidotto** intercetta un'asta fluviale secondaria del **sottobacino 1** nel punto di coordinate WGS84 UTM 33 N: 752086E - 4494830N;

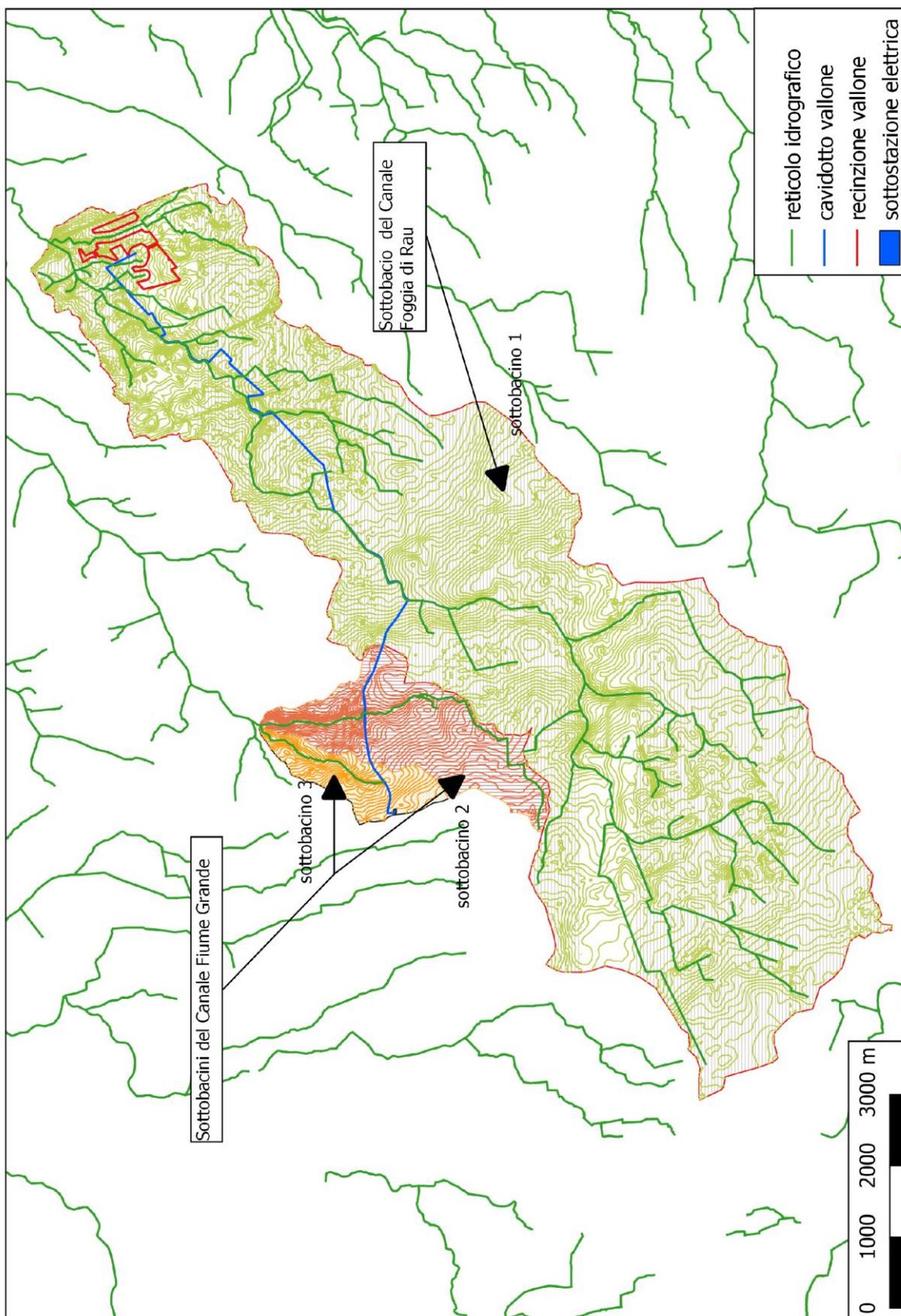


Fig. 5.1 - Sottobacini idrografici studiati

7. Il **cavidotto** corre parallelo all'asta principale del **sottobacino 1** (mantenendosi a pochi metri di distanza dal ciglio dell'alveo) tra il punto di coordinate WGS84 UTM 33 N 752296E – 4495332N ed il punto 752659E – 4495997N. Nello stesso tratto intercetta un'asta secondaria nel punto 752565E – 4495708N;
8. Il **cavidotto** intercetta un'asta fluviale secondaria del **sottobacino 1** nel punto di coordinate WGS84 UTM 33 N: 752791E – 4495989N;
9. Il **cavidotto** intercetta un'asta fluviale secondaria del **sottobacino 1** nel punto di coordinate WGS84 UTM 33 N: 753326E – 4496490N;
10. Il **cavidotto** intercetta un'asta fluviale secondaria del **sottobacino 1** nel punto di coordinate WGS84 UTM 33 N: 753461E – 4496615N;
11. Il **cavidotto** intercetta un'asta fluviale secondaria del **sottobacino 1** nel punto di coordinate WGS84 UTM 33 N: 753664E – 4496669N.

Si sottolinea tra la recinzione del campo fotovoltaico e la rete idrografica è stata sempre mantenuta una distanza minima di 75 m.

I dati morfometrici dei sottobacini studiati sono:

#### Sottobacino 1

Superficie	S (kmq)	48.33800733
Altezza massima	$H_{max}$ (m)	78.55
Altezza media	$H_{med}$ (m)	51.47
Altezza minima	$H_{min}$ (m)	7.93
Lunghezza asta principale	L (km)	17.82511
Quota scorr asta sezione monte	$h_m$ (m)	73.83
Quota scorr asta sezione valle	$h_v$ (m)	11.27
Pendenza media asta	i	0.0035
Pendenza media versanti	$i_v$	0.098

#### Sottobacino 2

Superficie	S (kmq)	4.079423905
Altezza massima	$H_{max}$ (m)	65.24
Altezza media	$H_{med}$ (m)	55.56
Altezza minima	$H_{min}$ (m)	41.28
Lunghezza asta principale	L (km)	5.767244
Quota scorr asta sezione monte	$h_m$ (m)	64.95
Quota scorr asta sezione valle	$h_v$ (m)	41.28
Pendenza media asta	i	0.0041
Pendenza media versanti	$i_v$	0.012

Sottobacino 3

Superficie	S (kmq)	1.431772073
Altezza massima	H <sub>max</sub> (m)	62.82
Altezza media	H <sub>med</sub> (m)	55.24
Altezza minima	H <sub>min</sub> (m)	41.28
Lunghezza asta principale	L (km)	2.099097
Quota scorr asta sezione monte	h <sub>m</sub> (m)	56.22
Quota scorr asta sezione valle	h <sub>v</sub> (m)	41.28
Pendenza media asta	i	0.0071
Pendenza media versanti	i <sub>v</sub>	0.013

Per effettuare il calcolo dell'evento critico di pioggia di assegnato tempo di ritorno in assenza di dati pluviometrici sitospecifici è stato utilizzato il cosiddetto metodo regionale, secondo le indicazioni contenute nel capitolo VI.3.1 della Relazione di Piano proposta dall'ex Autorità di Bacino della Puglia, che prevede la suddivisione del territorio di competenza in sei regioni aventi caratteristiche pluviometriche differenti. Per ogni regione pluviometrica viene fornita direttamente l'equazione della Linea Segnalatrice di Possibilità Climatica. In base a questa suddivisione tutto il Salento ricade nella sesta regione pluviometrica, per la quale è valida la seguente espressione:

$$X(d, z) = 33,7 * d^{\frac{0,488 + 0,0022 * z}{3,178}} \quad 1$$

Tale relazione fornisce per diverse durate di pioggia  $d$  il valore dell'altezza di pioggia  $X$  prendendo in considerazione anche il valore della quota assoluta  $z$  sul livello del mare. I valori calcolati sono, quindi, correlati ad un determinato tempo di ritorno attraverso la loro moltiplicazione con un coefficiente  $K_T$  il cui valore dipende dal tempo di ritorno  $Tr$  attraverso la seguente relazione:

$$K_T = 0,1599 + 0,5166 * \ln(Tr) \quad 2$$

Sulla base dei dati morfometrici dei singoli sottobacini si è proceduto al calcolo di  $X(d,z)$  utilizzando la (1) per  $Tr$  pari a 30, 200 e 500 anni.

Sottobacino 1

d	1	3	6	12	24
z	51.47				
x	33.7	41.5	47.3	53.9	61.5
Tempo ritorno	30		K <sub>t30</sub>	1.92	

$X_{30}$	64.6	79.5	90.7	103.4	117.9
$LN(X_{30})$	4.1682	4.3761	4.5072	4.6383	4.7695
d (ore)	1	3	6	12	24
$LN(d)$	0	1.0986	1.7918	2.4849	3.1781
Regr. Lin.	0.1892	4.17			
$n_{30}$	0.1892				
$a_{30}$	64.60				
$h_{30}$	64.6	79.5	90.7	103.4	117.9
Tempo ritorno	200		$Kt_{200}$	2.90	
$X_{200}$	97.6	120.2	137.0	156.2	178.1
$LN(X_{200})$	4.5812	4.7890	4.9202	5.0513	5.1824
d (ore)	1	3	6	12	24
$LN(d)$	0	1.0986	1.7918	2.4849	3.1781
Regr. Lin.	0.1892	4.58			
$n_{200}$	0.1892				
$a_{200}$	97.63				
$h_{200}$	97.6	120.2	137.0	156.2	178.1
Tempo ritorno	500		$Kt_{200}$	3.37	
$X_{500}$	113.6	139.8	159.4	181.7	207.2
$LN(X_{500})$	4.7325	4.9404	5.0715	5.2026	5.3338
d (ore)	1	3	6	12	24
$LN(d)$	0	1.0986	1.7918	2.4849	3.1781
Regr. Lin.	0.1892	4.73			
$n_{500}$	0.1892				
$a_{500}$	113.58				
$h_{500}$	113.6	139.8	159.4	181.7	207.2

## Sottobacino 2

d	1	3	6	12	24
z	55.56				
x	33.7	41.6	47.5	54.3	62.0
Tempo ritorno	30		$Kt_{30}$	1.92	
$X_{30}$	64.6	79.8	91.1	104.1	118.9
$LN(X_{30})$	4.1682	4.3792	4.5123	4.6454	4.7785
d (ore)	1	3	6	12	24
$LN(d)$	0	1.0986	1.7918	2.4849	3.1781
Regr. Lin.	0.1920	4.17			
$n_{30}$	0.1920				
$a_{30}$	64.60				
$h_{30}$	64.6	79.8	91.1	104.1	118.9

Tempo ritorno	200		$Kt_{200}$	2.90	
$X_{200}$	97.6	120.6	137.7	157.3	179.7
$LN(X_{200})$	4.5812	4.7921	4.9252	5.0583	5.1914
d (ore)	1	3	6	12	24
$LN(d)$	0	1.0986	1.7918	2.4849	3.1781
Regr. Lin.	0.1920	4.58			
$n_{200}$	0.1920				
$a_{200}$	97.63				
$h_{200}$	97.6	120.6	137.7	157.3	179.7
Tempo ritorno	500		$Kt_{200}$	3.37	
$X_{500}$	113.6	140.3	160.2	183.0	209.1
$LN(X_{500})$	4.7325	4.9435	5.0766	5.2097	5.3428
d (ore)	1	3	6	12	24
$LN(d)$	0	1.0986	1.7918	2.4849	3.1781
Regr. Lin.	0.1920	4.73			
$n_{500}$	0.1920				
$a_{500}$	113.58				
$h_{500}$	113.6	140.3	160.2	183.0	209.1

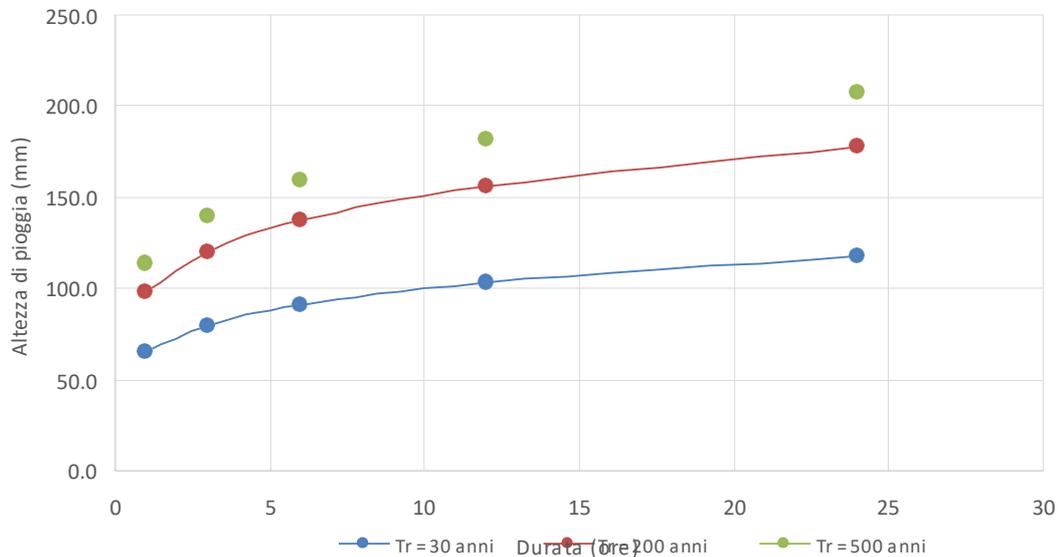
### Sottobacino 3

d	1	3	6	12	24
z	55.24				
x	33.7	41.6	47.5	54.3	62.0
Tempo ritorno	30		$Kt_{30}$	1.92	
$X_{30}$	64.6	79.8	91.1	104.0	118.8
$LN(X_{30})$	4.1682	4.3789	4.5119	4.6448	4.7778
d (ore)	1	3	6	12	24
$LN(d)$	0	1.0986	1.7918	2.4849	3.1781
Regr. Lin.	0.1918	4.17			
$n_{30}$	0.1918				
$a_{30}$	64.60				
$h_{30}$	64.6	79.8	91.1	104.0	118.8
Tempo ritorno	200		$Kt_{200}$	2.90	
$X_{200}$	97.6	120.5	137.7	157.2	179.6
$LN(X_{200})$	4.5812	4.7919	4.9248	5.0578	5.1907
d (ore)	1	3	6	12	24
$LN(d)$	0	1.0986	1.7918	2.4849	3.1781
Regr. Lin.	0.1918	4.58			

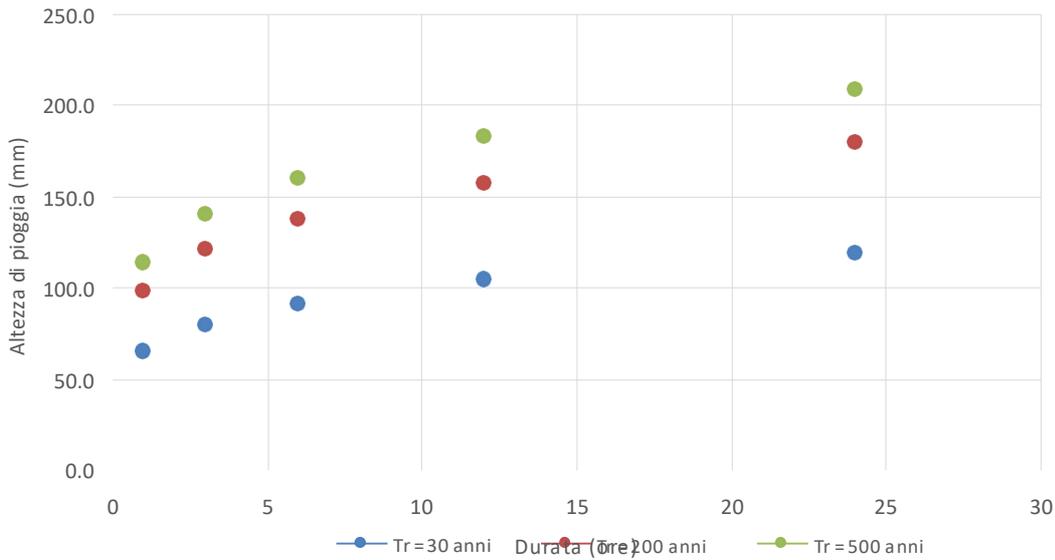
$n_{200}$	0.1918				
$a_{200}$	97.63				
$h_{200}$	97.6	120.5	137.7	157.2	179.6
Tempo ritorno	500		$Kt_{200}$	3.37	
$X_{500}$	113.6	140.2	160.2	182.9	208.9
$LN(X_{500})$	4.7325	4.9432	5.0762	5.2091	5.3421
d (ore)	1	3	6	12	24
$LN(d)$	0	1.0986	1.7918	2.4849	3.1781
Regr. Lin.	0.1918	4.73			
$n_{500}$	0.1918				
$a_{500}$	113.58				
$h_{500}$	113.6	140.2	160.2	182.9	208.9

Determinati gli eventi critici di pioggia è stata costruita la Linea Segnalatrice di Possibilità Climatica relativa ai diversi tempi di ritorno considerati.

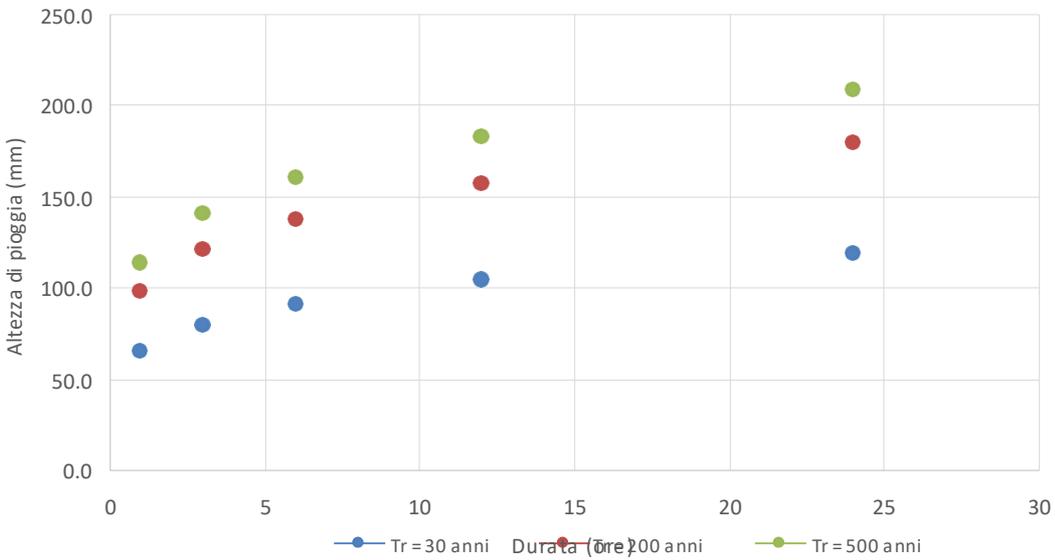
### Sottobacino 1



### Sottobacino 2



### Sottobacino 3



Il tempo caratteristico del bacino è stato assunto pari al tempo di corrivazione definito come il tempo che impiega l'ultima particella d'acqua caduta nella sezione più lontana da quella di chiusura, a raggiungere quest'ultima. Si è proceduto al calcolo di Tc utilizzando i parametri morfometrici sopra tabellati attraverso varie formule proposte in letteratura ritenute più appropriate al caso di studio.

### Cerano

Formula	Tc (ore) sottobacino 1	Tc (ore) sottobacino 2	Tc (ore) sottobacino 3
Giandotti	10.33	5.53	2.65
Pezzoli	16.55	4.95	1.37

Puglisi	9.91	6.69	3.54
Tournon	9.26	5.35	3.53
Ventura	14.90	4.00	1.80
Viparelli	0.37	1.41	1.47
Kirpich	5.37	2.12	0.79
Media	10.33	5.53	2.65

A favore di sicurezza, considerando anche l'esigua estensione del bacino, si è ritenuto opportuno utilizzare il valore di Tc medio tra quelli calcolati. Pertanto i tempi caratteristici sono:

Tc (ore) sottobacino 1	Tc (ore) sottobacino 2	Tc (ore) sottobacino 3
9.53	4.30	2,16

Per la determinazione dell'altezza di pioggia efficace è stato utilizzato il metodo del Curve Number.

Utilizzando questo metodo, con riferimento ad un evento di durata  $d$  e con un tempo di ritorno  $Tr$  è possibile determinare il deflusso superficiale caratteristico del bacino scolante attraverso la seguente relazione:

$$h_{netta}(d,Tr) = \frac{(X(d,Tr) - I_a)^2}{(X(d,Tr) - I_a) + S} \quad (3)$$

dove:

- $h_{netta}(d, Tr)$  in mm, è il volume specifico complessivamente defluito durante l'evento di durata  $d$  e tempo di ritorno  $Tr$ ;
- $X(d, Tr)$  in mm, è il volume specifico di pioggia lorda relativo all'evento di durata  $d$  e tempo di ritorno  $Tr$ ;
- $I_a$  in mm, rappresenta la quota parte del volume affluito che si infila prima che il deflusso abbia inizio;
- $S$  in mm, è il potenziale specifico massimo di assorbimento del terreno, cioè il volume immagazzinabile a saturazione nello stesso.

Nella pratica, si utilizzano le seguenti relazioni:

$$I_a = 0.2S \quad \text{e} \quad S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Il Curve Number "CN" è un parametro adimensionale decrescente in funzione della permeabilità, intesa come caratteristica globale del tipo e dell'uso del suolo. La sua

determinazione è ottenuta in base al grado di umidità del terreno prima dell'evento meteorico esaminato, alla tipologia pedologica e litologica dei suoli ed all'uso del suolo. Nell'applicazione del metodo sono previste tre classi, rispettivamente la I, la II e la III del grado di umidità del terreno, in funzione dell'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento esaminato (Antecedent Moisture Condition): molto asciutto (<50 mm), standard (50÷110 mm) e molto umido (>110 mm). Poiché lo studio è rivolto al calcolo della portata di piena e considerato che in occasione di queste ultime molto spesso il terreno del bacino si presenta in condizioni di elevato imbibimento, si è preferito adottare il valore di *CN* corrispondente alla classe AMC-tipo III, legato a quella normale dalla relazione:

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057 CN_{II}}$$

Ai fini applicativi ogni sottobacino è stato suddiviso in zone omogenee in base all'uso del suolo indicato sulla Carta di uso del suolo della regione Puglia.

Nelle seguenti tabelle sono riportate per ciascun sottobacino le superfici occupate dai vari tipi di uso del suolo (per il calcolo di *CN* alcuni dei seguenti tipi sono stati accorpati).

#### Sottobacino 1

TIPO	Superficie in mq
reti ed aree per la distribuzione, la produzione e il trasporto dell'energia	1119525.555
cimiteri	6001.12
sistemi colturali e particellari complessi	58918.091
boschi di latifoglie	105571.747
aree a pascolo naturale, praterie, incolti	136162.756
cespuglieti e arbusteti	68531.083
aree a vegetazione sclerofilla	14658.74
tessuto residenziale continuo antico e denso	43037.995
tessuto residenziale continuo, denso più recente e basso	316082.535
tessuto residenziale continuo, denso recente, alto	26890.373
tessuto residenziale discontinuo	120059.883
tessuto residenziale rado e nucleiforme	142123.918
tessuto residenziale sparso	131496.559
insediamento industriale o artigianale con spazi annessi	112746.566
insediamento commerciale	10915.446
insediamento in disuso	5275.743
suoli rimaneggiati e artefatti	36524.526
aree sportive (calcio, atletica, tennis, etc)	15780.3
reti stradali e spazi accessori	6737545.794
insediamenti produttivi agricoli	230297.05
uliveti	4817821.404
insediamento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati	18452.921

seminativi semplici in aree non irrigue	28559545.86
vigneti	2854778.058
frutteti e frutti minori	2214181.067
colture temporanee associate a colture permanenti	245688.949
canali e idrovie	134926.841
reti ferroviarie comprese le superfici annesse	54466.448
TOTALE	48338007.33

TIPO	Superficie in mq
vigneti	283979.191
uliveti	34046.069
colture temporanee associate a colture permanenti	10055.639
boschi di latifoglie	253427.708
aree a pascolo naturale, praterie, incolti	7228.485
tessuto residenziale sparso	5324.896
insediamenti produttivi agricoli	23007.247
colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree irrigue	2287.146
canali e idrovie	21320.544
frutteti e frutti minori	30315.391
reti ed aree per la distribuzione, la produzione e il trasporto dell'energia	128062.213
reti stradali e spazi accessori	23831.4
cantieri e spazi in costruzione e scavi	27423.936
seminativi semplici in aree non irrigue	3229114.04
TOTALE	4079423.905

TIPO	Superficie in mq
vigneti	130469.754
frutteti e frutti minori	68549.905
aree a pascolo naturale, praterie, incolti	24445.1
insediamenti produttivi agricoli	3325.516
reti ed aree per la distribuzione, la produzione e il trasporto dell'energia	176415.066
cantieri e spazi in costruzione e scavi	67864.071
seminativi semplici in aree non irrigue	947571.446
canali e idrovie	123.184
reti stradali e spazi accessori	13008.031
TOTALE	1431772.073

Per ogni sottobacino è stato ricavato poi un valore medio del parametro CN, ottenuto come "media pesata" dei valori singolari imposti sulle i-esime sub-aree:

$$CN = p_1CN_1 + p_2CN_2 + \dots + p_nCN_n$$

dove  $p_1, p_2, \dots, p_n$  sono le percentuali dell'area totale del bacino

La classificazione dei tipi di suolo è funzione delle caratteristiche di permeabilità secondo la suddivisione proposta dal Soil Conservation Service che prevede quattro classi:

- A = potenzialità di deflusso scarsa,
- B = potenzialità di deflusso moderatamente bassa,
- C = potenzialità di deflusso moderatamente alta,
- D = potenzialità di deflusso molto alta.

Ad ognuna delle precedenti classi di potenzialità di deflusso, in funzione dell'uso del suolo, sono associabili dei valori del parametro CN come riportato in tabella.

<b>Tipo di copertura</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<i>Tessuto residenziale continuo</i>	89	92	94	95
<i>Tessuto residenziale discontinuo</i>	61	75	83	87
<i>Tessuto residenziale rado e nucleiforme</i>	51	68	79	84
<i>Tessuto residenziale rado</i>	51	68	79	84
<i>Insediamiento industriale</i>	81	88	91	93
<i>Insediamiento commerciale</i>	89	92	94	95
<i>Insediamiento produttivo agricolo</i>	61	75	83	87
<i>Reti stradali e spazi accessori</i>	98	98	98	98
<i>Aree estrattive</i>	60	60	60	60
<i>Discariche</i>	30	58	71	78
<i>Cantieri e suoli rimaneggiati</i>	89	92	94	95
<i>Campeggi, strutture ricettive, luoghi di culto e cimiteri</i>	49	69	79	84
<i>Aree verdi urbane</i>	39	61	74	80
<i>Colture temporanee associate a colture permanente</i>	62	71	78	81
<i>Frutteti e frutti minori non irrigui</i>	62	71	78	81
<i>Frutteti e frutti minori irrigui</i>	72	81	88	91
<i>Oliveti irrigui</i>	72	81	88	91
<i>Oliveti non irrigui</i>	62	71	78	81
<i>Prati stabili non irrigui</i>	30	58	71	78
<i>Seminativi in aree non irrigue</i>	62	71	78	81
<i>Sistemi colturali e particellari complessi</i>	72	81	88	91
<i>Vigneti irrigui</i>	72	81	88	91
<i>Vigneti non irrigui</i>	62	71	78	81
<i>Zone boscate</i>	25	55	70	77
<i>Aree a pascolo naturale, praterie e incolti</i>	39	61	74	80
<i>Spiagge, dune e sabbie</i>	68	79	86	89
<i>Bacini di acqua</i>	100	100	100	100

Nel caso in studio considerando che il substrato litologico è rappresentato limi sabbiosi si è ritenuto opportuno utilizzare i valori di CN relativi alla classe "C".

Sviluppando i calcoli si ottiene:

ID	CNiii
Sottobacino 1	91.04
Sottobacino 2	89.34
Sottobacino 3	90.56

Nella Tabella seguenti si riportano invece per ciascuna dei sottobacini i valori di  $I_a$  (in mm) e  $S$  (in mm) di cui alla relazione 3.

ID	S (mm)	Ia (mm)
Sottobacino 1	25.01	6.25
Sottobacino 2	30.31	7.58
Sottobacino 3	26.48	6.62

Ottenuti i valori dei coefficienti di immagazzinamento è possibile calcolare le altezze efficaci di pioggia relative ad un evento con tempo di ritorno di 30, 200 e 500 anni.

	<b>Sottobacino 1</b>		
Tr	30	200	500
S (mm)	25.0	25.0	25.0
Ia (mm)	6.3	6.3	6.3
tc (ore)	9.53	9.53	9.53
n	0.1892	0.1892	0.1892
a	64.6	97.6	113.6
H <sub>lordo</sub>	10.4	15.7	18.3
H <sub>netto</sub>	0.6	2.6	3.9

	<b>Sottobacino 2</b>		
Tr	30	200	500
S (mm)	30.31	30.31	30.31
Ia (mm)	7.58	7.58	7.58
tc (ore)	4.30	4.30	4.30
n	0.1920	0.1920	0.1920
a	64.6	97.6	113.6
H <sub>lordo</sub>	19.9	30.1	35.0
H <sub>netto</sub>	3.6	9.6	13.0

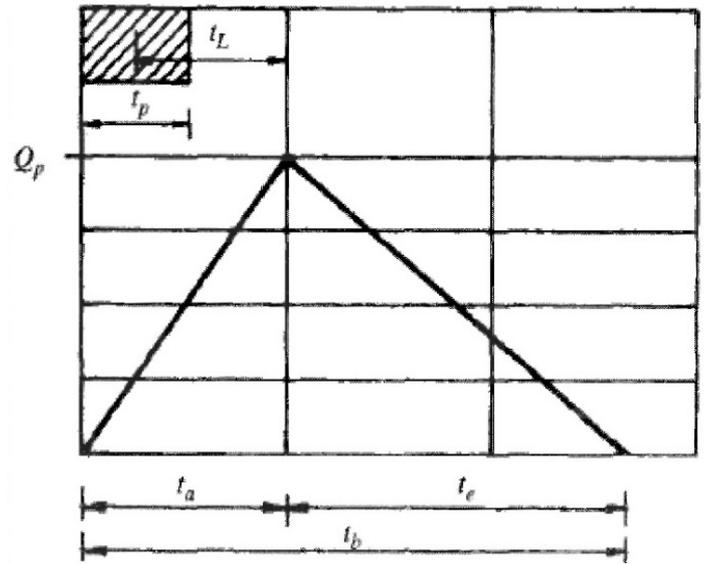
	<b>Sottobacino 3</b>		
Tr	30	200	500
S (mm)	26.5	26.5	26.5
Ia (mm)	6.6	6.6	6.6
tc (ore)	2.16	2.16	2.16
n	0.1918	0.1918	0.1918
a	64.6	97.6	113.6
H <sub>lordo</sub>	34.6	52.3	60.9
H <sub>netto</sub>	14.4	28.9	36.5

Per il calcolo della portata di piena  $Q_p$  (m<sup>3</sup>/s) si è fatto riferimento all'idrogramma unitario proposto dal Soil Conservation Service (SCS). Si tratta di un idrogramma

approssimato di forma triangolare che ha una fase crescente di durata  $t_a$  (tempo di accumulo) e una fase di esaurimento di durata  $t_e$  (tempo di esaurimento) e il cui volume, espresso in  $m^3$ , ha la seguente espressione:

$$V = \frac{Q_p}{2} (t_a + t_e) = \frac{Q_p t_b}{2}$$

avendo indicato con  $t_b$  la durata dell'evento di piena.



Sperimentalmente è stato dimostrato che nella fase crescente dell'idrogramma defluisce un volume idrico pari al 37,5% del volume totale  $V$  di deflusso, quindi ne consegue che la durata della fase crescente è pari a 0,375 volte la durata dell'evento di piena  $t_b$  e pertanto:

$$t_b = 2.67 t_a$$

Utilizzando le formule precedenti ed esprimendo il volume di deflusso netto  $V$  in  $mm$ , il tempo  $t_a$  in ore, l'area  $A$  del bacino in  $Km^2$ , si ottiene:

$$Q_p = 0.208 \frac{VA}{t_a}$$

La determinazione di  $t_a$ , nell'ipotesi di precipitazione di intensità costante di durata  $t_p$  e indicando con  $t_L$  il tempo di ritardo, si effettua con la seguente relazione:

$$t_a = 0.5 t_p + t_L$$

I tempi  $t_p$  e  $t_L$  sono "tempi caratteristici" del bacino: il primo rappresenta il tempo di piena, il secondo, invece, il ritardo con cui la portata di picco arriva alla sezione di chiusura del bacino.

Per la stima del tempo di ritardo del bacino si può utilizzare la formula di Mockus:

$$t_L = 0.342 \frac{L_{\max}^{0.8}}{s^{0.5}} \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.9}$$

In cui  $s$  è la pendenza del bacino espressa in %,  $L_{\max}$  la lunghezza dell'asta principale prolungata fino alla dispiuviale espressa in Km.

Sperimentalmente è stata osservata la seguente relazione:

$$t_L = 0.5 t_c$$

quindi in ultima istanza, si ottiene:

$$t_a = 1.1 t_c$$

Si è proceduto quindi alla determinazione delle portate di picco, per i diversi tempi di ritorno considerati e per ciascun sottobacino.

	<b>Sottobacino 1</b>		
Tr	30	200	500
tc (ore)	9,53	9,53	9,53
t <sub>L</sub> (ore)	5.72	5.72	5.72
tp (ore)	10.48	10.48	10.48
A (kmq)	48.33801	48.33801	48.33801
V <sub>netto</sub> (mm)	0.59	2.59	3.90
Qp (mc/s)	0.56	2.48	3.74

	<b>Sottobacino 2</b>		
Tr	30	200	500
tc (ore)	4.30	4.30	4.30
t <sub>L</sub> (ore)	2.58	2.58	2.58
tp (ore)	4.72	4.72	4.72
A (kmq)	4.079424	4.079424	4.079424
V <sub>netto</sub> (mm)	3.56	9.58	13.01
Qp (mc/s)	0.64	1.72	2.34

	<b>Sottobacino 3</b>		
Tr	30	200	500
tc (ore)	2.16	2.16	2.16
t <sub>L</sub> (ore)	1.30	1.30	1.30
tp (ore)	2.38	2.38	2.38
A (kmq)	1.431772	1.431772	1.431772
V <sub>netto</sub> (mm)	14.39	28.94	36.46
Qp (mc/s)	1.80	3.62	4.56

Infine si è proceduto alla determinazione dell'idrogramma di piena partendo dall'idrogramma unitario di Mockus, le cui coordinate sono espresse in termini di  $Q/Q_p$  e di  $t/t_a$ .

Sottobacino 1

t/Tp	Q/Qp	t	VAPI		
			Q30	Q200	Q500
0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	0.03	1.05	0.02	0.07	0.11
0.2	0.1	2.10	0.06	0.25	0.37
0.3	0.19	3.14	0.11	0.47	0.71
0.4	0.31	4.19	0.17	0.77	1.16
0.5	0.47	5.24	0.26	1.17	1.76
0.6	0.66	6.29	0.37	1.64	2.47
0.7	0.82	7.34	0.46	2.04	3.07
0.8	0.93	8.38	0.52	2.31	3.48
0.9	0.99	9.43	0.56	2.46	3.70
1	1	10.48	0.56	2.48	3.74
1.1	0.99	11.53	0.56	2.46	3.70
1.2	0.93	12.58	0.52	2.31	3.48
1.3	0.86	13.63	0.48	2.14	3.21
1.4	0.78	14.67	0.44	1.94	2.92
1.5	0.68	15.72	0.38	1.69	2.54
1.6	0.56	16.77	0.32	1.39	2.09
1.7	0.46	17.82	0.26	1.14	1.72
1.8	0.39	18.87	0.22	0.97	1.46
1.9	0.33	19.91	0.19	0.82	1.23
2	0.28	20.96	0.16	0.70	1.05
2.2	0.207	23.06	0.12	0.51	0.77
2.4	0.147	25.15	0.08	0.37	0.55
2.6	0.107	27.25	0.06	0.27	0.40
2.8	0.077	29.35	0.04	0.19	0.29
3	0.055	31.44	0.03	0.14	0.21
3.2	0.04	33.54	0.02	0.10	0.15
3.4	0.029	35.64	0.02	0.07	0.11
3.6	0.021	37.73	0.01	0.05	0.08
3.8	0.015	39.83	0.01	0.04	0.06
4	0.011	41.92	0.01	0.03	0.04
4.5	0.005	47.16	0.00	0.01	0.02
5	0	52.40	0.00	0.00	0.00

Sottobacino 2

t/Tp	Q/Qp	t	VAPI		
			Q30	Q200	Q500
0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	0.03	0.47	0.02	0.05	0.07
0.2	0.1	0.94	0.06	0.17	0.23
0.3	0.19	1.42	0.12	0.33	0.44
0.4	0.31	1.89	0.20	0.53	0.72
0.5	0.47	2.36	0.30	0.81	1.10
0.6	0.66	2.83	0.42	1.14	1.54
0.7	0.82	3.31	0.52	1.41	1.92
0.8	0.93	3.78	0.59	1.60	2.17
0.9	0.99	4.25	0.63	1.70	2.31
1	1	4.72	0.64	1.72	2.34

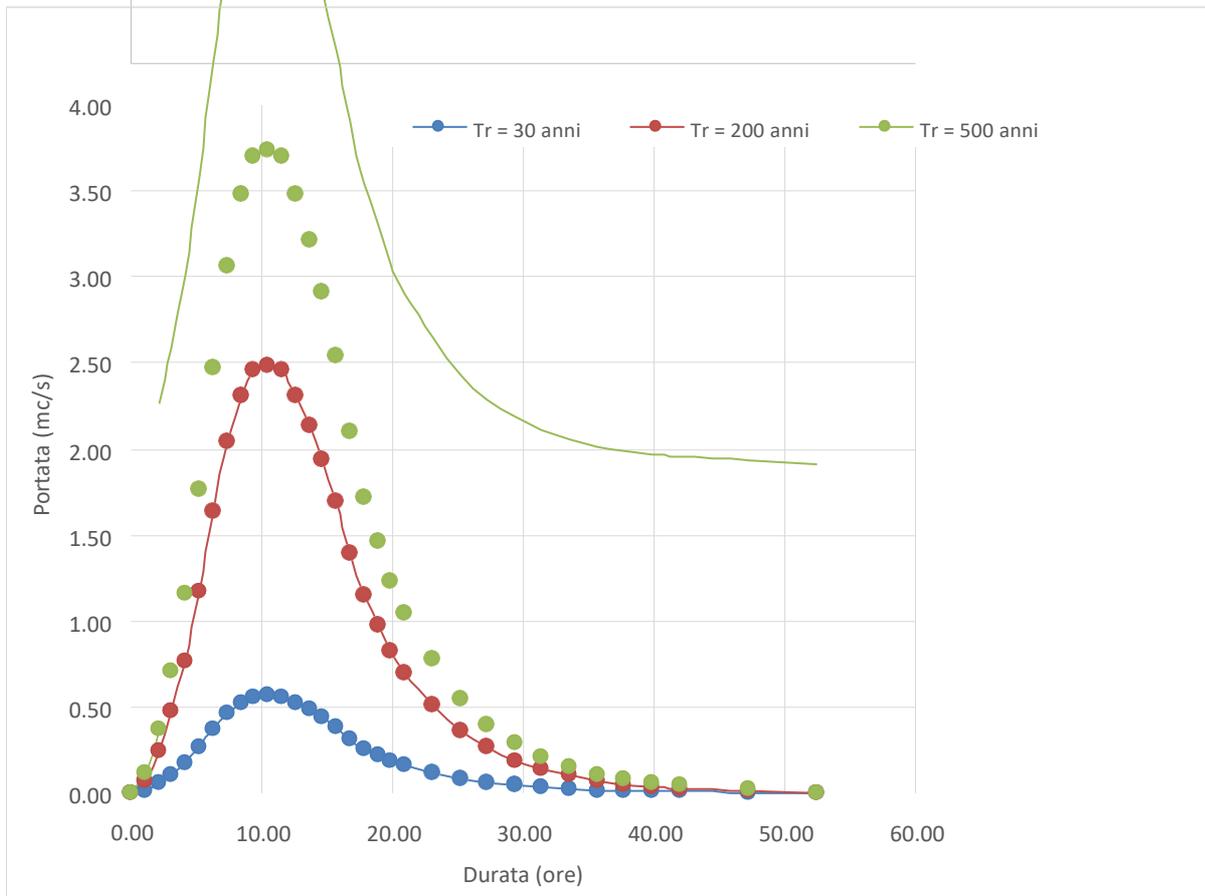
1.1	0.99	5.20	0.63	1.70	2.31
1.2	0.93	5.67	0.59	1.60	2.17
1.3	0.86	6.14	0.55	1.48	2.01
1.4	0.78	6.61	0.50	1.34	1.82
1.5	0.68	7.09	0.43	1.17	1.59
1.6	0.56	7.56	0.36	0.96	1.31
1.7	0.46	8.03	0.29	0.79	1.08
1.8	0.39	8.50	0.25	0.67	0.91
1.9	0.33	8.98	0.21	0.57	0.77
2	0.28	9.45	0.18	0.48	0.65
2.2	0.207	10.39	0.13	0.36	0.48
2.4	0.147	11.34	0.09	0.25	0.34
2.6	0.107	12.28	0.07	0.18	0.25
2.8	0.077	13.23	0.05	0.13	0.18
3	0.055	14.17	0.04	0.09	0.13
3.2	0.04	15.12	0.03	0.07	0.09
3.4	0.029	16.06	0.02	0.05	0.07
3.6	0.021	17.01	0.01	0.04	0.05
3.8	0.015	17.95	0.01	0.03	0.04
4	0.011	18.90	0.01	0.02	0.03
4.5	0.005	21.26	0.00	0.01	0.01
5	0	23.62	0.00	0.00	0.00

### Sottobacino 3

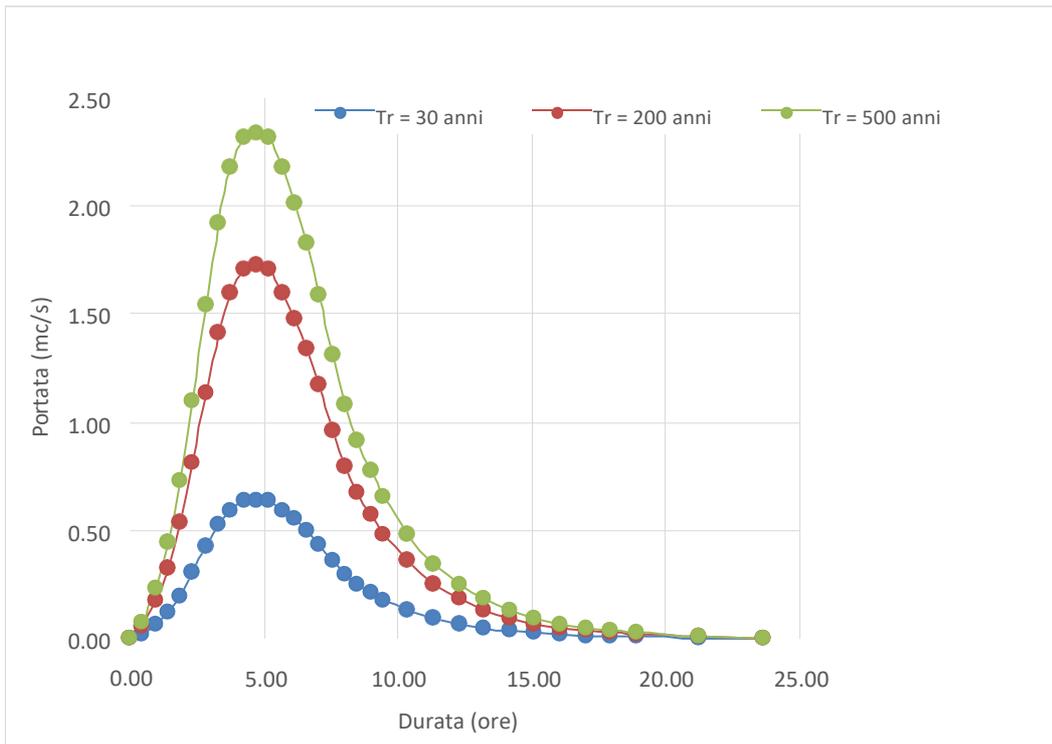
t/Tp	Q/Qp	t	VAPI		
			0.00	0.00	0.00
0	0	0.00	0.05	0.11	0.14
0.1	0.03	0.24	0.18	0.36	0.46
0.2	0.1	0.48	0.34	0.69	0.87
0.3	0.19	0.71	0.56	1.12	1.41
0.4	0.31	0.95	0.85	1.70	2.14
0.5	0.47	1.19	1.19	2.39	3.01
0.6	0.66	1.43	1.48	2.97	3.74
0.7	0.82	1.67	1.67	3.37	4.24
0.8	0.93	1.90	1.78	3.58	4.52
0.9	0.99	2.14	1.80	3.62	4.56
1	1	2.38	1.78	3.58	4.52
1.1	0.99	2.62	1.67	3.37	4.24
1.2	0.93	2.86	1.55	3.11	3.92
1.3	0.86	3.09	1.40	2.82	3.56
1.4	0.78	3.33	1.22	2.46	3.10
1.5	0.68	3.57	1.01	2.03	2.55
1.6	0.56	3.81	0.83	1.67	2.10
1.7	0.46	4.05	0.70	1.41	1.78
1.8	0.39	4.28	0.59	1.19	1.51
1.9	0.33	4.52	0.50	1.01	1.28
2	0.28	4.76	0.37	0.75	0.94
2.2	0.207	5.24	0.26	0.53	0.67
2.4	0.147	5.71	0.19	0.39	0.49
2.6	0.107	6.19	0.14	0.28	0.35
2.8	0.077	6.66	0.10	0.20	0.25

3	0.055	7.14	0.07	0.14	0.18
3.2	0.04	7.62	0.05	0.11	0.13
3.4	0.029	8.09	0.04	0.08	0.10
3.6	0.021	8.57	0.03	0.05	0.07
3.8	0.015	9.04	0.02	0.04	0.05
4	0.011	9.52	0.01	0.02	0.02
4.5	0.005	10.71	0.00	0.00	0.00
5	0	11.90	0.00	0.00	0.00

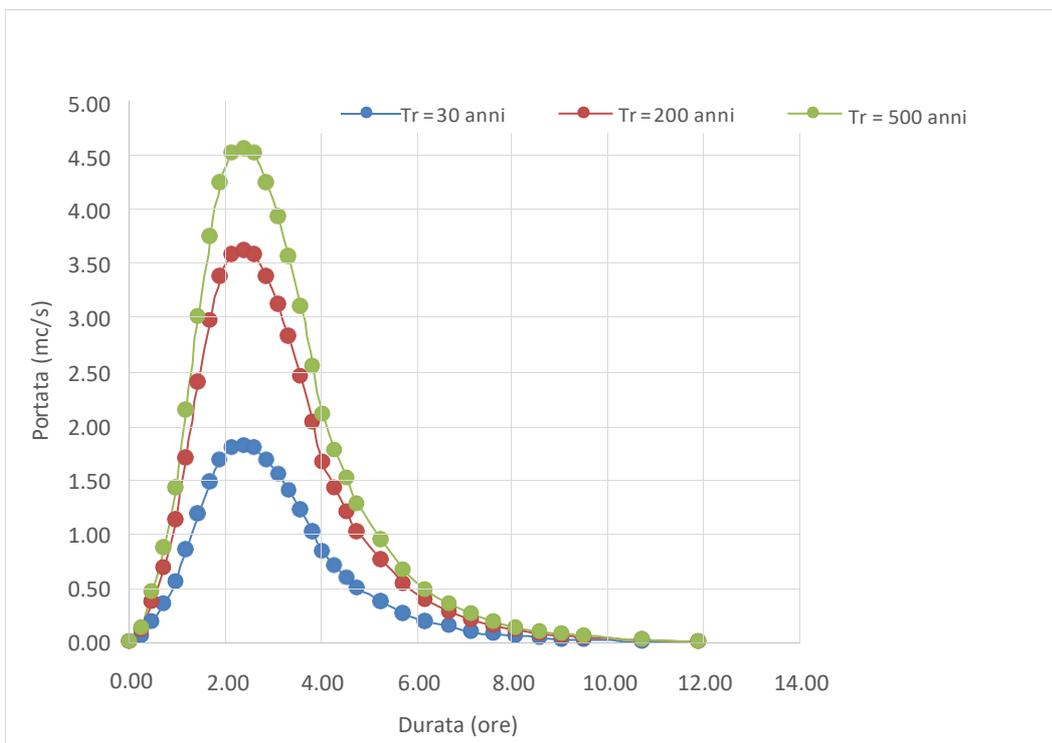
Gli idrogrammi di piena sono riportati di seguito.



Sottobacino 1



Sottobacino 2



Sottobacino 3