



COMUNE DI MARINEO
Città Metropolitana di Palermo
AREA TECNICA

**OPERE DI INTERVENTO SU AREA TRA LA VIA DEI MARINESI
NEL MONDO E LA VIA AGRIGENTO IN DISSESTO
IDROGEOLOGICO A SEGUITO DEGLI EVENTI METEOROLOGICI
DEL 03/11/2018 IN MARINEO (PA)
CUP G93H19000940001**

PROGETTO ESECUTIVO

ELABORATO:
RELAZIONI
– Calcoli e
Verifiche Idrauliche

PROGETTISTA:
Dott. Ing. Carmelo Lo Franco
Dott. Ing. Carmelo Lo Franco
Iscriz. all'albo degli Ingegneri
di Palermo n. 4062

TAV.
A.03.2

REV.

SCALA

DATA
DIC. 2019

R.U.P.:
Arch. Pier Giuseppe Sciortino

OGGETTO: Calcoli Idraulici e Verifica Condotte inerenti l'intervento su area tra la Via dei Marinesi nel Mondo e la via Agrigento in dissesto idrogeologico a seguito degli eventi meteorologici del 03/11/2018 in Marineo (PA).

Premessa

Il modulo del programma di calcolo consente la verifica di reti di deflusso a pelo libero, in ipotesi di moto permanente, con i più diffusi metodi iterativi di calcolo (Invaso italiano e Corrivazione) ed al metodo semplificato Iannelli.

Il programma prevede anche la possibilità di considerare le condotte per acque bianche, miste o anche nere, per il caso in esame i valori relativi ad acque nere e miste sono stati posti pari a zero.

Il calcolo sulla base dei dati di pioggia e dei bacini colanti oltre ai punti caratteristici di immissione nella condotta, ha effettuato le verifiche. I dati relativi ai bacini colanti sono stati dedotti dall'allegato allo studio geologico, i dati pluviometrici eccezionali sono stati letti dal sito dell'Osservatorio Regionale alle Acque e da questi a vantaggio di sicurezza si è estrapolato il dato del bacino di Tumminia alle ore 20 del 03/11/2018 e per la durata di un'ora in cui si sono avute precipitazioni pari a 53,8 mm. Nei punti di immissione in rete quindi sono state inserite le dimensioni dei bacini mentre è divenuto costante l'altezza di pioggia pari a 53,80 mm. per la durata dell'evento pari ad un'ora e costante per tutta la durata.

Considerata la pendenza sono stati inseriti dei pozzetti di salto per ridurre l'energia cinetica idraulica.

Di seguito si riportano le metodologie di verifica adottate.

Metodo dell'invaso italiano

Il metodo dell'invaso sfrutta per il calcolo delle portate di pioggia le capacità invasanti della rete. Le ipotesi alla base del metodo sono stazionarietà e linearità che comportano la invarianza nel tempo delle trasformazioni che il bacino compie sugli input (afflussi) e la validità del principio di sovrapposizione degli effetti.

In fase di calcolo si ipotizza che il riempimento dei canali avvenga in modo sincrono e che nessun canale determini fenomeni di rigurgito in tratti di canale a monte. Il metodo si fonda sulla equazione di continuità.

Se si indica con w il volume invasato nel bacino, con q la portata transitante attraverso la sezione di chiusura z e con p la portata netta immessa in rete, per la continuità si ha:

$$p(t) dt - q(t) dt = dw$$

considerando costante l'intensità di pioggia e individuando un legame funzionale tra w e q , si perviene alla fine ad una relazione in cui si esprime q in funzione del tempo t .

In particolare si fa riferimento alla relazione (valida nel caso in cui il moto vario si possa definire come sovrapposizione di moti uniformi):

$$w = K \omega$$

che rappresenta un legame di tipo lineare tra il volume invasato (w) e la sezione idrica (ω).

La successiva integrazione della su indicata equazione di continuità tra gli istanti $T_1 = 0$ e $T_2 = T_r$ (tempo di riempimento del canale, cui corrisponde una portata Q) ci permette di individuare qual'è il tempo (tempo di riempimento T_r) necessario perchè il canale convogli la massima portata possibile:

$$T_r = W/Q * \ln (p/(p-Q))$$

Se allora l'evento meteorico di intensità costante pari ad i ha una durata $T_p < T_r$ nel canale non si raggiungerà il massimo livello previsto, che invece viene raggiunto per $T_p = T_r$. Nel caso in cui, invece, dovesse risultare $T_p > T_r$ allora ci sarà un intervallo di tempo pari a $(T_p - T_r)$ in cui il canale esonderà non essendo in grado di convogliare la portata in arrivo.

Appare ovvio, quindi, che la condizione di corretto proporzionamento dello specchio è quella che si realizza nel caso che $T_p = T_r$ cioè nel caso in cui il tempo di pioggia eguagli proprio il tempo di riempimento del canale. In questa ottica nasce il metodo dell'invaso non come metodo di verifica, ma come strumento di progetto: ed infatti, se si impone l'uguaglianza $T_p = T_r$ e si sostituiscono le espressioni analitiche ai due termini si perviene ad una relazione:

$$u = K \frac{(\phi A)^{\frac{1}{n}}}{w^{\frac{1}{n}-1}}$$

dove:

u = coefficiente udometrico della sezione, rappresenta la portata per unità di superficie (Q/A);

K = costante che vale 2168 per sezioni ovoidali, 2518 per sezioni rettangolari o trapezie, 2878 per sezioni triangolari;

n = esponente della legge di pioggia;

A = area colante;

ϕ = coefficiente di afflusso.

Per quanto concerne l'utilizzo della (1), assegnata la legge di pioggia e il coefficiente di afflusso, si fissa un valore di primo tentativo di w , diciamolo w_1 . Dalla (1) si può così risalire al valore di u e quindi della portata mediante la conoscenza delle scale di deflusso delle sezioni, e si confronta il volume proprio invasato W così ricavato con quello iniziale di tentativo W_0 . Se $W = W_0$ (a meno di una certa precisione), allora l'ipotesi iniziale è corretta ed il problema è risolto; se invece $W - W_0$ è maggiore della precisione assegnata è necessario iterare il procedimento.

Metodo della Corrivazione

Il metodo della corrivazione tiene conto per il calcolo delle portate pluviali del tempo necessario affinché la pioggia, caduta in una certa zona del bacino, raggiunga la sezione terminale di un tratto della rete drenante.

Il bacino imbrifero è visto come un dispositivo atto a trasformare gli afflussi (input) in deflussi (output), con modalità dipendenti da ipotesi di linearità e stazionarietà; la portata, transitante attraverso la sezione terminale considerata, si valuta come somma dei contributi delle aree elementari gravanti a monte della sezione stessa. Tale metodo non considera quindi la capacità d'invaso della rete ma solo la sua capacità di trasferimento.

Il tempo di corrivazione t_c , cioè il tempo necessario affinché una goccia precipitata nel punto più lontano del bacino raggiunga la sezione di chiusura, è valutato indipendentemente dalla possibile interferenza nel deflusso della goccia con altre particelle d'acqua. I processi di trasferimento sono indipendenti dalla condizione in rete.

Nel caso di una rete di fognatura $t_c = (t_r + t_p)$ dove:

t_r = tempo di ruscellamento indica il tempo che impiega la particella per raggiungere il collettore,

t_p = tempo di percorrenza. che dipende dalla velocità che si viene ad instaurare nel collettore fognario.

In genere a t_r si assegna un valore dell'ordine della decina di minuti. Il peso di t_r sulla valutazione di t_c decresce all'aumentare del tempo t ; è chiaro che quindi un eventuale errore sulla determinazione di t_r si risente sui primi tratti e poi va via via attenuandosi.

Si ammette che la pioggia critica, per una data sezione di fognatura, abbia una durata pari al t_c dell'acqua caduta nel punto più lontano del bacino sotteso dalla sezione.

Il procedimento è iterativo in quanto il tempo di percorrenza, non disponibile, se non a progettazione avvenuta del collettore, viene ipotizzato a priori, verificandolo e correggendolo iterativamente finché i due valori risultano pressoché uguali.

Metodo semplificato di Iannelli

Il metodo semplificato di Iannelli si fonda sui presupposti che sono alla base del metodo dell'Invaso e consente una valutazione diretta (cioè non iterativa), per quanto approssimata, dei volumi propri invasati. Si basa sui risultati ottenuti da G. Cotecchia il quale ha individuato una relazione esistente tra l'area del bacino interessato e i valori del rapporto tra volume di invaso proprio e volumi dei piccoli invasi.

Tale metodo prevede l'introduzione di un parametro, il Coefficiente di Cotecchia, che in genere assume i seguenti valori:

- 0.27 per territori a forte pendenza;
- 0.29 per territori a media pendenza;
- 0.33 per territori a debole pendenza.

Scelta della formula di resistenza

Il calcolo delle caratteristiche idrauliche può essere svolto adottando una delle seguenti:

Formula di Gauckler – Strickler

$$V = K_{str} R^{\frac{2}{3}} i_f^{\frac{1}{2}}$$

R = raggio idraulico;

i_f = cadente piezometrica;

K_{str} = coefficiente di scabrezza, compreso tra 10 e 200.

Formula di Manning – Strickler

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} i_f^{\frac{1}{2}}$$

$1/n$ = coefficiente di scabrezza, compreso tra 0,005 e 0,1.

Formula di Chezy – Bazin

$$V = K_B \sqrt{Ri_f}$$

dove:

$$K_B = \frac{87}{\left(1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}\right)}$$

con γ parametro di scabrezza, compreso tra 0,01 e 3.

Formula di Chezy – Kutter

$$V = K_K \sqrt{Ri_f}$$

dove:

$$K_K = \frac{100}{\left(1 + \frac{m}{\sqrt{R}}\right)}$$

con m parametro di scabrezza, compreso tra 0,01 e 3.

Risultato del calcolo

Per ogni tratto della rete il programma fornisce i seguenti dati di pioggia:

- *Area colante totale [ha]* : è l'area di tutto il bacino imbrifero fino alla sezione di chiusura rappresentata dal picchetto finale del tratto.
- *Coefficiente di afflusso medio*: indica l'aliquota impermeabile dell'area colante totale che effettivamente contribuisce alla formazione della portata defluente nel tratto. Si ottiene come media pesata dei coefficienti di afflusso dei tratti che precedono il tratto in questione.
- *Volume invasato W_P [m^3/ha]* : rappresenta la somma dei volumi invasati in rete fino al tratto in questione.
- *Parametri della legge di pioggia - a ed n* : questi parametri possono variare da tratto a tratto se è stata utilizzata nel calcolo l'opzione "Effetto Area (Puppini)".
- *Coefficiente udometrico [l/sha]* : contributo di piena per unità di superficie: Q/A.

- *Tempo di Corrivazione [min]* : tempo necessario affinché una goccia precipitata nel punto più lontano del bacino raggiunga la sezione di chiusura. È una variabile propria del metodo della Corrivazione.
- *Portata di pioggia [mc/s]* : portata, dovuta alla pioggia, defluente nel tratto. Inoltre, sempre per ogni tratto della rete, sono riportati i risultati delle verifiche idrauliche :
 - *Portata nera, media e di punta [l/s]* : portata nera, media e di punta, defluente nel tratto.
 - *Portata totale [mc/s]* : somma della portata nera di punta e della portata di pioggia.
 - *Tirante minimo [m]* : altezza d'acqua quando defluisce nel canale la sola portata media nera.
 - *Tirante massimo [m]* : altezza d'acqua quando defluiscono nel canale la portata di pioggia e la portata di punta nera.
 - *Grado di riempimento massimo [%]* : percentuale di riempimento della sezione riferita alla sua altezza totale quando in essa defluisce la portata di pioggia più la portata di punta nera.
 - *Velocità minima [mis]* : si verifica quando defluisce nel canale la sola portata media nera.
 - *Velocità massima [mis]* : si verifica quando defluiscono nel canale la portata di pioggia e la portata di punta nera.

La verifica riguarda principalmente due condotte, la prima su tubazione in PVC fi 1000 e la seconda a valle della prima con un canale a cielo aperto.

Calcolo condotta in PVC

La condotta principale è stata progettata in PVC del diametro di 1000 mm, in corrispondenza dei pozzetti 1, 12 e 20 sono stati quantificati le portate affluenti dai relativi bacini colanti a monte, nei restanti pozzetti l'apporto è quasi irrisorio e dovuto principalmente al piccolo bacino colante rappresentato dalle strade.

La verifica è risultata positiva come meglio di seguito si legge.

RELAZIONE DI CALCOLO

La rete fognaria in oggetto è costituita da 23 picchetti e da 14 tratti.

Metodo di calcolo utilizzato: INVASO

Precisione: 0.01

Legge di pioggia

a: 62.00 mm/hⁿ

n: 0.50

Fattori di riduzione degli afflussi in rete

Puppini: SI

Fantoli: SI

Si riportano di seguito le caratteristiche delle sezioni utilizzate, le tabelle contenenti i dati di progetto, le tabelle dei risultati (tabella pioggia e tabella verifiche). Ogni tabella è corredata di legenda

TABELLA SEZIONI CIRCOLARI

N.	Nome	Diametro	Formula	Scabrezza
		[m]		
1	PVC 1000	1.00	GS	95.00

Legenda Formule di resistenza

GS = formula di Gauckler-Strickler: $V = K_s R^{(2/3)} j^{(1/2)}$

CB = formula di Chezy-Bazin: $V = K_b R^{(1/2)} j^{(1/2)}$, dove $K_b = 87 / (1 + \gamma / R^{(1/2)})$

CK = formula di Chezy-Kutter: $V = K_k R^{(1/2)} j^{(1/2)}$, dove $K_k = 100 / (1 + m / R^{(1/2)})$

MS = formula di Manning-Strickler: $V = (1/n) R^{(2/3)} j^{(1/2)}$

Nome	X	Y	Z
	[m]	[m]	[m]
1	0.00	174.05	551.10
2	40.10	164.05	550.08
3	69.15	170.50	548.15
4	104.25	193.15	546.05
5	128.05	212.35	544.15
6	150.00	220.00	542.20
7	174.10	221.05	541.30
8	191.15	213.25	540.20
9	210.35	203.05	539.30
10	221.10	195.05	538.10
11	240.15	147.10	536.52
12	248.40	110.05	535.30
13	259.20	84.50	534.10
14	274.05	70.20	532.60
15	290.20	56.60	531.10
16	310.15	52.00	530.00
17	348.30	54.10	528.70
18	386.50	43.10	527.00
19	414.00	43.60	526.20
20	440.20	63.05	524.90
21	455.25	70.20	520.98
22	461.15	74.30	517.00
23	467.05	78.10	514.60

TABELLA DATI PICCHETTI

Nome	Pic1	Pic2	Sez	Lungh.	Pend	Ac	Phi	Wo	Tr
				[m]	[-]	[ha]		[mc/ha]	[min]
1-3	1	3	PVC 1000	63.60	0.031	21.00	0.70	20.00	0.00
3-4	3	4	PVC 1000	40.00	0.052	0.01	0.80	0.00	0.00
4-5	4	5	PVC 1000	27.70	0.033	0.01	0.80	0.00	0.00
5-6	5	6	PVC 1000	20.60	0.046	0.01	0.80	0.00	0.00
6-8	6	8	PVC 1000	40.55	0.049	0.01	0.80	0.00	0.00
8-10	8	10	PVC 1000	38.40	0.029	0.02	0.80	0.00	0.00
10-12	10	12	PVC 1000	75.55	0.037	0.02	0.80	0.00	0.00
12-14	12	14	PVC 1000	46.45	0.058	5.50	0.80	0.00	0.00
14-16	14	16	PVC 1000	38.00	0.068	0.02	0.70	0.00	0.00
16-18	16	18	PVC 1000	72.50	0.055	0.04	0.80	0.00	0.00
18-20	18	20	PVC 1000	39.50	0.053	0.01	0.80	0.00	0.00
20-21	20	21	PVC 1000	16.90	0.173	2.70	0.72	0.00	0.00
21-22	21	22	PVC 1000	17.20	0.144	0.01	0.80	0.00	0.00
22-23	22	23	PVC 1000	12.30	0.073	0.01	0.80	0.00	0.00

Legenda Tabella Picchetti

Nome = nome identificativo del picchetto

X,Y = coordinate planimetriche del picchetto

Z = quota geodetica del picchetto

TABELLA DATI TRATTI

Legenda Tabella Tratti

Nome = nome identificativo del tratto inserito lungo il tracciato della rete

Pic1 = nome del 1° picchetto del tratto

Pic2 = nome del 2° picchetto del tratto

Sez = nome della sezione assegnata al tratto

L = lunghezza del tratto

Pend = pendenza del tratto

Ac = area colante che grava sul tratto

phi = coefficiente di afflusso; indica l'aliquota impermeabile dell'area gravante che

effettivamente contribuisce alla formazione della portata nel tratto

Wo = volume dei piccoli invasi; rappresenta la quantità di acqua che resta invasata sul terreno prima che possa cominciare a defluire

Tr = tempo di ruscellamento; rappresenta il tempo che una goccia d'acqua caduta nel punto più sfavorito del bacino impiega per arrivare alla rete

Nome	Sez	Actot	Phim	a	n	Wp	u	tc	Qp
		[ha]		[mm/h]		[mc]	[l/s/ha]	[min]	[mc/s]
1-3	PVC 1000	21.00	0.70	61	0.67	48.23	265.42	0.00	5.57
3-4	PVC 1000	21.01	0.70	61	0.67	70.92	259.57	0.00	5.45
4-5	PVC 1000	21.02	0.70	61	0.67	90.04	254.82	0.00	5.36
5-6	PVC 1000	21.03	0.70	61	0.67	102.10	252.00	0.00	5.30
6-8	PVC 1000	21.04	0.70	61	0.67	124.81	246.91	0.00	5.20
8-10	PVC 1000	21.06	0.70	61	0.67	151.67	241.30	0.00	5.08
10-12	PVC 1000	21.08	0.70	61	0.67	197.04	232.66	0.00	4.90
12-14	PVC 1000	26.58	0.72	61	0.67	228.35	262.73	0.00	6.98
14-16	PVC 1000	26.60	0.72	61	0.67	251.83	258.30	0.00	6.87
16-18	PVC 1000	26.64	0.72	61	0.67	299.72	250.05	0.00	6.66
18-20	PVC 1000	26.65	0.72	61	0.67	325.84	245.78	0.00	6.55
20-21	PVC 1000	29.35	0.72	61	0.67	333.53	254.94	0.00	7.48
21-22	PVC 1000	29.36	0.72	61	0.67	341.90	253.63	0.00	7.45
22-23	PVC 1000	29.37	0.72	61	0.67	349.78	252.42	0.00	7.41

TABELLA PIOGGIA

Legenda Tabella Pioggia

Nome = nome identificativo del tratto

Sez = nome della sezione assegnata al tratto

Actot = area colante totale, intesa come somma delle aree dei bacini che gravano, con i loro afflussi, sul tratto in esame;

Phim = coefficiente di afflusso medio delle aree gravanti sul tratto; indica l'aliquota impermeabile media delle aree gravanti sul tratto che effettivamente contribuisce alla formazione della portata

a = coefficiente della legge di pioggia

n = esponente della legge di pioggia

Wp = volume proprio totale invasato dalla rete; è la sommatoria dei volumi propri invasati in tutti i tratti a monte fino al tratto in esame incluso

u = coefficiente udometrico; rappresenta il contributo di piena per unità di superficie Q/A

tc = tempo di corrivazione; rappresenta il tempo necessario affinché una goccia precipitata nel punto più lontano del bacino raggiunga la sezione di chiusura

Qp = portata di pioggia che defluisce lungo il tratto in esame

Nome	Sez	L	i	Qp
		[m]	[-]	[mc/s]
1-3	PVC 1000	63.60	0.031	5.57
3-4	PVC 1000	40.00	0.052	5.45
4-5	PVC 1000	27.70	0.033	5.36
5-6	PVC 1000	20.60	0.046	5.30
6-8	PVC 1000	40.55	0.049	5.20
8-10	PVC 1000	38.40	0.029	5.08
10-12	PVC 1000	75.55	0.037	4.90
12-14	PVC 1000	46.45	0.058	6.98
14-16	PVC 1000	38.00	0.068	6.87
16-18	PVC 1000	72.50	0.055	6.66
18-20	PVC 1000	39.50	0.053	6.55

20-21	PVC 1000	16.90	0.173	7.48
21-22	PVC 1000	17.20	0.144	7.45
22-23	PVC 1000	12.30	0.073	7.41

1^a TABELLA VERIFICHE

Legenda 1° Tabella Verifiche

Nome = nome identificativo del tratto

Sez = nome della sezione assegnata al tratto

L = lunghezza del tratto

Pend = pendenza del tratto

Qp = portata di pioggia totale che affluisce al tratto in esame

2^a TABELLA VERIFICHE

Nome	Sez	Qt	hmin	hmax	Grmax	Vmax
		[mc/s]	[m]	[m]	[%]	[m/s]
1-3	PVC 1000	5.57	0.000	0.92	92.44	7.35
3-4	PVC 1000	5.45	0.000	0.68	67.85	9.61
4-5	PVC 1000	5.36	0.000	0.82	82.10	7.76
5-6	PVC 1000	5.30	0.000	0.70	69.81	9.05
6-8	PVC 1000	5.20	0.000	0.67	67.07	9.28
8-10	PVC 1000	5.08	0.000	0.83	83.37	7.26
10-12	PVC 1000	4.90	0.000	0.71	71.46	8.17
12-14	PVC 1000	6.98	0.000	0.80	80.05	10.36
14-16	PVC 1000	6.87	0.000	0.73	73.42	11.12
16-18	PVC 1000	6.66	0.000	0.78	78.39	10.09
18-20	PVC 1000	6.55	0.000	0.78	78.49	9.90
20-21	PVC 1000	7.48	0.000	0.56	56.24	16.45
21-22	PVC 1000	7.45	0.000	0.59	59.46	15.30
22-23	PVC 1000	7.41	0.000	0.76	75.95	11.58

Legenda 2° Tabella Verifiche

Nome = nome identificativo del tratto

Sez = nome della sezione assegnata al tratto

Qt = portata totale

hmin = tirante minimo inteso come valore dell'altezza idrica con cui la portata nera defluisce lungo il tratto in esame

hmax = tirante massimo inteso come valore dell'altezza idrica con cui la portata totale defluisce lungo il tratto in esame

Grmax = grado di riempimento massimo

Vmax = velocità massima

TABELLE CALCOLO DI PHI

Tratto:1-3		
Tipo di terreno	Phi	% di area
Zone resid.	0.40	10
Zone mediam. urbanizz.	0.00	0
Zone densam. urbanizz.	0.00	0
Uffici	0.00	0
Zone industr.	0.00	0
Parchi e zone verdi	0.20	10
Strade	0.80	80
Altre superf.	0.00	0
Coefficiente d'afflusso medio calcolato per il tratto:		0.70

Tratto:3-4		
Tipo di terreno	Phi	% di area
Zone resid.	0.00	0
Zone mediam. urbanizz.	0.00	0
Zone densam. urbanizz.	0.00	0
Uffici	0.00	0
Zone industr.	0.00	0

Parchi e zone verdi	0.00	0
Strade	0.80	100
Altre superf.	0.00	0
Coefficiente d'afflusso medio calcolato per il tratto:		0.80

Tratto:4-5		
Tipo di terreno	Phi	% di area
Zone resid.	0.00	0
Zone mediam. urbanizz.	0.00	0
Zone densam. urbanizz.	0.00	0
Uffici	0.00	0
Zone industr.	0.00	0
Parchi e zone verdi	0.00	0
Strade	0.80	100
Altre superf.	0.00	0
Coefficiente d'afflusso medio calcolato per il tratto:		0.80

Tratto:5-6		
Tipo di terreno	Phi	% di area
Zone resid.	0.00	0
Zone mediam. urbanizz.	0.00	0
Zone densam. urbanizz.	0.00	0
Uffici	0.00	0
Zone industr.	0.00	0
Parchi e zone verdi	0.00	0
Strade	0.80	100
Altre superf.	0.00	0
Coefficiente d'afflusso medio calcolato per il tratto:		0.80

Tratto:6-8		
Tipo di terreno	Phi	% di area
Zone resid.	0.00	0

Zone mediam. urbanizz.	0.00	0
Zone densam. urbanizz.	0.00	0
Uffici	0.00	0
Zone industr.	0.00	0
Parchi e zone verdi	0.00	0
Strade	0.80	100
Altre superf.	0.00	0
Coefficiente d'afflusso medio calcolato per il tratto:		0.80

Tratto:8-10		
Tipo di terreno	Phi	% di area
Zone resid.	0.00	0
Zone mediam. urbanizz.	0.00	0
Zone densam. urbanizz.	0.00	0
Uffici	0.00	0
Zone industr.	0.00	0
Parchi e zone verdi	0.00	0
Strade	0.80	100
Altre superf.	0.00	0
Coefficiente d'afflusso medio calcolato per il tratto:		0.80

Tratto:10-12		
Tipo di terreno	Phi	% di area
Zone resid.	0.00	0
Zone mediam. urbanizz.	0.00	0
Zone densam. urbanizz.	0.00	0
Uffici	0.00	0
Zone industr.	0.00	0
Parchi e zone verdi	0.00	0

Strade	0.80	100
Altre superf.	0.00	0
Coefficiente d'afflusso medio calcolato per il tratto:		0.80

Tratto:12-14		
Tipo di terreno	Phi	% di area
Zone resid.	0.00	0
Zone mediam. urbanizz.	0.00	0
Zone densam. urbanizz.	0.00	0
Uffici	0.00	0
Zone industr.	0.00	0
Parchi e zone verdi	0.00	0
Strade	0.80	100
Altre superf.	0.00	0
Coefficiente d'afflusso medio calcolato per il tratto:		0.80

Tratto:16-18		
Tipo di terreno	Phi	% di area
Zone resid.	0.00	0
Zone mediam. urbanizz.	0.00	0
Zone densam. urbanizz.	0.00	0
Uffici	0.00	0
Zone industr.	0.00	0
Parchi e zone verdi	0.00	0
Strade	0.80	100
Altre superf.	0.00	0
Coefficiente d'afflusso medio calcolato per il tratto:		0.80

Tratto:18-20		
Tipo di terreno	Phi	% di area
Zone resid.	0.00	0
Zone mediam. urbanizz.	0.00	0
Zone densam. urbanizz.	0.00	0
Uffici	0.00	0
Zone industr.	0.00	0
Parchi e zone verdi	0.00	0
Strade	0.80	100
Altre superf.	0.00	0
Coefficiente d'afflusso medio calcolato per il tratto:		0.80

Tratto:20-21		
Tipo di terreno	Phi	% di area
Zone resid.	0.00	0
Zone mediam. urbanizz.	0.00	0
Zone densam. urbanizz.	0.00	0
Uffici	0.00	0
Zone industr.	0.00	0
Parchi e zone verdi	0.40	20
Strade	0.80	80
Altre superf.	0.00	0
Coefficiente d'afflusso medio calcolato per il tratto:		0.72

Tratto:21-22		
Tipo di terreno	Phi	% di area
Zone resid.	0.00	0
Zone mediam. urbanizz.	0.00	0
Zone densam. urbanizz.	0.00	0
Uffici	0.00	0
Zone industr.	0.00	0
Parchi e zone verdi	0.00	0
Strade	0.80	100
Altre superf.	0.00	0
Coefficiente d'afflusso medio calcolato per il tratto:		0.80

Calcolo del Canale a cielo aperto

Il canale a cielo aperto è stato dimensionato ipotizzando quale superficie colante l'insieme dei bacini posti a monte dello stesso quindi dell'intera portata confluita dalla tubazione di 1000 e dalla portata degli intercettatori in corrispondenza del Poliambulatorio.

La verifica è risultata positiva come meglio di seguito si legge.

RELAZIONE DI CALCOLO

La rete fognaria in oggetto è costituita da 10 picchetti e da 9 tratti.

Metodo di calcolo utilizzato: INVASO

Precisione: 0.01

Legge di pioggia

a: 62.00 mm/hⁿ

n: 0.50

Fattori di riduzione degli afflussi in rete

Puppini: SI

Fantoli: SI

Si riportano di seguito le caratteristiche delle sezioni utilizzate, le tabelle contenenti i dati di progetto, le tabelle dei risultati (tabella pioggia e tabella verifiche). Ogni tabella è corredata di legenda

TABELLA SEZIONI SCATOLARI

N.	Nome	Tipo	Base	Altezza	Pendenza Fondo	Raggio Fondello	Formula	Scabrezza	Scab. Fond.
			[m]	[m]	[%]	[m]			
1	canale a cielo aperto	0	2.00	1.00	0	0.00	GS	70	90.00

Legenda Formule di resistenza

GS = formula di Gauckler-Strickler: $V = K_s R^{(2/3)} j^{(1/2)}$

CB = formula di Chezy-Bazin: $V = K_b R^{1/2} j^{1/2}$, dove $K_b = 87 / (1 + \gamma / R^{1/2})$

CK = formula di Chezy-Kutter: $V = K_k R^{1/2} j^{1/2}$, dove $K_k = 100 / (1 + m / R^{1/2})$

MS = formula di Manning-Strickler: $V = (1/n) R^{2/3} j^{1/2}$

TABELLA DATI PICCHETTI

Nome	X	Y	Z
	[m]	[m]	[m]
1	0.00	79.00	515.00
2	19.00	44.00	514.00
3	24.00	35.50	511.00
4	26.00	35.00	510.00
5	30.00	32.50	508.00
6	37.00	29.50	506.00
7	51.00	22.00	504.00
8	85.00	12.00	502.00
9	85.50	5.00	500.00
10	96.00	0.00	498.50

Legenda Tabella Picchetti

Nome = nome identificativo del picchetto

X,Y = coordinate planimetriche del picchetto

Z = quota geodetica del picchetto

TABELLA DATI TRATTI

Nome	Pic1	Pic2	Sez	Lungh.	Pend	Ac	Phi	Wo	Tr
				[m]	[-]	[ha]		[mc/ha]	[min]
1-2	1	2	canale a cielo aperto	40.10	0.030	30.00	0.80	20.00	0.00
2-3	2	3	canale a cielo aperto	9.90	0.202	0.00	0.80	0.00	0.00
3-4	3	4	canale a cielo aperto	2.85	0.175	0.00	0.80	0.00	0.00
4-5	4	5	canale a cielo aperto	4.35	0.230	0.00	0.80	0.00	0.00

5-6	5	6	canale a cielo aperto	7.80	0.128	0.00	0.80	0.00	0.00
6-7	6	7	canale a cielo aperto	16.10	0.062	0.00	0.80	0.00	0.00
7-8	7	8	canale a cielo aperto	23.80	0.042	0.00	0.80	0.00	0.00
8-9	8	9	canale a cielo aperto	13.80	0.072	0.00	0.80	0.00	0.00
9-10	9	10	canale a cielo aperto	11.60	0.043	0.00	0.80	0.00	0.00

Legenda Tabella Tratti

Nome = nome identificativo del tratto inserito lungo il tracciato della rete

Pic1 = nome del 1° picchetto del tratto

Pic2 = nome del 2° picchetto del tratto

Sez = nome della sezione assegnata al tratto

L = lunghezza del tratto

Pend = pendenza del tratto

Ac = area colante che grava sul tratto

phi = coefficiente di afflusso; indica l'aliquota impermeabile dell'area gravante che effettivamente contribuisce alla formazione della portata nel tratto

Wo = volume dei piccoli invasi; rappresenta la quantità di acqua che resta invasata sul terreno prima che possa cominciare a defluire

Tr = tempo di ruscellamento; rappresenta il tempo che una goccia d'acqua caduta nel punto più sfavorito del bacino impiega per arrivare alla rete

TABELLA PIOGGIA

Nome	Sez	Actot	Phim	a	n	Wp	u	tc	Qp
		[ha]		[mm/h]		[mc]	[l/s/ha]	[min]	[mc/s]
1-2	canale a cielo aperto	30.00	0.80	61	0.67	57.16	320.86	0.00	9.63
2-3	canale a cielo aperto	30.00	0.80	61	0.67	64.41	319.17	0.00	9.58
3-4	canale a cielo aperto	30.00	0.80	61	0.67	66.59	318.65	0.00	9.56
4-5	canale a cielo aperto	30.00	0.80	61	0.67	69.63	317.95	0.00	9.54
5-6	canale a cielo aperto	30.00	0.80	61	0.67	76.26	316.44	0.00	9.49
6-7	canale a cielo aperto	30.00	0.80	61	0.67	93.65	312.60	0.00	9.38
7-8	canale a cielo aperto	30.00	0.80	61	0.67	122.74	306.46	0.00	9.19
8-9	canale a cielo aperto	30.00	0.80	61	0.67	136.60	303.62	0.00	9.11
9-10	canale a cielo aperto	30.00	0.80	61	0.67	150.46	300.88	0.00	9.03

Legenda Tabella Pioggia

Nome = nome identificativo del tratto

Sez = nome della sezione assegnata al tratto

Actot = area colante totale, intesa come somma delle aree dei bacini che gravano, con i loro afflussi, sul tratto in esame;

Phim = coefficiente di afflusso medio delle aree gravanti sul tratto; indica l'aliquota impermeabile media delle aree gravanti sul tratto che effettivamente contribuisce alla formazione della portata

a = coefficiente della legge di pioggia

n = esponente della legge di pioggia

W_p = volume proprio totale invasato dalla rete; è la sommatoria dei volumi propri invasati in tutti i tratti a monte fino al tratto in esame incluso

u = coefficiente udometrico; rappresenta il contributo di piena per unità di superficie Q/A

t_c = tempo di corrivazione; rappresenta il tempo necessario affinché una goccia precipitata nel punto più lontano del bacino raggiunga la sezione di chiusura

Q_p = portata di pioggia che defluisce lungo il tratto in esame

1^a TABELLA VERIFICHE

Nome	Sez	L	i	Q_p
		[m]	[-]	[mc/s]
1-2	canale a cielo aperto	40.10	0.030	9.63
2-3	canale a cielo aperto	9.90	0.202	9.58
3-4	canale a cielo aperto	2.85	0.175	9.56
4-5	canale a cielo aperto	4.35	0.230	9.54
5-6	canale a cielo aperto	7.80	0.128	9.49
6-7	canale a cielo aperto	16.10	0.062	9.38
7-8	canale a cielo aperto	23.80	0.042	9.19
8-9	canale a cielo aperto	13.80	0.072	9.11
9-10	canale a cielo aperto	11.60	0.043	9.03

Legenda 1° Tabella Verifiche

Nome = nome identificativo del tratto

Sez = nome della sezione assegnata al tratto

L = lunghezza del tratto

Pend = pendenza del tratto

Q_p = portat

a di pioggia totale che affluisce al tratto in esame

2^a TABELLA VERIFICHE

Nome	Sez	Q_t	h_{min}	h_{max}	Gr_{max}	V_{max}
		[mc/s]	[m]	[m]	[%]	[m/s]
1-2	canale a cielo	9.63	0.000	0.71	71.27	6.75

	aperto					
2-3	canale a cielo aperto	9.58	0.000	0.37	36.61	13.08
3-4	canale a cielo aperto	9.56	0.000	0.38	38.37	12.46
4-5	canale a cielo aperto	9.54	0.000	0.35	34.95	13.64
5-6	canale a cielo aperto	9.49	0.000	0.42	42.46	11.18
6-7	canale a cielo aperto	9.38	0.000	0.54	54.00	8.68
7-8	canale a cielo aperto	9.19	0.000	0.61	61.12	7.52
8-9	canale a cielo aperto	9.11	0.000	0.50	50.20	9.07
9-10	canale a cielo aperto	9.03	0.000	0.60	59.76	7.55

Legenda 2° Tabella Verifiche

Nome = nome identificativo del tratto

Sez = nome della sezione assegnata al tratto

Qt = portata totale

hmin = tirante minimo inteso come valore dell'altezza idrica con cui la portata nera defluisce lungo il tratto in esame

hmax = tirante massimo inteso come valore dell'altezza idrica con cui la portata totale defluisce lungo il tratto in esame

Grmax = grado di riempimento massimo

Vmax = velocità massima

TABELLE CALCOLO DI PHI

Tratto:1-2			
Tipo di terreno	Phi	% di area	

Zone resid.	0.40	0
Zone mediam. urbanizz.	0.00	0
Zone densam. urbanizz.	0.00	0
Uffici	0.00	0
Zone industr.	0.00	0
Parchi e zone verdi	0.00	0
Strade	0.80	100
Altre superf.	0.00	0
Coefficiente d'afflusso medio calcolato per il tratto:		0.80

Tratto:2-3		
Tipo di terreno	Phi	% di area
Zone resid.	0.00	0
Zone mediam. urbanizz.	0.00	0
Zone densam. urbanizz.	0.00	0
Uffici	0.00	0
Zone industr.	0.00	0
Parchi e zone verdi	0.00	0
Strade	0.80	100
Altre superf.	0.00	0
Coefficiente d'afflusso medio calcolato per il tratto:		0.80

Tratto:3-4		
Tipo di terreno	Phi	% di area
Zone resid.	0.00	0
Zone mediam. urbanizz.	0.00	0
Zone densam. urbanizz.	0.00	0
Uffici	0.00	0
Zone industr.	0.00	0
Parchi e zone verdi	0.00	0

Strade	0.80	100
Altre superf.	0.00	0
Coefficiente d'afflusso medio calcolato per il tratto:		0.80

Tratto:4-5		
Tipo di terreno	Phi	% di area
Zone resid.	0.00	0
Zone mediam. urbanizz.	0.00	0
Zone densam. urbanizz.	0.00	0
Uffici	0.00	0
Zone industr.	0.00	0
Parchi e zone verdi	0.00	0
Strade	0.80	100
Altre superf.	0.00	0
Coefficiente d'afflusso medio calcolato per il tratto:		0.80

Tratto:5-6		
Tipo di terreno	Phi	% di area
Zone resid.	0.00	0
Zone mediam. urbanizz.	0.00	0
Zone densam. urbanizz.	0.00	0
Uffici	0.00	0
Zone industr.	0.00	0
Parchi e zone verdi	0.00	0
Strade	0.80	100
Altre superf.	0.00	0
Coefficiente d'afflusso medio calcolato per il tratto:		0.80

Tratto:6-7		
Tipo di terreno	Phi	% di area
Zone resid.	0.00	0
Zone mediam. urbanizz.	0.00	0
Zone densam. urbanizz.	0.00	0
Uffici	0.00	0
Zone industr.	0.00	0
Parchi e zone verdi	0.00	0
Strade	0.80	100
Altre superf.	0.00	0
Coefficiente d'afflusso medio calcolato per il tratto:		0.80

Tratto:8-9		
Tipo di terreno	Phi	% di area
Zone resid.	0.00	0
Zone mediam. urbanizz.	0.00	0
Zone densam. urbanizz.	0.00	0
Uffici	0.00	0
Zone industr.	0.00	0
Parchi e zone verdi	0.00	0
Strade	0.80	100
Altre superf.	0.00	0
Coefficiente d'afflusso medio calcolato per il tratto:		0.80

Tratto:9-10		
Tipo di terreno	Phi	% di area
Zone resid.	0.40	0
Zone mediam. urbanizz.	0.60	0
Zone densam. urbanizz.	0.80	0
Uffici	0.60	0
Zone industr.	0.40	0
Parchi e zone verdi	0.20	0
Strade	0.80	100
Altre superf.	0.60	0
Coefficiente d'afflusso medio calcolato per il tratto:		0.80

RELAZIONE DI CALCOLO

La rete fognaria in oggetto è costituita da 5 picchetti e da 4 tratti.

Metodo di calcolo utilizzato: INVASO

Precisione: 0.01

Legge di pioggia

a: 62.00 mm/hⁿ

n: 0.50

Fattori di riduzione degli afflussi in rete

Puppini: SI

Fantoli: SI

Si riportano di seguito le caratteristiche delle sezioni utilizzate, le tabelle contenenti i dati di progetto, le tabelle dei risultati (tabella pioggia e tabella verifiche). Ogni tabella è corredata di legenda

TABELLA SEZIONI CIRCOLARI

N.	Nome	Diametro	Formula	Scabrezza
		[m]		
1	pvc 600	0.60	GS	70.00

Legenda Formule di resistenza

GS = formula di Gauckler-Strickler: $V = K_s R^{(2/3)} j^{(1/2)}$

CB = formula di Chezy-Bazin: $V = K_b R^{(1/2)} j^{(1/2)}$, dove $K_b = 87 / (1 + \gamma / R^{(1/2)})$

CK = formula di Chezy-Kutter: $V = K_k R^{(1/2)} j^{(1/2)}$, dove $K_k = 100 / (1 + m / R^{(1/2)})$

MS = formula di Manning-Strickler: $V = (1/n) R^{(2/3)} j^{(1/2)}$

TABELLA DATI PICCHETTI

Nome	X	Y	Z
	[m]	[m]	[m]
1	0.00	0.00	519.20
2	7.50	5.25	518.30
3	51.50	10.00	516.50
4	62.50	32.50	515.50
5	63.00	36.50	515.00

Legenda Tabella Picchetti

Nome = nome identificativo del picchetto

X, Y = coordinate planimetriche del picchetto

Z = quota geodetica del picchetto

TABELLA DATI TRATTI

Nome	Pic1	Pic2	Sez	Lungh.	Pend	Ac	Phi	Wo	Tr
				[m]	[-]	[ha]		[mc/ha]	[min]
1-2	1	2	pvc 600	9.00	0.020	1.50	0.70	20.00	0.00
2-3	2	3	pvc 600	43.00	0.045	0.03	0.80	0.00	0.00
3-4	3	4	pvc 600	24.00	0.036	0.05	0.80	0.00	0.00
4-5	4	5	pvc 600	4.00	0.024	0.01	0.80	0.00	0.00

Legenda Tabella Tratti

Nome = nome identificativo del tratto inserito lungo il tracciato della rete

Pic1 = nome del 1° picchetto del tratto

Pic2 = nome del 2° picchetto del tratto

Sez = nome della sezione assegnata al tratto

L = lunghezza del tratto

Pend = pendenza del tratto

Ac = area colante che grava sul tratto

phi = coefficiente di afflusso; indica l'aliquota impermeabile dell'area gravante che effettivamente contribuisce alla formazione della portata nel tratto

Wo = volume dei piccoli invasi; rappresenta la quantità di acqua che resta invasata sul terreno prima che possa cominciare a defluire

Tr = tempo di ruscellamento; rappresenta il tempo che una goccia d'acqua caduta nel punto più sfavorito del bacino impiega per arrivare alla rete

TABELLA PIOGGIA

Nome	Sez	Actot	Phim	a	n	Wp	u	tc	Qp
		[ha]		[mm/h]		[mc]	[l/s/ha]	[min]	[mc/s]
1-2	pvc 600	1.50	0.70	62	0.67	1.35	284.98	0.00	0.43
2-3	pvc 600	1.53	0.70	62	0.67	6.00	269.68	0.00	0.41
3-4	pvc 600	1.58	0.71	62	0.67	8.85	265.57	0.00	0.42
4-5	pvc 600	1.59	0.71	62	0.67	9.40	264.89	0.00	0.42

Legenda Tabella Pioggia

Nome = nome identificativo del tratto

Sez = nome della sezione assegnata al tratto

Actot = area colante totale, intesa come somma delle aree dei bacini che gravano, con i loro afflussi, sul tratto in esame;

Phim = coefficiente di afflusso medio delle aree gravanti sul tratto; indica l'aliquota impermeabile media delle aree gravanti sul tratto che effettivamente contribuisce alla formazione della portata

a = coefficiente della legge di pioggia

n = esponente della legge di pioggia

Wp = volume proprio totale invasato dalla rete; è la sommatoria dei volumi propri invasati in tutti i tratti a monte fino al tratto in esame incluso

u = coefficiente udometrico; rappresenta il contributo di piena per unità di superficie Q/A

tc = tempo di corrvazione; rappresenta il tempo necessario affinché una goccia precipitata nel punto più lontano del bacino raggiunga la sezione di chiusura

Qp = portata di pioggia che defluisce lungo il tratto in esame

1ª TABELLA VERIFICHE

Nome	Sez	L	i	Qp
		[m]	[-]	[mc/s]
1-2	pvc 600	9.00	0.020	0.43
2-3	pvc 600	43.00	0.045	0.41
3-4	pvc 600	24.00	0.036	0.42
4-5	pvc 600	4.00	0.024	0.42

Legenda 1° Tabella Verifiche

Nome = nome identificativo del tratto

Sez = nome della sezione assegnata al tratto

L = lunghezza del tratto

Pend = pendenza del tratto

Qp = portata di pioggia totale che affluisce al tratto in esame

2ª TABELLA VERIFICHE

Nome	Sez	Qt	hmin	hmax	Grmax	Vmax
		[mc/s]	[m]	[m]	[%]	[m/s]
1-2	pvc 600	0.43	0.000	0.31	52.37	2.85
2-3	pvc 600	0.41	0.000	0.24	40.70	3.82
3-4	pvc 600	0.42	0.000	0.26	43.72	3.53
4-5	pvc 600	0.42	0.000	0.30	49.25	3.04

Legenda 2° Tabella Verifiche

Nome = nome identificativo del tratto

Sez = nome della sezione assegnata al tratto

Qt = portata totale

hmin = tirante minimo inteso come valore dell'altezza idrica con cui la portata nera defluisce lungo il tratto in esame

hmax = tirante massimo inteso come valore dell'altezza idrica con cui la portata totale defluisce lungo il tratto in esame

Grmax = grado di riempimento massimo

Vmax = velocità massima

TABELLE CALCOLO DI PHI

Tratto:1-2		
Tipo di terreno	Phi	% di area
Zone resid.	0.40	10
Zone mediam. urbanizz.	0.00	0
Zone densam. urbanizz.	0.00	0
Uffici	0.00	0
Zone industr.	0.00	0
Parchi e zone verdi	0.20	10
Strade	0.80	80
Altre superf.	0.00	0
Coefficiente d'afflusso medio calcolato per il tratto:		0.70

Tratto:2-3		
Tipo di terreno	Phi	% di area
Zone resid.	0.00	0
Zone mediam. urbanizz.	0.00	0
Zone densam. urbanizz.	0.00	0
Uffici	0.00	0
Zone industr.	0.00	0
Parchi e zone verdi	0.00	0
Strade	0.80	100
Altre superf.	0.00	0
Coefficiente d'afflusso medio calcolato per il tratto:		0.80

Tratto:3-4		
Tipo di terreno	Phi	% di area
Zone resid.	0.00	0
Zone mediam. urbanizz.	0.00	0
Zone densam. urbanizz.	0.00	0
Uffici	0.00	0
Zone industr.	0.00	0
Parchi e zone verdi	0.00	0
Strade	0.80	100
Altre superf.	0.00	0
Coefficiente d'afflusso medio calcolato per il tratto:		0.80

Tratto:4-5		
Tipo di terreno	Phi	% di area
Zone resid.	0.00	0
Zone mediam. urbanizz.	0.00	0
Zone densam. urbanizz.	0.00	0
Uffici	0.00	0
Zone industr.	0.00	0
Parchi e zone verdi	0.00	0
Strade	0.80	100
Altre superf.	0.00	0
Coefficiente d'afflusso medio calcolato per il tratto:		0.80