



# COMUNE DI CHIARAMONTI

PROVINCIA DI SASSARI

## PROGETTO ESECUTIVO

# PROGETTAZIONE DELLA MESSA IN SICUREZZA DEL CENTRO URBANO MEDIANTE REGIMAZIONE DELLE ACQUE PIOVANE

Legge 160/2019 art. 1 commi 51-58

ELABORATO	TAVOLA
RELAZIONE DI CALCOLO IDRAULICO	A.02
Data: Dicembre 2025	

### RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Dott. Pietro Canu

### RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI

Dott. Ing. Carlo Gavino Lippi

Dott. Ing. Giampiero Lavena

Dott. Ing. Giovanni Battista Lippi

Dott. Arch. Mariachiara Solinas

### COLLABORATORE

Geom. Antonello Pietro Chessa



## **1. PREMESSA**

La presente relazione, redatta su incarico dell'Amministrazione Comunale di Chiaramonti, fornisce tutti gli elementi idrologici ed idraulici necessari per definire la progettazione preliminare ed esecutiva degli interventi necessari a risolvere le criticità idrogeologiche all'interno del centro urbano comunale. Le aree di intervento sono ubicate sia nel nucleo abitativo principale sia in periferia. Le zone all'interno del nucleo abitativo principale sono dislocate in prossimità della fontana di via Generale Grixoni ed in prossimità della via sottostante i giardini pubblici ubicati presso il parco delle Rimembranze mentre la zona periferica interessata dalla progettazione dell'intervento è ubicata nel quartiere di "Cudina Rasa" in via Ciriaco Carru. I versanti interessati sono stati oggetto di attività edificatorie, sia a scopo residenziale che produttivo, spesso non accompagnate da una corretta regimazione delle acque meteoriche. In tempi recenti, infatti, le zone individuate dall'Amministrazione Comunale, sono state interessate da vasti e ripetuti allagamenti causati da eventi meteorici brevi, intensi e concentrati, sempre più frequenti, che hanno evidenziato la necessità impellente di procedere ad una sistemazione globale del sistema di smaltimento. Gli interventi in progetto si propongono di risolvere in maniera definitiva le criticità esistenti e sono dimensionati con riferimento alla portata avente tempo di ritorno di 30 anni.

## **2. METODOLOGIA UTILIZZATA PER LA DETERMINAZIONE DELLE PORTATE METEORICHE CON ASSEGNATO TEMPO DI RITORNO**

La valutazione delle portate meteoriche viene eseguita a partire dalla stima dell'altezza di precipitazione che può verificarsi sulla superficie scolante per una definita durata. Il dimensionamento delle opere in progetto viene eseguito con riferimento alle portate aventi tempo di ritorno di 30 anni.

## **3. VALUTAZIONE DELL'ALTEZZA DI PIOGGIA CON IL METODO TCEV DELLA REGIONE SARDEGNA**

La legge di distribuzione di probabilità del valore atteso a doppia componente, nota come TCEV (**Two Component Extreme Value**), rappresenta la distribuzione del massimo valore in un dato intervallo di tempo di una variabile casuale distribuita secondo una miscela di due esponenziali,

quando il numero di occorrenze di una stessa variabile, in detto intervallo, segue la legge di Poisson.

La stima dei parametri della distribuzione TCEV può essere effettuata utilizzando sia una serie di valori che eccedono un prefissato livello di soglia, sia una serie di valori massimi in un prefissato intervallo di tempo generalmente assunto, in idrologia, pari ad un anno. Detta stima può anche essere effettuata utilizzando tecniche di regionalizzazione dei parametri. Tali tecniche sono tra l'altro necessarie quando si vuole interpretare il comportamento statistico di una variabile idrologica, della quale non si dispone di osservazioni nella località di interesse. Per il caso in oggetto si fa riferimento allo studio relativo alla "Distribuzione TCEV: precipitazioni intense in Sardegna" – Deidda, R. ed E. Piqa, Curve di possibilità pluviometrica basate sul modello TCEV, Informazione, 81, pagine 9-14, Cagliari 1998".

Tale modello suddivide l'isola in **Zone Omogenee (SZO)** per calcolare le piogge estreme ( $\mu_g$ ) in base al tempo di ritorno (T) e alla durata ( $\tau$ ), usando formule specifiche per ogni SZO al fine di stimare le altezze di pioggia giornaliera ( $h_T$ ) e di piogge brevi ed intense, fondamentali per la progettazione idraulica e idrologica nell'isola. Il funzionamento del modello prevede i seguenti passaggi (Cfr. allegati alla relazione):

- **Suddivisione in SZO:** la Sardegna è divisa in Zone Omogenee (SZO) che raggruppano aree con caratteristiche climatiche simili (SZO 1, 2, 3);
- **Pioggia indice giornaliera ( $\mu_g$ ):** è la media dei massimi annui di precipitazione giornaliera per ogni SZO;
- **Coefficiente di crescita ( $K_T$ ):** un fattore adimensionale che dipende dal tempo di ritorno (T, da 2 a 1000 anni) e dalla SZO, determinato tramite formule matematiche specifiche;
- **Calcolo dell'altezza di pioggia giornaliera ( $h_T$ ):** Si ottiene moltiplicando  $\mu_g$  per  $K_T$ .

Le precipitazioni  $h$  e  $\mu$  sono sempre espressi in mm, la durata  $\tau$  in ore e le relazioni sono valide per tempi di ritorno T compresi fra 2 e 1000 anni con durata  $\tau$  compresa fra 30 minuti e 24 ore. La pioggia indice  $\mu_\tau$  di durata  $\tau$  (ovvero la media dei massimi annui delle piogge di durata  $\tau$ ) può essere espressa in forma monomia:

$$\mu(\tau) = a_1 \cdot \tau^{n1}$$

dove i coefficienti  $a_1$  e  $n_1$  si possono determinare in funzione della pioggia indice giornaliera  $\mu_g$ :

$$a_1 = \frac{\mu_g}{(0,886 \cdot 24^{n_1})}$$

$$n_1 = -0,493 + 0,476 \cdot \log_{10} \mu_g$$

L'altezza di pioggia  $h_T(\tau)$  di durata  $\tau$  con assegnato tempo di ritorno  $T$  in anni si ottiene moltiplicando la pioggia indice  $\mu_\tau$  per un coefficiente di crescita:

$$K_T(\tau) = a_2 \cdot \tau^{n_2}$$

$$h_\tau(\tau) = \mu(\tau) \cdot K_T(\tau) = (a_1 \cdot a_2) \cdot \tau^{(n_1+n_2)}$$

dove i coefficienti  $a_2$  e  $n_2$  si determinano con le relazioni seguenti per differenti  $T$  e  $\tau$ :

per tempi di ritorno  $T > 10$  anni e per la SZO 2 alla quale appartiene il Comune di Chiaramonti (**Cfr. carte della distribuzione allegate**) abbiamo i seguenti parametri:

Pioggia indice giornaliera ( $\mu_g$ ): 45,00 mm H<sub>2</sub>O

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

$$n_2 = -0,18676 + 0,24310 \cdot \log_{10} T - 3,5453 \cdot 10^{-2} \cdot (\log_{10} T)^2 \quad \text{per } \tau < 1 \text{ ora}$$

$$n_2 = -5,6593 \cdot 10^{-3} - 4,0872 \cdot 10^{-3} \cdot \log_{10} T \quad \text{per } \tau > 1 \text{ ora}$$

#### 4. DETERMINAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

Le durate di pioggia critiche per i bacini, da considerare nei calcoli idrologici, sono quelle corrispondenti ai rispettivi tempi di corrivazione, ovvero il tempo necessario affinché tutta la superficie sottesa dalla prefissata sezione di chiusura contribuisca al deflusso. Tra le molteplici formule per il calcolo del tempo di corrivazione disponibili nella letteratura tecnica sono state utilizzate quelle aventi un campo di applicazione compatibile con le caratteristiche dei bacini in esame:

Ventura:

$$T_c = 0,1272 \cdot \left( \frac{S}{\frac{h_{max} - h_{min}}{L \cdot 1000}} \right)^{0,5}$$



Pasini:

$$T_c = 0,108 \cdot \frac{(S \cdot L)^{0,33}}{\left(\frac{h_{max} - h_{min}}{L \cdot 1000}\right)^{0,50}}$$

Dove la simbologia adottata ha i seguenti significati:

$T_c$  = tempo di corrivazione [ore]

$S$  = superficie bacino [ $Km^2$ ]

$L$  = lunghezza asta principale [Km]

$h_{max}$  = altitudine massima asta [m s.l.m.]

$h_{min}$  = altitudine sezione di chiusura [m s.l.m.]

Il tempo di corrivazione che viene attribuito a ciascun bacino in esame è stato assunto pari a quello ottenuto dalla media delle formule utilizzate:

**Bacino “via Generale Grixoni”**

Superficie	0,093 km <sup>2</sup>
L	0,294 km
$h_{max}$	470,55 m
$h_{min}$	405,30 m
$T_{corrivazione}$ (Ventura)	0,082 ore
$T_{corrivazione}$ (Pasini)	0,070 ore
$T_{corrivazione}$ (mediato)	0,076 ore

**Bacino “SS132 alla sezione del tubo in via Ciriaco Carru”**

Superficie	0,046 km <sup>2</sup>
L	0,154 km
$h_{max}$	461,89 m
$h_{min}$	438,10 m
$T_{corrivazione}$ (Ventura)	0,069 ore
$T_{corrivazione}$ (Pasini)	0,054 ore

$T_{\text{corrivazione}}$ (mediato)	0,062 ore
-------------------------------------	-----------

### **Bacino “Funtana Noa”**

Superficie	0,095 km <sup>2</sup>
L	0,388 km
$h_{\text{max}}$	467,03 m
$h_{\text{min}}$	398,26 m
$T_{\text{corrivazione}}$ (Ventura)	0,093 ore
$T_{\text{corrivazione}}$ (Pasini)	0,086 ore
$T_c$ (mediato)	0,090 ore

## **5. DETERMINAZIONE DELLA PORTATA D'ACQUA METEORICA DA SMALTIRE**

Applicando il modello TCEV con il tempo di corrivazione dei bacini calcolati precedentemente e a cui competono le condizioni idrologiche critiche per i bacini stessi, si calcolano le altezze di pioggia  $h_T(\tau)$  corrispondenti al caso in esame. Con riferimento allo scenario attuale e alle sezioni di chiusura considerate si ottengono i seguenti valori di altezza di pioggia di progetto aventi tempo di ritorno di 30 anni considerando il tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione dei bacini e supponendo che l'intensità sia ragionevolmente costante durante tale breve periodo:

### **Bacino “via Generale Grixoni”**

Pioggia indice giornaliera $\mu_g$	45,00 [mm H <sub>2</sub> O]
Tempo di ritorno T	30,00 [anni]
Tempo di corrivazione $\tau$	0,076 [ore] = 4,56 [minuti]
$n_1$	0,294 [adimensionale] - $\tau \leq 1$ ora
$a_1$	19,957 [adimensionale] - $\tau \leq 1$ ora
$a_2$	2,040 [adimensionale] - $\tau \leq 1$ ora
$n_2$	0,095 [adimensionale] - $\tau \leq 1$ ora
$h_t(\tau)$	14,941 [mm] in circa 5 minuti



$h_t(\tau)$	179,296 [mm] in 1 ora
$h_t(\tau)$	0,179 [m/h]
$\phi$ (coefficiente di deflusso)	0,65 [adimensionale]
Superficie bacino	93.000,00 [m <sup>2</sup> ]
Portata	3,01 [m <sup>3</sup> /s]

### **Bacino “via Ciriaco Carru” – tubazione a cielo aperto**

Pioggia indice giornaliera $\mu_g$	45,00 [mm H <sub>2</sub> O]
Tempo di ritorno T	30,00 [anni]
Tempo di corrivazione $\tau$	0,062 [ore] = 3,72 [minuti]
$n_1$	0,294 [adimensionale] - $\tau \leq 1$ ora
$a_1$	19,957 [adimensionale] - $\tau \leq 1$ ora
$a_2$	2,040 [adimensionale] - $\tau \leq 1$ ora
$n_2$	0,095 [adimensionale] - $\tau \leq 1$ ora
$h_t(\tau)$	13,804 [mm] in circa 4 minuti
$h_t(\tau)$	207,059 [mm] in 1 ora
$h_t(\tau)$	0,207 [m/h]
$\phi$ (coefficiente di deflusso)	0,65 [adimensionale]
Superficie bacino	46.000,00 [m <sup>2</sup> ]
Portata	1,72 [m <sup>3</sup> /s]

### **Bacino “Funtana Noa”**

Pioggia indice giornaliera $\mu_g$	45,00 [mm H <sub>2</sub> O]
Tempo di ritorno T	30,00 [anni]
Tempo di corrivazione $\tau$	0,09 [ore] = 5,40 [minuti]
$n_1$	0,294 [adimensionale] - $\tau \leq 1$ ora

a <sub>1</sub>	19,957 [adimensionale] - $\tau \leq 1$ ora
a <sub>2</sub>	2,040 [adimensionale] - $\tau \leq 1$ ora
n <sub>2</sub>	0,095 [adimensionale] - $\tau \leq 1$ ora
h <sub>t</sub> ( $\tau$ )	15,957 [mm] in circa 5,50 minuti
h <sub>t</sub> ( $\tau$ )	174,074 [mm] in 1 ora
h <sub>t</sub> ( $\tau$ )	0,174 [m/h]
$\phi$ (coefficiente di deflusso)	0,40 [adimensionale]
Superficie bacino	95.000,00 [m <sup>2</sup> ]
Portata	1,84 [m <sup>3</sup> /s]

## 6. CALCOLO DELLE SEZIONE DI SMALTIMENTO VIA CIRIACO CARRU – TUBAZIONE A CIELO APERTO

Nel caso di condotte a sezione circolare nota la portata (**Q**) da drenare, fissato il grado di riempimento ( **$h/D \leq 0,70 \div 0,80$** ) nonché la pendenza (**i**) ed il coefficiente di scabrezza (**k<sub>s</sub>**) della tubazione, allora è possibile ottenere la seguente equazione che fornisce il diametro incognito della condotta:

$$D = 1,5483 \cdot \left( \frac{Q}{r_Q \cdot k_s \cdot \sqrt{i}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Dove:

h/D = grado di riempimento prudenzialmente scelto pari a 0,75;

Q [m<sup>3</sup>/s] = portata da convogliare in condotta;

k<sub>s</sub> [m<sup>1/3</sup>/s] = coefficiente di scabrezza di Strickler;

i [m/m] = pendenza della condotta;

r<sub>Q</sub> [n. p.] = Q/Q<sub>r</sub> (rapporto fra la portata da convogliare Q e quella di massimo riempimento Q<sub>r</sub>)

I valori del rapporto r<sub>Q</sub> possono essere ricavati dalla seguente funzione omotetica (R<sup>2</sup> = 0,9996):



$$r_Q = -2,8483 \cdot \left(\frac{h}{D}\right)^4 + 2,9178 \cdot \left(\frac{h}{D}\right)^3 + 0,6222 \cdot \left(\frac{h}{D}\right)^2 + 0,3471 \cdot \left(\frac{h}{D}\right) - 0,0203$$

Determinato il diametro incognito D, per conoscere il valore della velocità media nella condotta, considerando il massimo rapporto ammissibile  $h/D = 0,75$ , al quale corrisponde un angolo (rad):  $\alpha^\circ = 2 \cdot \arccos(1 - 2 \cdot h/D) = 4,1888$ , corrisponde la seguente funzione adimensionale (G. Becciu, A. Paoletti, 2013):

$$F_V = \left( \frac{\alpha - \sin \alpha}{2 \cdot \alpha^2} \right)$$

che restituisce il seguente valore della velocità media, raggiunta nella condotta:

$$v = \left( F_V \cdot k_S^3 \cdot Q \cdot l^{\frac{3}{2}} \right)$$

In funzione di quanto prima specificato otteniamo i seguenti valori dimensionali per il primo tratto fino al versante da consolidare:

Rapporto di riempimento h/D	0,75 [adimensionale]
$k_S$ - coefficiente di scabrezza di Strickler	130,00 [ $m^{1/3}/s$ ]
Q - portata da convogliare	1,72 [ $m^3/s$ ]
l – pendenza della condotta	0,11 [m/m]
$r_Q$ – rapporto $Q/Q_r$	0,92 [adimensionale]
D – diametro condotta	0,48 [m]
$\alpha$ - angolo tubazione rispetto grado di riempimento	4,1888 [rad]
$F_V$ – funzione adimensionale	0,1440 [adimensionale]
$v_{media}$ – velocità raggiunta in condotta	11,87 [m/s]

I valori della velocità ottenuti nel tratto indicato precedentemente giustificano la scelta dell’inserimento, lungo linea, dei dissipatori di energia (**Cfr. tavole allegate**) adatti per condotte in forte pendenza. La scelta progettuale ha lo scopo di evitare la formazione di zone di cavitazione, i

peculiari fenomeni di aereazione, le conseguenti spesso violente pulsazioni di deflusso e quindi la necessità di una quasi integrale dissipazione dell'energia della vena tracimante al piede del pozzo. Per quanto concerne invece il tratto di arrivo alla sede stradale si ha:

Rapporto di riempimento $h/D$	0,75 [adimensionale]
$k_s$ - coefficiente di scabrezza di Strickler	130,00 [ $m^{1/3}/s$ ]
$Q$ - portata da convogliare	1,72 [ $m^3/s$ ]
$I$ – pendenza della condotta	0,04 [m/m]
$r_Q$ – rapporto $Q/Q_r$	0,92 [adimensionale]
$D$ – diametro condotta	0,48 [m]
$\alpha$ - angolo tubazione rispetto grado di riempimento	4,1888 [rad]
$F_v$ – funzione adimensionale	0,1440 [adimensionale]
$v_{media}$ – velocità raggiunta in condotta	8,12 [m/s]

## 7. CALCOLO DELLE CADITOIE IN VIA GRIXONI E PRESSI “FUNTANA NOA”

La verifica del sistema di caditoie è stata effettuata considerando un tirante idrico massimo pari ad  $h = 0,01$  m. Utilizzando la relazione sviluppata da McGhee, secondo la quale la capacità di smaltimento della caditoia è calcolabile tramite la seguente espressione:

$$q_{max} = k \cdot A_{libera} \cdot h^{1/2} \cdot \eta$$

dove:

$A_{libera}$  = area libera della luce

$K$  = costante pari a 2,96 che tiene conto delle unità di misura utilizzate nel Sistema Internazionale

$\eta$  = coefficiente riduttivo per ottenere la superficie netta dei fori della caditoia

Una volta effettuato il calcolo dell'area libera, la stessa viene epurata mediante un coefficiente riduttivo  $c_r$  per ottenere la superficie netta dei fori della caditoia.



<b><u>Via Generale Grixoni - dimensioni della griglia: 685 cm · 50 cm</u></b>	
L	685 [cm]
B	50 [cm]
$\eta$	0,75 [adimensionale]
$A_{TOTALE}$	3,43 [m <sup>2</sup> ]
$c_r$ – coefficiente di riduzione dell'area lorda	0,50 [adimensionale]
$A_{libera}$ – area netta fori caditoia	1,72 [m <sup>2</sup> ]
h – tirante idrico massimo	0,01 [m]
$q_{max}$	0.38 [m <sup>3</sup> /s]
Numero griglie poste in opera	1

<b><u>Via Generale Grixoni - dimensioni della griglia: 160 cm · 50 cm</u></b>	
L	160 [cm]
B	50 [cm]
$\eta$	0,75 [adimensionale]
$A_{TOTALE}$	0,80 [m <sup>2</sup> ]
$c_r$ – coefficiente di riduzione dell'area lorda	0,50 [adimensionale]
$A_{libera}$ – area netta fori caditoia	0,40 [m <sup>2</sup> ]
h – tirante idrico massimo	0,01 [m]
$q_{max}$	0.09 [m <sup>3</sup> /s]
Numero griglie poste in opera	3



<b>Via Generale Grixoni - dimensioni della griglia: 60 cm · 60 cm</b>	
L	60 [cm]
B	60 [cm]
$\eta$	0,75 [adimensionale]
$A_{TOTALE}$	0,36 [m <sup>2</sup> ]
$c_r$ – coefficiente di riduzione dell'area lorda	0,50 [adimensionale]
$A_{libera}$ – area netta fori caditoia	0,18 [m <sup>2</sup> ]
h – tirante idrico massimo	0,01 [m]
$q_{max}$	0.04 [m <sup>3</sup> /s]
Numero griglie poste in opera	6

Si riporta di seguito la capacità di captazione di tutte le griglie poste sul piano stradale:

Via Generale Grixoni	
1 griglia 685 cm · 50 cm	0.38 [m <sup>3</sup> /s]
3 griglie 160 cm · 50 cm	0.27 [m <sup>3</sup> /s]
6 griglie 60 cm · 60 cm	0.24 [m <sup>3</sup> /s]
Totale	0,90 [m <sup>3</sup> /s]

La portata del bacino di via Grixoni risulta essere pari a 3,01 [m<sup>3</sup>/s] ma, come si evince dalle planimetrie, tale portata viene in buona parte smaltita dal sistema di caditoie presenti nelle zone soprastanti il quartiere in oggetto. La superficie da imputare alle nuove caditoie installate è pari a circa 1.050,00 m<sup>2</sup>, ragion per cui, la portata di smaltimento indicata nella tabella riepilogativa precedente, pari a circa un terzo della portata totale dell'intero bacino, è da ritenersi assolutamente adeguata alle condizioni di progetto.



<b>Funtana Noa - dimensioni della griglia: 380 cm · 50 cm</b>	
L	380 [cm]
B	50 [cm]
$\eta$	0,75 [adimensionale]
$A_{TOTALE}$	1,90 [m <sup>2</sup> ]
$c_r$ – coefficiente di riduzione dell'area lorda	0,50 [adimensionale]
$A_{libera}$ – area netta fori caditoia	0,95 [m <sup>2</sup> ]
h – tirante idrico massimo	0,01 [m]
$q_{max}$	0.21 [m <sup>3</sup> /s]
Numero griglie poste in opera	3

Si riporta di seguito la capacità di captazione di tutte le griglie poste sul piazzale nei pressi di “Funtana Noa”:

<b>“Funtana Noa”</b>	
3 griglie 380 cm · 50 cm	0.21 [m <sup>3</sup> /s]
Totale	0,63 [m <sup>3</sup> /s]

Anche in questo caso, come nell'ipotesi indicata per via Generale Grixoni, la portata di smaltimento indicata nella tabella riepilogativa precedente, pari a circa un terzo della portata totale dell'intero bacino, è da ritenersi assolutamente adeguata alle condizioni di progetto. Si allegano alla relazione:

1. la carta delle SZO (**sottozone omogenee**) al fine di identificare con esattezza l'area insistente sul comune di Chiaramonti;
2. la carta delle isoiete per leggere la pioggia indice giornaliera  $\mu_g$  (espressa in mm).

Sassari, 9 dicembre 2025



