

SCALA N.A.	SEDE PROGETTO CAGLIARI		FORMATO A4	
REV.	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	02/10/2023	Ing. R. Sacconi	Innova ServiceS.r.l Arch. G. R. Porpiglia	DS Italia 14 S.r.l.
DATA 02/10/2023	TIPO DI EMISSIONE Prima Emissione			
Committente- Sviluppo progetto FV: DS Italia 14 S.r.l. Via del Plebiscito n. 112 - Roma (RM) P.IVA 16380571006 		Studio di progettazione: LA SIA S.p.A. Viale L. Schiavonetti, 28600173-Roma (RM) P.IVA 08207411003 		
PROGETTO Progetto Definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato “Bonorva-Mores” della potenza di picco di 36.079,5 kWp e potenza di immissione di 29.830 kW e delle relative opere di connessione alla RTN nei comuni di Bonorva e di Mores (SS)				
TITOLO ELABORATO		RELAZIONE IDRAULICA		
Coordinamento Progettisti: INNOVA SERVICE S.r.l. Via Santa Margherita, 4 - 09124 Cagliari (CA) P.IVA 03379940921, PEC: innovaserviceca@pec.it				
GRUPPO DI LAVORO: per INNOVA SERVICE S.r.l. Giorgio Roberto Porpiglia - Architetto Silvio Matta - Ingegnere Elettrico Aurora Melis - Geometra Antonio Dedoni - Ingegnere Idraulico Marta Camba - Geologo				
per La SIA S.p.A. Riccardo Sacconi - Ingegnere Civile Stefano Cherchi - Archeologo Franco Milito - Agronomo Francesco Paolo Pinchera - Biologo Rita Bosi - Dottore Agronomo				
NOME ELABORATO REL_SP_IDRA				REV 00

INDICE

1	PREMESSA	2
2	CALCOLI IDROLOGICI	3
2.1	<i>Determinazione dell'altezza di pioggia critica</i>	6
2.2	<i>Coefficiente di deflusso</i>	7
2.3	<i>Portate di piena bacini esterni all'impianto</i>	8
2.4	<i>Portate di piena bacini interni all'impianto</i>	8
3	CALCOLI IDRAULICI	10

1 PREMESSA

Il presente documento costituisce relazione di dimensionamento idraulico della rete di regimazione delle acque meteoriche interne di un impianto agro-fotovoltaico denominato “Bonorva-Mores” della potenza di **29.830 kW** nei Comuni di Bonorva e Mores (SS).

Dall'utilizzo del modello digitale del terreno, passo 10 m, fornito dal portale della Regione Sardegna, sono stati individuate 2 linee di deflusso delle acque meteoriche che intersecano l'impianto.

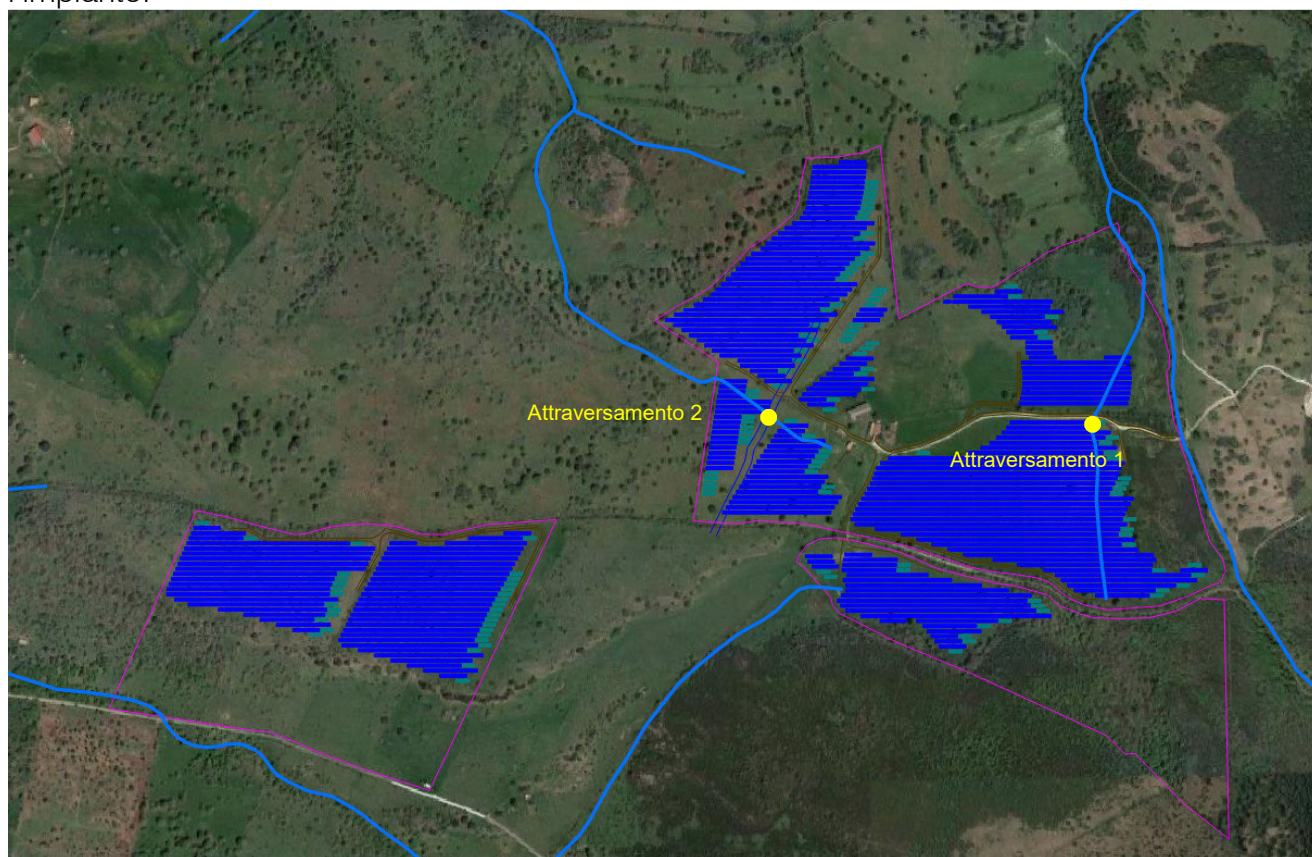


Figura 1 – Planimetria con individuazione degli attraversamenti

In corrispondenza delle intersezioni con la viabilità in progetto verranno installate delle tubazioni in cemento rotocompresso, diametro interno pari a 800 mm e pendenza 1.0%, con la funzione di trasferire la portata in arrivo da monte a valle della strada. Gli attraversamenti sono stati dimensionati per un tempo di ritorno di 50 anni.

E' inoltre prevista una rete di smaltimento delle acque meteoriche delle nuove strade dell'impianto, progettata per tempi di ritorno dei fenomeni temporaleschi $TR = 5$ anni, costituita da canalette continue in terra, con pendenza minima dello 0,5%, con sezione triangolare, base 400 mm (larghezza), 200 mm (altezza); le portate sono poi convogliate mediante delle tubazioni in cemento rotocompresso, diametro interno pari a 600 mm e pendenza 1%, di collegamento tra le canalette oppure ai corpi ricettori presenti nell'area.

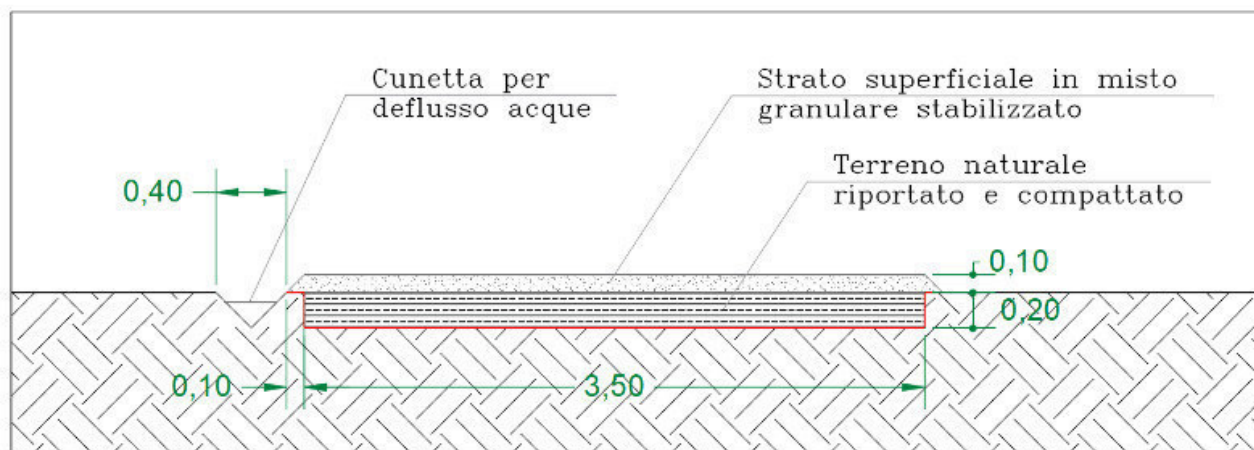


Figura 2 – Sezione trasversale strada con indicazione della cunetta

2 CALCOLI IDROLOGICI

La portata sarà stimata simulando, mediante un modello deterministico a fondamento cinematico, il processo di trasformazione afflussi-deflussi che avviene nel bacino idrografico.

Le ipotesi di base del metodo sono:

- la formazione della piena è dovuta esclusivamente ad un fenomeno di trasferimento della massa liquida;
- ogni singola goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende soltanto dalla posizione in cui essa è caduta;
- la velocità di ogni singola goccia non è influenzata dalla presenza delle altre gocce, cioè ognuna scorre indipendentemente dalle altre;
- la portata defluente si ottiene sommando tra loro le portate elementari provenienti dalle singole aree del bacino che si presentano allo stesso istante nella sezione di chiusura.

La portata di massima piena che scaturisce dalle suddette ipotesi è fornita dalla relazione:

$$Q = \frac{1}{3,6} \cdot \psi \cdot \frac{h_{T_c}}{T_c} \cdot S \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

dove:

- T_c = tempo di corrivazione [ore]
- S = superficie del bacino [km^2]
- h_{T_c} = pioggia critica di durata T_c [mm]
- ψ = coefficiente di deflusso.

Lo ietogramma di progetto per la stima del coefficiente di afflusso è di tipo rettangolare, ovvero l'intensità della pioggia si suppone costante durante tutta la durata dell'evento meteorico. Questa ipotesi è applicabile al regime idrologico della Sardegna poiché le piogge presentano prevalentemente breve durata e alta intensità.

Il metodo cinematico solitamente ben si adatta alle stime di portata di piena dei piccoli bacini,

fra i quali, con un criterio del tutto empirico possono essere classificati i bacini di estensione massima pari a qualche centinaio di Km², mentre per bacini di maggiori dimensioni fornisce risultati che in genere risultano sovrastimati.

Il tempo di corrivazione t_c può essere stimato utilizzando varie formule esistenti in letteratura, ognuna applicabile in misura maggiore o minore a seconda delle caratteristiche del bacino.

In fase progettuale verrà adottato il valore di t_c più idoneo in relazione alle caratteristiche morfometriche del tipo di bacino in esame.

Per la determinazione del tempo di corrivazione T_c sono state utilizzate le formule sotto elencate:

- Formule di Ventura:
$$T_c = 0.1272 \left(\frac{S}{i_m} \right)^{\frac{1}{2}} \quad [\text{ore}]$$

- Formula di Giandotti:
$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{(H_m - H_0)}} \quad [\text{ore}]$$

- Formula di Viparelli:
$$T_c = \frac{L}{3.6V} \quad [\text{ore}]$$

(dove V è la velocità media di scorrimento è stata imposta pari a 1.0 m/s)

- Formula di Pasini:
$$T_c = \frac{0.108(SL)^{\frac{1}{3}}}{\sqrt{i_m}} \quad [\text{ore}]$$

- Formula VAPI
$$T_c = 0.212S^{0.231} \left(\frac{H_m}{i_m} \right)^{0.289} \quad [\text{ore}]$$

Per il dimensionamento dei due attraversamenti si è fatto riferimento al bacino con la sezione di chiusura in corrispondenza dell'attraversamento 1, individuato nella figura di seguito riportata.

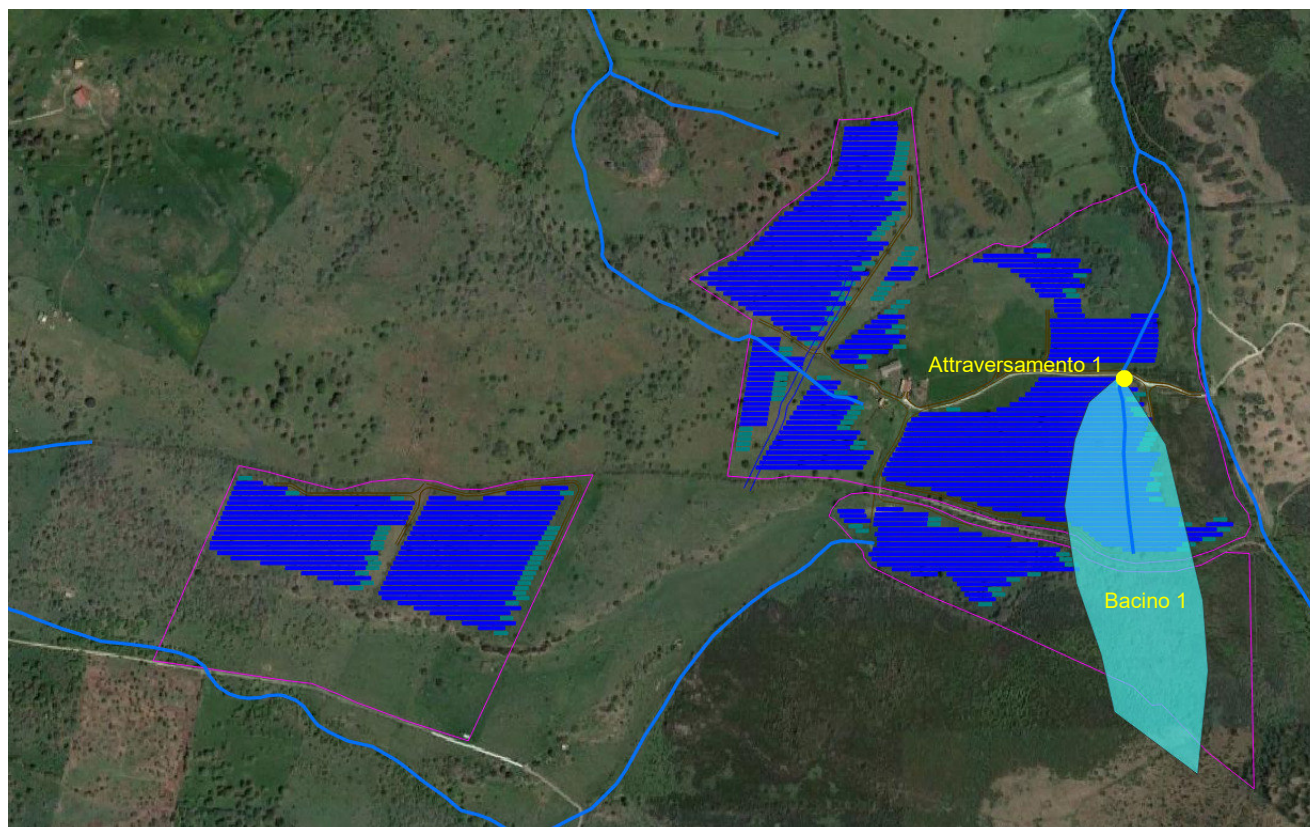


Figura 3 – Planimetria con individuazione dei bacini

Le caratteristiche morfologiche del bacino sono di seguito indicate:

CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE			
		BACINO 1	
Superficie bacino	S=	0.081	Km ²
Altitudine massima	H _{MAX} =	551.351	m s.l.m.
Altitudine minima	H ₀ =	472.223	m s.l.m.
Altitudine media	H _m =	508.308	m s.l.m.
Pendenza media del bacino drenante	i _{VERSANTE} =	8.320	%
Lunghezza asta principale	L=	0.627	km
Pendenza media dell'asta principale	im=	0.1123	%

I valori ricavati pertanto sono i seguenti:

TEMPO DI CORRIVAZIONE		
		BACINO 1
SCS	[ore]	0.183
Ventura	[ore]	0.108
Giandotti	[ore]	0.433
Viparelli	[ore]	0.174
Pasini	[ore]	0.119
VAPI	[ore]	1.352

Per la determinazione dell'altezza critica è stato utilizzato il tempo di corrivazione ottenuto dalla formula di Viparelli.

2.1 Determinazione dell'altezza di pioggia critica

Per quanto riguarda la determinazione dell'altezza di pioggia critica lorda h_{Tc} da utilizzare per l'applicazione della formula razionale si fa usualmente ricorso alle curve di possibilità pluviometrica ricavate utilizzando la distribuzione TCEV.

La pioggia lorda h viene ricavata dalla nota formula:

$$h(T_p) = a \cdot T_p^n$$

dove:

$$\begin{cases} a = a_1 \cdot a_2 \\ n = n_1 + n_2 \end{cases}$$

SZO	Durata \leq 1 ora	Durata $>$ 1 ora
Sottozona 1	$a=0.46420+1.0376*\text{Log}(T)$	$a=0.46420+1.0376*\text{Log}(T)$
	$n=-0.18488+0.22960*\text{Log}(T)-3.3216*10^{-2}*\text{Log}^2(T)$	$n=-1.0469*10^{-2}-7.8505*10^{-3}*\text{Log}(T)$
Sottozona 2	$a=0.43797+1.0890*\text{Log}(T)$	$a=0.43797+1.0890*\text{Log}(T)$
	$n=-0.18722+0.24862*\text{Log}(T)-3.36305*10^{-2}*\text{Log}^2(T)$	$n=-6.3887*10^{-3}-4.5420*10^{-3}*\text{Log}(T)$
Sottozona 3	$a=0.40926+1.1441*\text{Log}(T)$	$a=0.40926+1.1441*\text{Log}(T)$
	$n=-0.19060+0.264438*\text{Log}(T)-3.8969*10^{-2}*\text{Log}^2(T)$	$n=1.4929*10^{-2}+7.1973*10^{-3}*\text{Log}(T)$

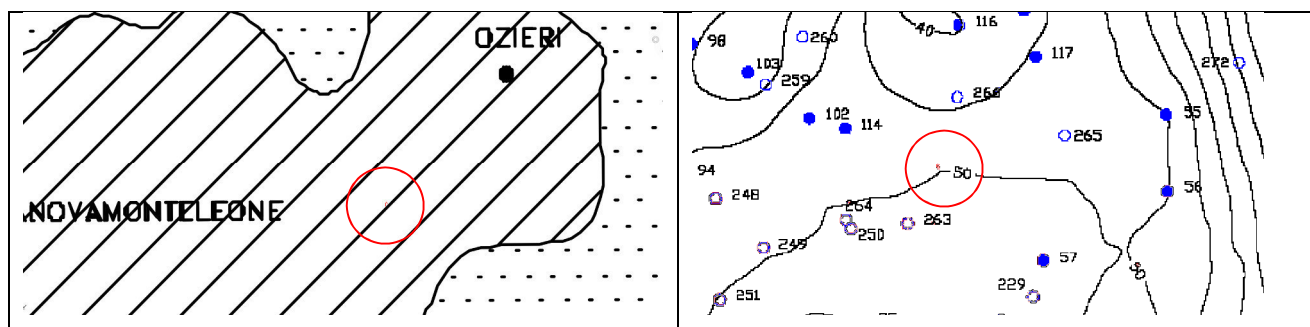
I valori di a_1 e n_1 si determinano in funzione della pioggia indice giornaliera μ_g data dalla media dei massimi annui di precipitazione giornaliera; tali valori sono stati calcolati per diverse zone della Sardegna secondo la carta delle Isoiete.

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

$$n_1 = -0,493 + 0,476 \cdot \log \mu_g$$

Per quanto riguarda a_2 e n_2 si determinano con relazioni differenti per tempi di ritorno TR maggiori o minori di 10 anni, per durate di pioggia T_p maggiori o minori di 1 ora e a seconda delle 3 sottozone omogenee (SZO) in cui è stata suddivisa la Sardegna¹.

Le superfici scolanti che interessano l'area di intervento ricadono nella SZO 1. E' stato utilizzato un coefficiente μ_g pari a 50.



2.2 Coefficiente di deflusso

Per la stima delle perdite dei bacini esterni si è applicato il metodo del Curve Number (CN) indicato dal Soil Conservation Service (SCS, 1975, 1985) considerando la condizione più critica di umidità antecedente del suolo, ovvero corrispondente alla condizione AMC (Antecedent Moisture Condition) di tipo III, indicativa di un suolo saturo.

L'uso suolo è stato ricavato dalla carta regionale d'uso del suolo suddivisa in 72 classi, contenute in 4 livelli gerarchici, secondo l'impostazione della Corine Land Cover, società che ha redatto la carta per la Regione Sardegna.

L'altezza $h_{n,r}$ di pioggia netta è stata pertanto calcolata secondo la seguente relazione (SCS):

$$h_{n,r} = \frac{(h_{l,r}(\tau) - I_a)^2}{h_{l,r}(\tau) - I_a + S}$$

dove l'altezza ragguagliata delle perdite iniziali I_a ed il parametro S , sono forniti, in mm, dalle seguenti espressioni:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \qquad I_a = 0.2S$$

Per il bacino è stato assunto un CNIII pari a 95.

2.3 Portate di piena bacini esterni all'impianto

Di seguito si riporta la tabella, riassuntiva dei risultati ottenuti col metodo cinematico:

BACINO ATTRAVERSAMENTO 1

Tempo di ritorno [anni]	Frattile	Coefficienti metodo TCEV				Pioggia lorda [mm]	Pioggia lorda ' [mm]	Pioggia netta [mm]	Coeff. di deflusso	Portata di progetto [m ³ /s]	contributo unitario [m ³ /s]
		a1	n1	a2	n2						
50	0.980	20.6914	0.3157	2.2271	0.1093	21.923	21.258	10.809	0.508	1.399	17.24
100	0.990	20.6914	0.3157	2.5394	0.1415	23.633	22.916	12.191	0.532	1.578	19.44
200	0.995	20.6914	0.3157	2.8517	0.1676	25.356	24.587	13.610	0.554	1.761	21.71
500	0.998	20.6914	0.3157	3.2647	0.1928	27.773	26.930	15.638	0.581	2.024	24.94

2.4 Portate di piena bacini interni all'impianto

L'evento di precipitazione considerato ai fini della verifica della rete di scarico delle acque meteoriche è dato da uno istogramma di durata T stimato come la somma del tempo di accesso in rete più il tempo di percorrenza della rete.

Sulla base della tipologia di strada è stato attribuito un coefficiente di afflusso pari a 0,7.

Nella tabella sotto riportata sono indicate le portate per ciascun tratto di strada:

Tratto di strada	Superficie [mq]	Portata tempo di ritorno 5 anni [l/s]
1-3	227.5	6.4
3-2	238	6.7
5-6	700	15.2
7-8	1120	20.6
9-10	1575	25.0
11-10	612.5	13.9
17-18	1330	22.7
12-13	1120	20.6
14-13	297.5	8.0
15-16	812	16.8

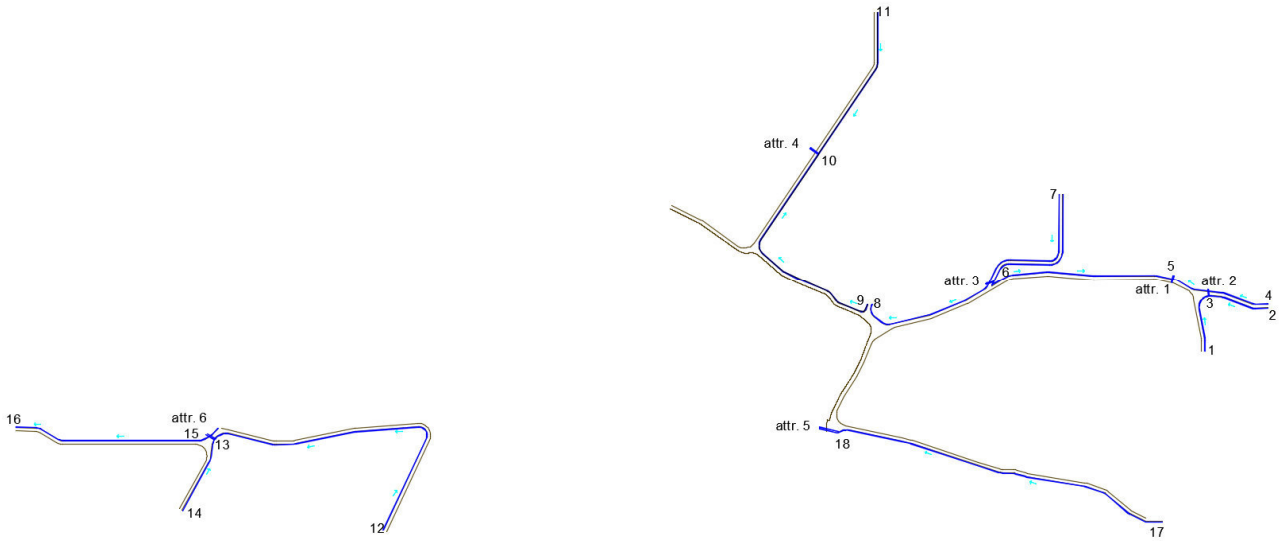


Figura 4 – Planimetria delle cunette e attraversamenti viabilità

3 CALCOLI IDRAULICI

Per la verifica idraulica della rete sono stati individuati le superfici scolanti relativi a ciascun tratto della rete.

VERIFICA IDRAULICA A PELO LIBERO DELLE CANALETTE, DELLE TUBAZIONI

La verifica idraulica dei tratti a pelo libero in progetto è stata effettuata utilizzando la formula di Chezy-Bazin che assume la seguente formula:

$$Q = \chi \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

Dove:

- Q = portata (mc/s);
- A = sezione bagnata
- C = contorno bagnato
- R = raggio idraulico = A/C
- i = pendenza del collettore

χ = coefficiente di scabrezza calcolato come segue:

$$\chi = ks \cdot R^{1/6} \quad \text{dove:}$$

ks = coefficiente di Strikler.

Nel caso particolare si è adottato un valore del coefficiente di Strikler pari a 60 per le canalette in terra ed una valore pari a 80 per le tubazioni in cemento in stato di esercizio. La verifica tubazioni degli attraversamenti dei bacini esterni, è stata eseguita con la portata con tempo di ritorno 50 anni.

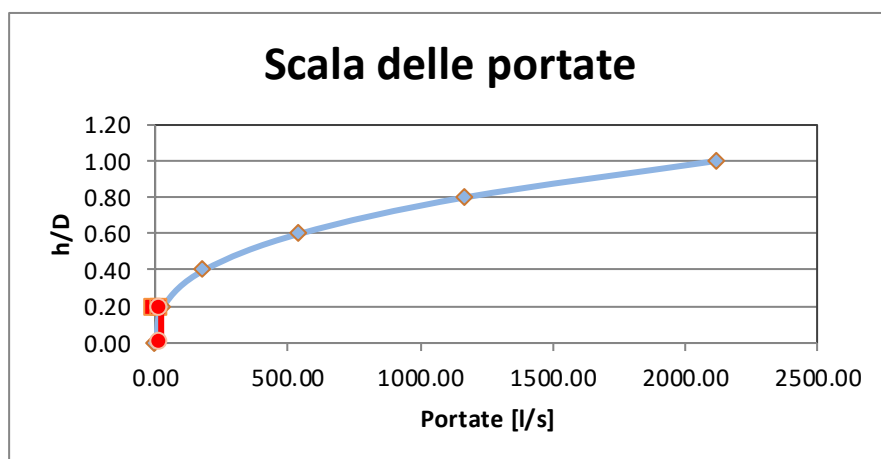
Sono state verificati i tratti principali del sistema di canalette (quelli con portate maggiori) e le tubazione di attraversamento e di scarico diametro interno 800 mm e 600 mm.

Le canalette continue sono realizzate in terra, con pendenza minima dello 0,5%, con sezione triangolare, base 400 mm (larghezza), 200 mm (altezza).

Si riporta di seguito una tabella con indicazione dei tratti oggetto di verifica.

Canaletta o tubazione	Superfici raccolte	Portata [l/s]	Caratteristiche geometriche
Canaletta tratto 9-10	Strada 9-10	25	Sezione triangolare B= 400 mm H= 200mm, Pendenza minima 0,05%
Tubazione Attraversamento 1	Bacino 1 (esterno)	1399	Tubazione in cemento diametro 800 mm (stessa dimensione per l'attraversamento 4)
Tubazione Attraversamento 5	Strada 17-18	22.7	Tubazione in cemento diametro 600 mm (stessa dimensione per gli attraversamenti 2,3 e 6)

Canaletta tratto 9-10							
Materiale attraversamento					Terra		
BASE [m]					0		
Coefficiente di scabrezza di Strikler [$m^{1/3}/s$]					60		
Pendenza sponde					1		
Pendenza [m/m]					0.005		
h	A [m ²]	B [m]	R [m]	χ	Q [l/s]	V [m/s]	% Riempimento
0.19	0.04	0.53	0.07	38.23	25.00	0.70	89.42



Legenda:

h: altezza idrica
A: area bagnata
B: contorno bagnato
R: raggio idraulico
χ : coefficiente scabrezza
Q: portata
V: velocità

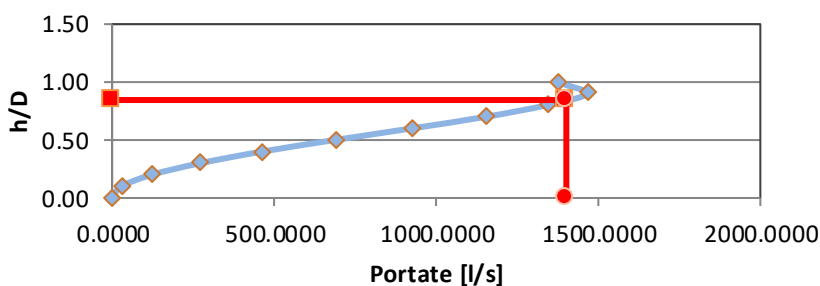
Scala delle portate

h	A [m ²]	B [m]	R [m]	χ	Q [l/s]	V [m/s]	% Riempimento
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.20	0.04	0.57	0.07	38.58	29.02	0.73	100.00

Tubazione attraversamento 1

Materiale tubazione				CEMENTO			
Diametro interno (mm)				800			
Coefficiente di scabrezza di Strikler [$m^{1/3}/s$]				80			
Pendenza [m/m]				0.010			
Portata progetto [l/s]				1399.000			
h / D	A [m ²]	B [m]	R [m]	χ	Q [l/s]	V [m/s]	% Riempimento
0.84	0.45	1.85	0.24	63.20	1399.00	3.12	89.31

Scala delle portate



Legenda:

h/D: rapporto altezza/diametro
A: area bagnata
B: contorno bagnato
R: raggio idraulico
χ : coefficiente scabrezza
Q: portata
V: velocità

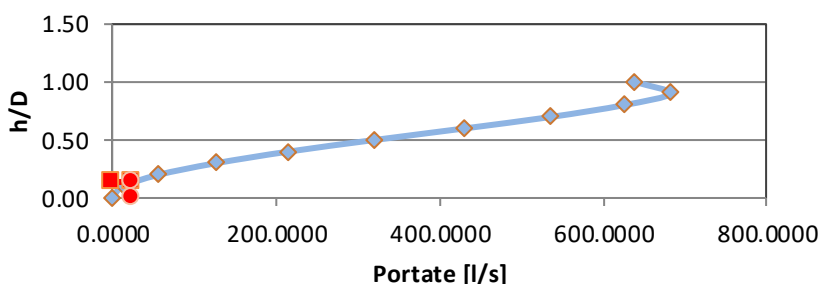
Scala delle portate tubazione

h / D	A [m ²]	B [m]	R [m]	χ	Q [l/s]	V [m/s]	% Riempimento
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00
0.10	0.03	0.51	0.05	48.69	28.7121	1.10	5.20
0.20	0.07	0.74	0.10	54.18	120.4319	1.68	14.24
0.30	0.13	0.93	0.14	57.42	269.3157	2.12	25.23
0.40	0.19	1.10	0.17	59.62	463.4405	2.47	37.35
0.50	0.25	1.26	0.20	61.18	687.6221	2.74	50.00
0.60	0.31	1.42	0.22	62.26	923.9444	2.93	62.65
0.70	0.38	1.59	0.24	62.93	1151.4063	3.06	74.77
0.80	0.43	1.77	0.24	63.21	1344.2557	3.12	85.76
0.90	0.48	2.00	0.24	63.00	1465.7317	3.08	94.80
1.00	0.50	2.51	0.20	61.18	1375.2443	2.74	100.00

Tubazione attraversamento 5

Materiale tubazione				CEMENTO			
Diametro interno (mm)				600			
Coefficiente di scabrezza di Strikler [$m^{1/3}/s$]				80			
Pendenza [m/m]				0.010			
Portata progetto [l/s]				22.700			
h /D	A [m ²]	B [m]	R [m]	χ	Q [l/s]	V [m/s]	% Riempimento
0.13	0.02	0.44	0.05	48.30	22.70	1.06	7.55

Scala delle portate



Legenda:

h/D: rapporto altezza/diametro
A: area bagnata
B: contorno bagnato
R: raggio idraulico
χ : coefficiente scabrezza
Q: portata
V: velocità

Scala delle portate tubazione

h /D	A [m ²]	B [m]	R [m]	χ	Q [l/s]	V [m/s]	% Riempimento
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00
0.10	0.01	0.39	0.04	46.41	13.3320	0.91	5.20
0.20	0.04	0.56	0.07	51.64	55.9206	1.39	14.24
0.30	0.07	0.70	0.10	54.73	125.0523	1.75	25.23
0.40	0.11	0.82	0.13	56.83	215.1910	2.04	37.35
0.50	0.14	0.94	0.15	58.31	319.2860	2.26	50.00
0.60	0.18	1.06	0.17	59.34	429.0183	2.42	62.65
0.70	0.21	1.19	0.18	59.99	534.6365	2.53	74.77
0.80	0.24	1.33	0.18	60.25	624.1830	2.57	85.76
0.90	0.27	1.50	0.18	60.05	680.5883	2.54	94.80
1.00	0.28	1.88	0.15	58.31	638.5720	2.26	100.00