



COMUNE DI PISCINAS



PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO AGRO-FOTOVOLTAICO IMPIANTO DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE DI TIPO FOTOVOLTAICO INTEGRATO DA RIQUALIFICAZIONE AGRICOLA

Committente:

Green Genius Italy Utility14 srl

Corso Giuseppe Garibaldi, 49
20121 Milano (MI)



Studio TECNICO
Ing. Carlo Carboni

Via Mannironi, 8
08100 Nuoro | Italy

+39 3923565956

Spazio Riservato agli Enti:

REV	DATA	ESEGUITO	VERIFICA	APPROV	DESCRIZ
R0	26/02/2022	ING. CARLO CARBONI	ING. CARLO CARBONI	Ing. Balzano M.G.	Prima Emissione

Numero Commessa:

SV671

Data Elaborato:

26/02/2022

Revisione:

R0

Titolo Elaborato:

RELAZIONE IDROLOGICA

Progettista:

Ing. Carlo Carboni

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Nuoro n.1014

Elaborato:

V.02

Sommario

1. PREMESSA	2
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO	3
3. LO STUDIO IDROLOGICO DEI BACINI	7
Individuazione dei parametri morfometrici	9
Valutazione delle capacit� di deflusso dei suoli	10
Calcolo del parametro CN	11
4. VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA	13
Aspetti metodologici	13
Portata al colmo	17
5. CONCLUSIONI	18

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
V.02	Relazione Idrologica	26/02/2022	R0	Pagina 1 di 18

**PROGETTO AGRO-FOTOVOLTAICO
IMPIANTO DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE DI TIPO FOTOVOLTAICO INTEGRATO
DA RIQUALIFICAZIONE AGRICOLA**

1. PREMESSA

La Società Green Genius Italy Utility14 s.r.l., con sede in Corso G. Garibaldi, 49 – 20121 Milano (MI), è soggetto Proponente di una iniziativa finalizzata alla realizzazione e messa in esercizio di un progetto Agri-Fotovoltaico denominato “Piscinas-01”.

L’iniziativa prevede la realizzazione integrata di un impianto fotovoltaico destinato alla produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili di unprogetto agronomico.

Il modello concettuale perseguito, meglio descritto nelle relazioni specialistiche, si prefigge l’obiettivo di utilizzare in modo efficiente il territorio, producendo energia elettrica pulita e garantendo, allo stesso tempo, una produzione agronomica.

La presente relazione tratta gli aspetto idrologici inclusi nell'intervento denominato "PROGETTO AGRO-FOTOVOLTAICO IMPIANTO DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE DI TIPO FOTOVOLTAICO INTEGRATO DA RIQUALIFICAZIONE AGRICOLA", per i quali lo scrivente è stato incaricato dallo Studio TECNICO Ing. Marco Balzano di redigere. Nello specifico la presente analizza gli aspetti relativi alla area della dove sorgeranno gli impianti fotovoltaici nel Comune di Piscinas.

Il lavoro in esame ha permesso di analizzare nel dettaglio dal punto di vista idrologico le condizioni attuali del territorio all'interno del Comune di Piscinas.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
V.02	Relazione Idrologica	26/02/2022	R0	Pagina 2 di 18

**PROGETTO AGRO-FOTOVOLTAICO
IMPIANTO DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE DI TIPO FOTOVOLTAICO INTEGRATO
DA RIQUALIFICAZIONE AGRICOLA**

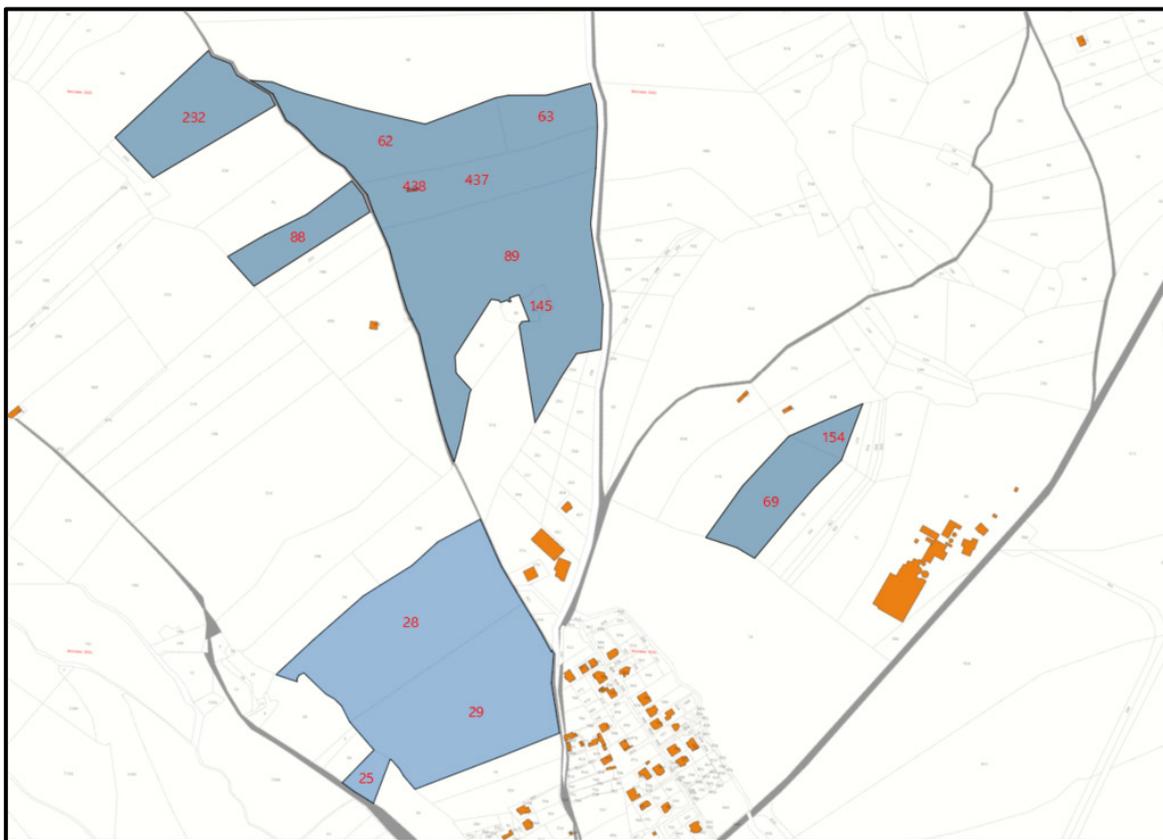


Figura 1 Localizzazione intervento su planimetria catastale

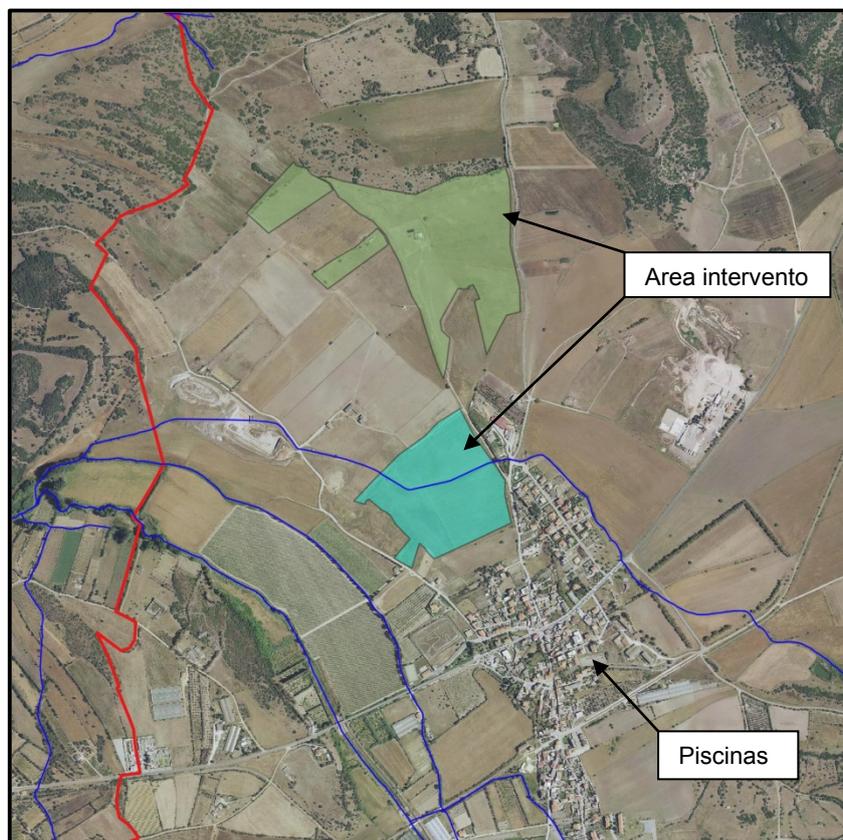


Figura 2 Localizzazione interventi su orto foto

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	Pagina 4 di 18
V.02	Relazione Idrologica	26/02/2022	R0	

**PROGETTO AGRO-FOTOVOLTAICO
IMPIANTO DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE DI TIPO FOTOVOLTAICO INTEGRATO
DA RIQUALIFICAZIONE AGRICOLA**

Rilievi geomorfologici e Cartografici

La base dati numerica utilizzata per le varie elaborazioni idrologiche, idrauliche ed in generale su quelle effettuate tramite supporto GIS per la definizione degli elementi ambientali, è stata costituita dai rilievi in campo e con i seguenti elementi digitali:

- Carta Tecnica Regionale in formato vettoriale in scala 1:10000;
- Modello digitale del terreno (DTM) presente nel portale cartografico della Regione Sardegna, con precisione di 1,00/10,00 m;
- Ortofoto aggiornate all'anno 2016;
- Carte dell'uso del suolo della Regione Sardegna aggiornata all'anno 2008 disponibile sul sito ufficiale;

Per l'individuazione delle aste fluviali è stato utilizzato il layer del database multi precisione della Regione Sardegna, confrontato con i riscontri in campo e con le altre cartografie disponibili, in particolare la cartografia I.G.M. in scala 1:25000.

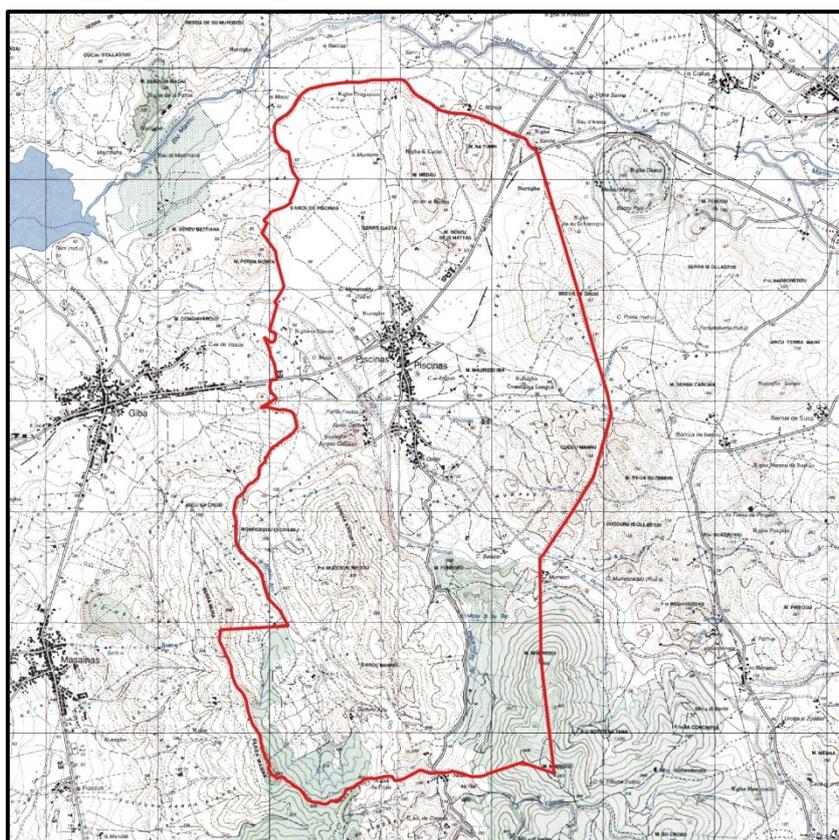


Figura 3 Comune su IGM 25000

Validi riferimenti cartografici sono stati inoltre forniti dallo strumento di consultazione via web dai portali di Google Earth e Bing Maps che, pur non essendo estraibili georeferenziati, sono stati integrati negli strumenti GIS di supporto alle attività di rilievo, fornendo la rappresentazione a colori dell'area di studio in momenti successivi e contribuendo a risolvere alcuni dubbi interpretativi.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
V.02	Relazione Idrologica	26/02/2022	R0	Pagina 5 di 18

**PROGETTO AGRO-FOTOVOLTAICO
IMPIANTO DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE DI TIPO FOTOVOLTAICO INTEGRATO
DA RIQUALIFICAZIONE AGRICOLA**

Dal complesso della base dati predisposta, sono state acquisite le geometrie planimetriche riferibili ai seguenti elementi che caratterizzano l'alveo:

- alveo attivo, inteso come porzione di territorio sede del transito della portata di magra;
- sponde dell'alveo attivo, intese come tracce lineari indicanti il limite esterno dell'alveo attivo;
- alveo a piene rive, inteso come porzione di territorio sede del transito della piena ordinaria;
- infrastrutture o elementi in rilevato paralleli o interferenti con il corso d'acqua a ridosso dell'asta in esame;

Gli elementi territoriali quali curve di livello e punti di quota, nonché le principali linee infrastrutturali, sono stati utilizzati per la costituzione del Modello Digitale del Terreno (DTM) con celle di base di forma quadrata di lato 10 metri o inferiori in funzione del livello di dettaglio necessario, utile per la delimitazione dei bacini idrografici e la descrizione delle diverse componenti territoriali che influiscono nel processo di trasformazione afflussi-deflussi.

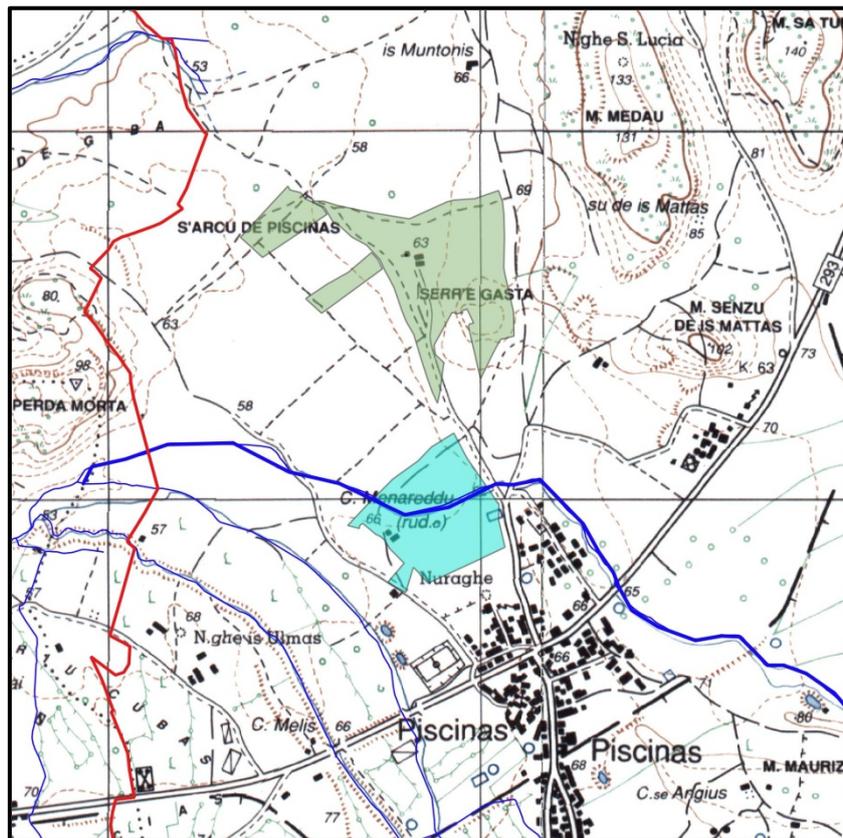


Figura 4 Interventi su C.T.R.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
V.02	Relazione Idrologica	26/02/2022	R0	Pagina 6 di 18

3. LO STUDIO IDROLOGICO DEI BACINI

Rispetto a quelle che sono le previsioni del progetto, ovvero la realizzazione di due impianti di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, le aree preliminarmente individuate ricadono all'interno del bacino idrografico del Rio Fontanaluma

La rete idrografica del territorio del Comune di Piscinas si sviluppa principalmente nel settore centro-meridionale del territorio comunale, con un reticolo poco ramificato che attraversa l'area in direzione sud-nord ed est-ovest, individuando un corso d'acqua principale (Rio Piscinas) e fiumi secondari tra cui il Rio Funtanaluma che sarà studiato in questa relazione.

Il dimensionamento degli interventi si è basato su uno studio statistico delle piogge fondato direttamente sulle osservazioni pluviometriche, in quanto i fenomeni meteorologici che generano le precipitazioni sono talmente complessi che non possono essere trattati come un processo deterministico a partire da condizioni iniziali al contorno.

Per quanto appena esposto, il tempo di ritorno (TR) dell'evento meteorico è il parametro fondamentale nello sviluppo delle analisi condotte per la determinazione della pioggia di progetto e/o verifica ed il successivo dimensionamento e/o verifica delle opere idrauliche.

In particolare, il tempo di ritorno indica l'intervallo di tempo assegnato nel quale mediamente le opere idrauliche realizzate non sono sufficienti a smaltire almeno una volta le portate prodotte dal processo di trasformazione afflussi-deflussi nel bacino di riferimento. Le valutazioni per la determinazione dello stato attuale, la schematizzazione della rete di drenaggio attraverso cui si esplica il processo di trasformazione afflussi-deflussi.

All'interno del Comune di Piscinas sono stati individuati 5 comparti drenanti, il maggiore quello del rio Piscinas, ed i comparti drenanti secondari del Rio Gutturuaxiu, della Gora di Piscinas e del Rio Funtanaluma, in questa relazione si analizzerà il solo comparto drenante del Rio Funtanaluma perchè quello che comprende le aree dove sono previsti gli interventi in progetto.

Si è proceduto alla definizione del sub bacino.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
V.02	Relazione Idrologica	26/02/2022	R0	Pagina 7 di 18

**PROGETTO AGRO-FOTOVOLTAICO
IMPIANTO DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE DI TIPO FOTOVOLTAICO INTEGRATO
DA RIQUALIFICAZIONE AGRICOLA**

RIO FUNTANALUMA

Il RIO Funtanaluma è un bacino secondario che si sviluppa in destra idraulica rispetto al Rio Piscinas. Ha origine nel territorio di Santadi ad una quota di 292 m e si sviluppa con una forma regolare in direzione sud est interessando una porzione marginale del centro abitato di Piscinas.

Il bacino ha una superficie pari a 6,74 km², con un acclività non marcata, e con una pendenza di bacino dell'ordine del 9%.

Per l'individuazione del seguente bacino idrografico relativo al Rio Funtanaluma la sezione di chiusura è stata individuata alla periferia Nord dell'abitato di Piscinas alla confluenza con il Rio Piscinas. Il bacino sottende aree sede di attività agricola e di qualche edificio sparso legato alla conduzione dei fondi.

Sezione	Nome elemento idrico	Superficie in kmq	Quota minima m	Quota massima m
A	Rio Funtanaluma	6,74	56,30	292,00

Il lavoro è stato sviluppato in conformità alle prescrizioni delle Linee Guida del PAI e con l'utilizzo di elaborazioni numeriche in ambiente GIS per la descrizione ed interazione delle diverse componenti territoriali coinvolte nel processo di trasformazione afflussi-deflussi. Per ciascun elemento studiato, sono state elaborate le seguenti fasi di lavoro:

- Predisposizione della cartografia numerica e redazione del modello digitale della quote (DEM);
- Individuazione dei bacini idrografici e del reticolo superficiale;
- Implementazione delle componenti geolitologiche, pedologiche e di uno del suolo;
- Redazione delle carte tematiche;
- Attribuzione dei coefficienti CN (Curve Number) necessari per determinare il grado di permeabilità delle superfici contribuenti;
- Calcolo dell'altezza di pioggia che da origine alle portate superficiali;
- Valutazione del tempo di corrvazione e calcolo delle portate di piena.

La portata calcolata è dovuta la processo di trasformazione afflussi-deflussi operato dalle aree precedentemente individuate.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
V.02	Relazione Idrologica	26/02/2022	R0	Pagina 8 di 18

**PROGETTO AGRO-FOTOVOLTAICO
IMPIANTO DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE DI TIPO FOTOVOLTAICO INTEGRATO
DA RIQUALIFICAZIONE AGRICOLA**

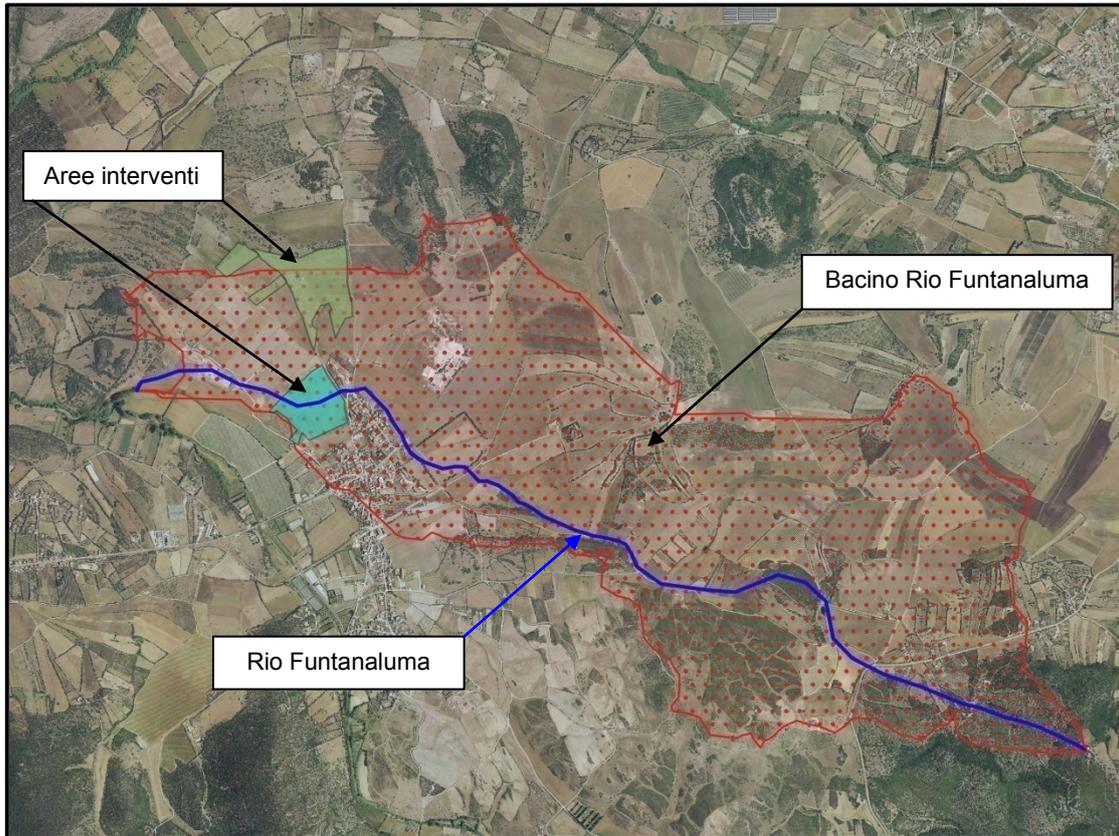


Figura 5 Bacino Idrografico zona di studio

Individuazione dei parametri morfometrici

È necessario calcolare i parametri morfometrici relativi al bacino oggetto del presente studio. Il riferimento cartografico principale è dato dal rilievo aerofotogrammetrico realizzato dalla Cassa per il Mezzogiorno negli anni Settanta del secolo scorso in scala 1:5.000, il tutto completato dalla più aggiornata cartografia tecnica regionale (CTR) in scala 1:10.000, integrato con il DTM della regione Sardegna passo 10 m e passo ad 1m.

I parametri analizzati e funzionali ai calcoli idraulici e idrologici sono i seguenti:

- superficie del bacino S ;
- altezza media del bacino H_m , calcolata mediante la formula

$$H_m = \frac{\sum_i S_i \cdot h_i}{\sum_i S_i};$$

- pendenza media del bacino p_b , calcolata mediante la formula di Alvord-Horton

$$i_b = \frac{\Delta h \cdot \sum_i l_i}{\sum_i S_i};$$

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
V.02	Relazione Idrologica	26/02/2022	R0	Pagina 9 di 18

**PROGETTO AGRO-FOTOVOLTAICO
IMPIANTO DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE DI TIPO FOTOVOLTAICO INTEGRATO
DA RIQUALIFICAZIONE AGRICOLA**

- lunghezza dell'asta principale L ;
- pendenza media dell'asta fluviale i , calcolata mediante la formula

$$\sqrt{i} = \frac{L}{\sum_n \frac{l_n}{\sqrt{i_n}}}$$

n.	corso d'acqua	sub-bacino	Superficie del bacino	Altitudine massima	Altitudine minima	Altitudine media	Dislivello complessivo	Pendenza media del bacino	Lunghezza dell'asta principale	Pendenza dell'asta principale	Quota della sezione di chiusura	Curve Number
			S	H_{max}	H_{min}	H_{med}	$H_{max} - H_{min}$	p_m	L	i	H_{min}	CN
			[km ²]	[m slm]	[m slm]	[m slm]	[m]	[%]	[km]	[%]	[m slm]	[adim]
1	Bacino_Rio Funtanaluma	A	6,76	292,00	56,30	104,73	235,70	9,46	5,89	4,30	56,5	88.85

Tab. n. 1 - Caratteristiche morfometriche del sub-bacino analizzato

Valutazione delle capacità di deflusso dei suoli

La valutazione delle capacità di deflusso dei suoli è legata alla determinazione dell'indice CN, calcolato con il metodo SCS-Curve Number, come peraltro previsto dalle linee guida del PAI.

L'indice CN, adimensionale, è un valore compreso tra 0 e 100 ed è espresso in funzione di tre aspetti:

- natura del suolo;
- tipo di copertura vegetale;
- condizioni di umidità al suolo antecedenti la precipitazione.

I suoli. I suoli sono stati classificati partendo dalla Carta geologica - elementi areali della Sardegna (*geologiaAreali2008*) aggiornata al 2008, disponibile sul sito www.sardegnameoportale.it, nella quale sono stati suddivisi in quattro gruppi, come previsto dal metodo del Curve Number, in funzione delle caratteristiche geologiche delle aree in questione.

L'uso del suolo. Analogamente a quanto previsto per i suoli, il riferimento per l'uso del suolo è derivato dal database Unico del SITR per la parte di competenza (*usoSuolo2008*),

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
V.02	Relazione Idrologica	26/02/2022	R0	Pagina 10 di 18

**PROGETTO AGRO-FOTOVOLTAICO
IMPIANTO DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE DI TIPO FOTOVOLTAICO INTEGRATO
DA RIQUALIFICAZIONE AGRICOLA**

disponibile sul sito www.sardegnegeoportale.it. In particolare, è stato assegnato un valore di CN per ogni tipologia di copertura del territorio, come indicato nella classificazione della metodologia CIMA (Centro di Ricerca Interuniversitario in Monitoraggio Ambientale, Savona) per conto e in coordinamento della Protezione Civile Nazionale Protezione Civile Nazionale.

Umidità del suolo. In merito al calcolo della umidità del suolo e relativamente all'impiego del metodo del Curve Number, si fa riferimento allo schema che individua la condizione di umidità antecedente (AMC) in funzione della precipitazione anteriore di 5 giorni.

Calcolo del parametro CN

Il programma CORINE (COoRdination of INformation on Environment) è stato definito dalla Commissione Europea nel 1985 con lo scopo di organizzare la raccolta di informazioni sull'ambiente e le risorse naturali della Comunità. Il programma ha previsto tra gli altri aspetti in particolare la produzione e raccolta di ricostruzioni dell'uso del suolo. Il progetto CORINE Land Cover ha dunque portato alla elaborazione di una mappa relativa alla copertura d'uso del suolo estesa a tutta la Comunità Europea, secondo una metodologia univoca, per la prima volta nel 1990, facendo sì che tale schema diventasse uno standard di riferimento assoluto.

Il valore del CN all'interno del singolo sub-bacino è compreso tra 0 e 100 (crescente in funzione della minore permeabilità del suolo) e lo si è ottenuto mediante l'attribuzione di appositi valori di CN distinti in funzione degli areali. Tali valori, ottenuti per incrocio delle caratteristiche di uso prevalente del suolo e delle caratteristiche idrologiche del suolo, secondo i quattro tipi idrologici A-B-C-D a permeabilità decrescente, sono stati oggetto di un recente aggiornamento (febbraio 2019) che ha portato ad una nuova determinazione del CN(II) su scala regionale, come riportato in dettaglio nello studio del Dipartimento Geologico dell'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna – ARPAS.

Pertanto, i valori di Curve Number associati attraverso le caratteristiche dell'uso del suolo (CORINE), corretti considerando i fattori di variazione derivanti dall'analisi delle informazioni geologiche restituiscono valori del cosiddetto CN corretto.

Si definisce poi un ulteriore incremento del CN in funzione delle condizioni di umidità del terreno nei cinque giorni antecedenti l'evento meteorico di riferimento. In particolare la formula impiegata riguarda la cosiddetta condizione AMCIII, definita dalla formula

$$CN(III) = \frac{23 \cdot CN(II)}{10 + 0,13 \cdot CN(II)}$$

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
V.02	Relazione Idrologica	26/02/2022	R0	Pagina 11 di 18

**PROGETTO AGRO-FOTOVOLTAICO
 IMPIANTO DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE DI TIPO FOTOVOLTAICO INTEGRATO
 DA RIQUALIFICAZIONE AGRICOLA**

definendo in tal modo un valore del parametro significativamente più cautelativo.

Infine, i diversi valori di CN corretti zona per zona sono stati pesati in funzione della superficie relativa mediante la formula

$$CN = \frac{\sum_i S_i \cdot CN_i}{\sum_i S_i}$$

in cui S_i è la superficie i-esima associata al valore i-esimo di CN corretto.

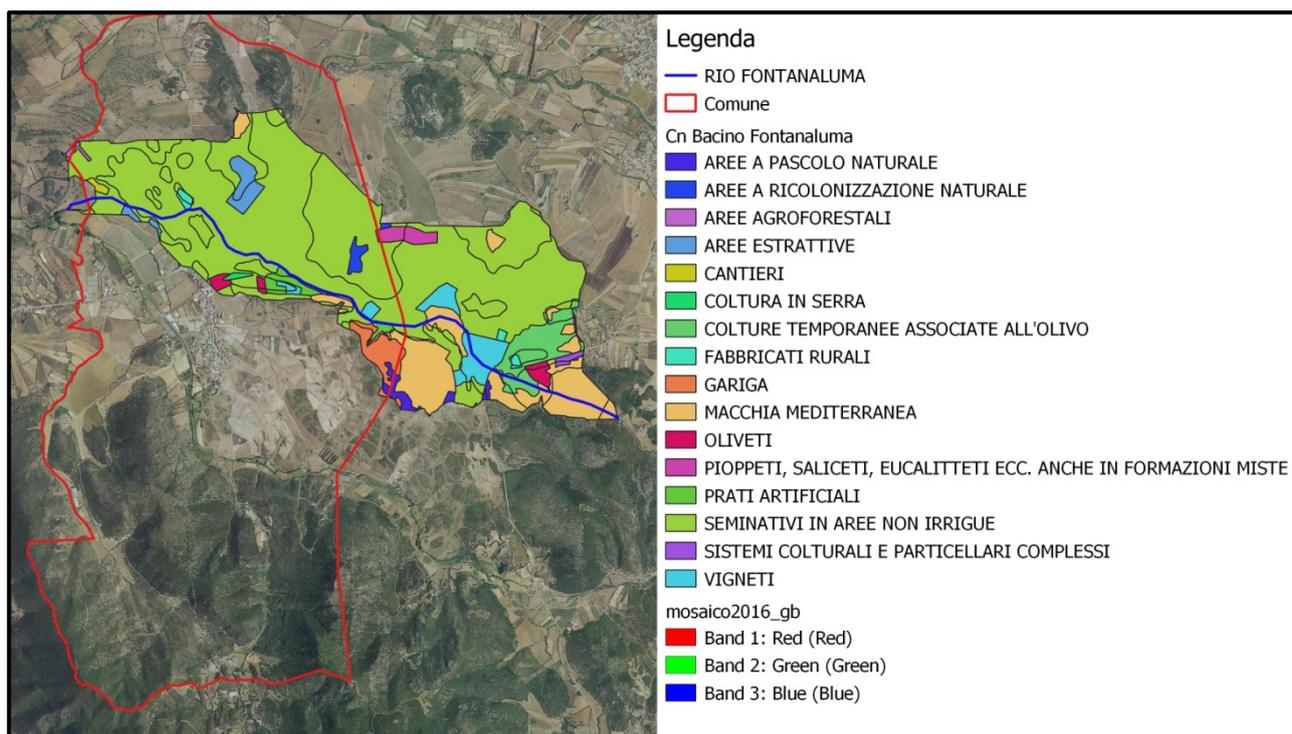


Figura 6 Carta del curve number bacino Rio Funtanaluma

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
V.02	Relazione Idrologica	26/02/2022	R0	Pagina 12 di 18

4. VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA

Aspetti metodologici

Per quanto concerne la metodologia da impiegare per la valutazione delle portate di piena dei bacini oggetto dello studio, il Piano stralcio per Assetto Idrogeologico della Sardegna prevede l'impiego di:

- **metodi diretti**, attraverso i quali si elabora i dati di portata disponibili per i singoli corsi d'acqua conosciuti;
- **metodi indiretti**, attraverso i quali si supplisce all'insufficienza dei dati in possesso mediante apposite elaborazioni di dati riguardanti osservazioni rilevati su altri corsi d'acqua, affini o per morfologia o per collocazione idrologica, oppure si elaborano attraverso modelli afflussi-deflussi i dati di precipitazione registrati per quel bacino;
- **studi specifici**.

In particolare, nel caso dei bacini oggetto di osservazione nel presente studio non si ha a disposizione una serie storica che caratterizzi l'analisi idrologica, anche perché le stazioni di rilevamento cui si può fare riferimento sono non particolarmente significative nel dettaglio del presente reticolo idrografico in studio. Si è dunque fatto riferimento esclusivamente al metodo indiretto indicato nel Rapporto Regionale Sardegna "Valutazione delle piene in Sardegna", il quale si basa sul metodo razionale (o metodo cinematico) con curva di possibilità pluviometrica TCEV.

Metodo razionale con curva di possibilità pluviometrica TCEV

L'equazione su cui si basa il metodo razionale è la seguente:

$$Q = \Phi \cdot \frac{h \cdot A}{3,6 \cdot t_p} \cdot \varepsilon \cdot r;$$

in cui:

Q= portata di massima piena [m³/s];

Φ = coefficiente di afflusso [adim];

h = altezza di pioggia ragguagliata sul bacino [mm];

A = superficie del bacino [km²];

r = coefficiente di ragguaglio [adim];

ε = coefficiente di laminazione [adim];

t_p = durata di pioggia critica [h].

Altezza di pioggia h. Il valore dell'altezza di pioggia ad un dato periodo di ritorno *T* è dato in letteratura dalla formula generale secondo cui

$$h(T) = a \cdot d^n .$$

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
V.02	Relazione Idrologica	26/02/2022	R0	Pagina 13 di 18

**PROGETTO AGRO-FOTOVOLTAICO
IMPIANTO DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE DI TIPO FOTOVOLTAICO INTEGRATO
DA RIQUALIFICAZIONE AGRICOLA**

La metodologia impiegata per il calcolo delle altezze di pioggia nel territorio regionale si basa, tuttavia sulla inferenza statistica del modello probabilistico TCEV della variabile adimensionale $h'(T)$ definita come

$$h'(T) = \frac{h(d)}{\bar{h}(d)},$$

vale a dire il massimo annuale di pioggia per una durata d , normalizzato rispetto alla media \bar{h} e successivamente sul calcolo della $\bar{h}(d)$ per le diverse durate di precipitazione d .

Pertanto, l'equazione della curva di possibilità pluviometrica normalizzata è, per ciascun tempo di ritorno T

$$h(T) = a \cdot d^n = h'(T) \cdot \bar{h}(d) = a_1 \cdot a_2 \cdot d^{n_1+n_2}$$

in cui

a [adim] e n [mm/h] = parametri espressi in scala logaritmica in funzione del tempo di ritorno T e delle caratteristiche climatiche delle zone in esame. In particolare, i parametri della curva di possibilità climatica si determinano in base a:

$$a = a_1 \cdot a_2 \quad \text{e} \quad n = n_1 + n_2,$$

in cui i coefficienti a_1 e n_1 si determinano in funzione della pioggia indice giornaliera \bar{h}_g che è la media dei massimi annui di precipitazione giornaliera.

Il metodo TCEV applicato al caso della Sardegna definisce detti parametri in funzione di una suddivisione in zone della territorio e in funzione della durata della pioggia. Più precisamente, la sottozona in cui ricade il territorio di Piscinas è la n. 2 (**SZO 2**), da cui si ha:

- per $T \leq 10$ anni

$$a_2 = 0,64767 + 0,89360 \cdot \log_{10} T$$

$$n_2 = -6.0189 \cdot 10^{-3} + 3.2950 \cdot 10^{-4} \cdot \log_{10} T$$

- per $T > 10$ anni

$$a_2 = 0,44182 + 1,0817 \cdot \log_{10} T$$

$$n_2 = -0,18676 + 0,24310 \cdot \log_{10} T - 35453 \cdot 10^{-2} \cdot (\log_{10} T)^2 \quad \text{se } t_p \leq 1 \text{ [h]}$$

$$n_2 = -5.6593 \cdot 10^{-3} - 4.0872 \cdot 10^{-3} \cdot \log_{10} T \quad \text{se durata della pioggia } t_p > 1 \text{ [h]}$$

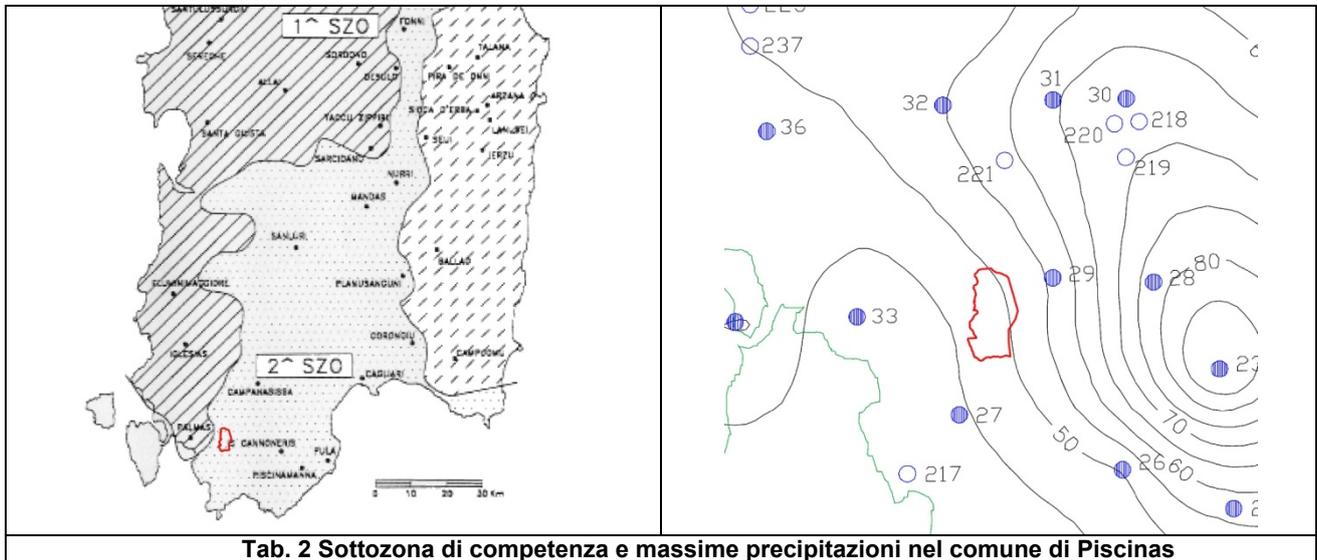
Indi, la pioggia media per diverse durate $\bar{h}(d)$, detta anche pioggia indice, è funzione della pioggia giornaliera \bar{h}_g , mediante l'espressione:

$$\bar{h}(d) = a_1 \cdot d^{n_1} = \frac{\bar{h}_g}{0,886 \cdot 24^{(-0,493+0,476 \cdot \log \bar{h}_g)}} \cdot d^{(-0,493+0,476 \cdot \log \bar{h}_g)}$$

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	Pagina
V.02	Relazione Idrologica	26/02/2022	R0	14 di 18

**PROGETTO AGRO-FOTOVOLTAICO
IMPIANTO DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE DI TIPO FOTOVOLTAICO INTEGRATO
DA RIQUALIFICAZIONE AGRICOLA**

I riferimenti numerici da inserire nelle relative relazioni si ricavano dallo “Studio regionale delle massime precipitazioni giornaliere in Sardegna” di Deidda, Piga e Sechi (a. 1993), secondo il quale la pioggia media giornaliera \bar{h}_g è stata calcolata effettuando la media pesata, sull’intera superficie del bacino in oggetto, di tutte le altezze di pioggia ricadenti su quel territorio. Nel caso in questione è stata impiegata $\bar{h}_g = 50$ mm, relativa alla Sottozona 2.



Tab. 2 Sottozona di competenza e massime precipitazioni nel comune di Piscinas

Il **coefficiente di ragguaglio r** è funzione dell’area del sub-bacino e della durata della pioggia critica. Nel caso in questione si fa riferimento al metodo usato nel VAPI Sardegna, che fa riferimento al Flood Studies Report del Wallingford Institute, secondo cui:

$$r = 1 - (0,0394 \cdot S^{0,354}) \cdot d^{-0,40+0,0208 \cdot \ln(4,6 - \ln S)} \quad \text{per } S < 20 \text{ km}^2;$$

$$r = 1 - (0,0394 \cdot S^{0,354}) \cdot d^{-0,40+0,000382 \cdot \ln(4,6 - \ln S)} \quad \text{per } S > 20 \text{ km}^2;$$

Pioggia netta h_{netta} e coefficiente di afflusso Φ . Il valore del coefficiente di afflusso lo si ricava applicando il metodo del SCS-Curve Number dello U.S. Department of Agriculture degli Stati Uniti (1972), secondo il quale

$$h_{netta} = \frac{(h - I_a)^2}{(h + A - I_a)};$$

in cui:

h = pioggia stimata per assegnata distribuzione di probabilità;

A = rappresenta l’assorbimento del bacino [mm], dato dalla seguente formula

$$A = 254 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right);$$

I_a = assorbimento iniziale, legato empiricamente a S dalla relazione:

$$I_a = 0,2 \cdot A;$$

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
V.02	Relazione Idrologica	26/02/2022	R0	Pagina 15 di 18

**PROGETTO AGRO-FOTOVOLTAICO
IMPIANTO DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE DI TIPO FOTOVOLTAICO INTEGRATO
DA RIQUALIFICAZIONE AGRICOLA**

con

CN = parametro di assorbimento che si calcola in funzione della specifica sezione idrologica mediante il metodo SCS-CN, secondo quanto precedentemente riportato.

In particolare, si è proceduto individuando il tipo di suolo prevalente e il corrispondente gruppo di appartenenza, attribuendo i diversi valori di CN zona per zona. Indi è stata effettuata una media pesata in relazione al tipo di copertura vegetale esistente, come da formula

$$CN = \frac{\sum_i S_i \cdot CN_i}{\sum_i S_i}$$

Il valore del coefficiente di afflusso Φ lo si ottiene poi mediante la relazione $\Phi = \frac{h_{netta}}{h}$.

In merito al coefficiente di afflusso, i risultati ottenuti dalla calcolo del Curve Number portano a valori percentuali medi.

Infine, l'intensità di pioggia netta i_n si ottiene mediante la formula seguente:

$$i_n = \frac{h}{t_c}$$

Durata della pioggia critica t_p . nel caso del modello di corrivazione la durata della pioggia critica è data da:

$$t_p = t_c + t_f;$$

in cui:

t_c = tempo di corrivazione ricavabile mediante diverse formule di seguito elencate;

t_f = è il tempo di formazione del ruscellamento superficiale, ricavabile (in maniera iterativa) mediante la formula

$$t_f = \frac{I_a}{i},$$

secondo cui

i = intensità di pioggia corrispondente alla pioggia critica.

Tempo di corrivazione t_c . Il calcolo del tempo di corrivazione si effettua mediante l'applicazione di alcune formule, ognuna delle quali si adatta ad un contesto specifico meglio delle altre.

$$t_c = 1,67 \cdot \frac{1.000 \cdot L^{0,8} \cdot \left(\frac{100}{CN} - 9\right)^{0,7}}{1.900 \cdot p_m^{0,5}} \quad [\text{min}] \quad \text{Soil Conesevation Service;}$$

$$t_c = 0,1272 \cdot \sqrt{\frac{S}{p_m}} \quad [\text{h}] \quad \text{formula di Ventura;}$$

$$t_c = \frac{1,5 \cdot L + 4 \cdot \sqrt{S}}{0,8 \cdot \sqrt{H_{med} - H_{min}}} \quad [\text{h}] \quad \text{formula di Giandotti;}$$

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
V.02	Relazione Idrologica	26/02/2022	R0	Pagina 16 di 18

**PROGETTO AGRO-FOTOVOLTAICO
 IMPIANTO DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE DI TIPO FOTOVOLTAICO INTEGRATO
 DA RIQUALIFICAZIONE AGRICOLA**

$$t_c = \frac{0,108 \cdot \sqrt[3]{S \times L}}{\sqrt{i}} \quad [h] \quad \text{formula di Pasini;}$$

$$t_c = \frac{L}{3.600 \cdot V_m} \quad [h] \quad \text{formula di Viparelli;}$$

$$t_c = 0,212 \cdot S^{0,231} \cdot \left(\frac{H_{med}}{i}\right)^{0,289} \quad [h] \quad \text{formula VAPI-Sardegna;}$$

in cui

V_m = velocità media di scorrimento [m/s], normalmente compresa tra 1 e 1,5 [m/s] e in questo caso assunta pari a 1,2 [m/s].

Sono di seguito riportati i risultati ottenuti distinti per sub-bacino e per formulazione.

n.	Corso d'acqua	sub-bacino	formulazione impiegata [h]					
			Soil Conservation Service (SCS)	Ventura	Giardotti	Pasini	VAPI	Viparelli
1	Rio Funtanaluma	A	0,14	1,65	3,45	0,12	0,66	1,96
In neretto le formulazioni adottate per il singolo sub-bacino								
Tab. n. 3 - Tempi di corrivazione								

Relativamente ai tempi di corrivazione, tra le varie formule impiegate si è optato per il tempo minore, in modo da privilegiare le condizioni idraulicamente più onerose, come è possibile evincere dalla tabella riassuntiva sopra riportata.

Coefficiente di laminazione ϵ . Il coefficiente di laminazione nel caso dei sub-bacini in questione è stato preso cautelativamente pari alla unità, anche in considerazione del fatto che l'esigua estensione degli stessi comporta fenomeni di laminazione molto limitati.

Portata al colmo

I valori di portata stimati (metodo indiretto) sono di seguito riportati e distinti per bacino e per tempo di ritorno.

sub-bacino Rio Funtanaluma						
Metodo	T = 50 anni	T = 100 anni	T = 200 anni	T = 500 anni		
TCEV	45,81	54,14	62,90	75,90	[m ³ /s]	
Tab. n. 4 - Valori di portata suddivisi per tempo di ritorno						

5. CONCLUSIONI

La relazione idrologica consiste nello studio della formazione, natura e dinamica delle acque continentali. Tale relazione valuta la formazione e la quantità delle precipitazioni, elabora modelli di previsione delle stesse utilizzando metodi propri dell'idrologia tecnica, di tipo analitico e statistico-probabilistico. Il contenuto della relazione idrologica è infatti volto a determinare le precipitazioni che afferiscono la specifica area oggetto di indagine ed alla successiva valutazione della trasformazione da afflussi meteorici a deflussi superficiali che scorrono in una data sezione di chiusura dell'area considerata (area scolante o bacino idrografico). La quantificazione dei deflussi (o portate) che attraversano la citata sezione di chiusura avviene solitamente mediante l'applicazione di modelli di trasformazione degli afflussi (precipitazioni) in deflussi (portate).

In questa relazione si è messo in evidenza quello che è il modello idrologico relativo al sub bacino del Rio Funtanaluma compreso in parte nel territorio del Comune di Piscinas ed in parte in quello di Santadi.

Per quanto riguarda l'eventuale presenza di vincoli sulle aree interessate dall'intervento si rimanda alle altre relazioni specialistiche allegate al presente progetto.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
V.02	Relazione Idrologica	26/02/2022	R0	Pagina 18 di 18