




REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
COMUNE DI STINTINO
Provincia di Sassari (SS)



PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO
AGROVOLTAICO AVANZATO DENOMINATO STINTINO
Loc. "Pozzo San Nicola", Stintino (SS) - 07040, Sardegna, Italia
Potenza Nominale Impianto FV: 18'146,18 kWp

	Committente - Sviluppo progetto FV: Apollo Solar 3 S.r.l. Viale della Stazione n. 7 - 39100 Bolzano (BZ) P.IVA 03187660216, PEC: apollosolar3srl@pecimprese.it	Gruppo di lavoro La SIA S.p.A. Riccardo Sacconi - Ingegnere Civile Antonio Dedoni - Ingegnere Idraulico Alberto Mossa - Archeologo Simone Manconi - Geologo Francesco Paolo Pinchera - Biologo Progettazione Agronomica (La SIA S.p.A.) Agr. Stefano Atzeni - Agronomo Agr. Franco Milito - Agronomo Agr. Rita Bosi - Agronomo Progettazione Elettrica Ing. Silvio Matta – Ing. Elettrico
	Coordinamento Progettisti Innova Service S.r.l. Via Santa Margherita n. 4 - 09124 Cagliari (CA) P.IVA 03379940921, PEC: innovaserviceca@pec.it	
	Coordinamento gruppo di lavoro La SIA S.p.a. Viale Luigi Schiavonetti n. 286 – Roma (RM) P.IVA 08207411003, PEC: direzione.lasia@pec.it	

Elaborato

RELAZIONE IDRAULICA

Codice elaborato REL_SP_IDRA			Scala -	Formato A4
REV.	DATA	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	Febbraio 2024	Ing. Antonio Dedoni	Innova Service S.r.l.	Apollo Solar 3 S.r.l.

Note

INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	CALCOLI IDROLOGICI.....	4
2.1	<i>Determinazione dell'altezza di pioggia critica</i>	7
2.2	<i>Coefficiente di deflusso</i>	8
2.3	<i>Portate di piena bacini</i>	9
3	CALCOLI IDRAULICI.....	10
3.1	<i>Verifica attraversamenti interferenze 1 e 2.....</i>	11
3.2	<i>Verifica attraversamento interferenza 6</i>	12
3.3	<i>Verifica attraversamenti interferenze 7 e 8.....</i>	13
4	CONCLUSIONI	14

1 PREMESSA

Il presente documento costituisce relazione di dimensionamento idraulico degli attraversamenti della nuova viabilità interna dell'impianto agrolvoltaico avanzato denominato "Stintino" in località "Pozzo San Nicola" nel comune di Stintino.

In riferimento al reticolo idrografico regionale, individuato con deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino n. 3 del 30/07/2015 per le finalità di attuazione del PAI, comprendente gli elementi idrici rappresentati nel DBG10K e quelli indicati nella cartografia dell'IGMI storica del 1960, sono state riscontrate 8 interferenze con le opere civili.

In alcune interferenze è prevista la realizzazione di un nuovo manufatto idraulico e l'eventuale posa dei cavidotti dell'impianto mediante scavo, o Toc, attestando le canalizzazioni in cavo ad una profondità di un metro dal manufatto idraulico in progetto o esistente.



Figura 1 – Planimetria con individuazione degli attraversamenti

La seguente tabella riassume le interferenze ottenute dalla sovrapposizione degli interventi in progetto con il reticolo idrografico regionale.

Tabella 1.1: Interferenze con il reticolo idrografico

Nr.	ID	Fonte	Viabilità	Modalità di risoluzione dell'interferenza
1	INTERFERENZA 01	FIUME 80436	Nuova viabilità	Realizzazione di un nuovo manufatto idraulico e posa cavidotti mediante scavo attestando le canalizzazioni in cavo ad una profondità di un metro dal manufatto idraulico in progetto.
2	INTERFERENZA 02	FIUME 80436	Nuova viabilità	Realizzazione di un nuovo manufatto idraulico e posa cavidotti mediante scavo attestando le canalizzazioni in cavo ad una profondità di un metro dal manufatto idraulico in progetto.
3	INTERFERENZA 03	FIUME 80436	Viabilità esistente	(Attraversamento idraulico esistente). Adeguamento della viabilità esistente alla stessa quota del terreno esistente. Posa dei cavidotti mediante TOC attestando le canalizzazioni in cavo ad una profondità di un metro dal manufatto idraulico esistente.

Nr.	ID	Fonte	Viabilità	Modalità di risoluzione dell'interferenza
4	INTERFERENZA 04	FIUME 80436	Nuova viabilità	(L'elemento idrico attualmente è convogliato all'interno di una tubazione interrata). Realizzazione nuova viabilità alla stessa quota del terreno esistente. Posa dei cavidotti mediante TOC attestando le canalizzazioni in cavo ad una profondità di un metro dal manufatto idraulico esistente.
5	INTERFERENZA 05	FIUME 81209	Nuova viabilità	(L'elemento idrico attualmente è convogliato all'interno di una tubazione interrata). Realizzazione nuova viabilità alla stessa quota del terreno esistente. Posa dei cavidotti mediante TOC attestando le canalizzazioni in cavo ad una profondità di un metro dal manufatto idraulico esistente.
6	INTERFERENZA 06	FIUME 81209	Nuova viabilità	Realizzazione di un nuovo manufatto idraulico e posa dei cavidotti mediante TOC attestando le canalizzazioni in cavo ad una profondità di un metro dal manufatto idraulico in progetto.
7	INTERFERENZA 07	FIUME 78127	Nuova viabilità	Realizzazione di un nuovo manufatto idraulico e posa dei cavidotti mediante TOC attestando le canalizzazioni in cavo ad una profondità di un metro dal manufatto idraulico in progetto.
8	INTERFERENZA 08	FIUME 78127	Nuova viabilità	Realizzazione di un nuovo manufatto idraulico e posa dei cavidotti mediante TOC attestando le canalizzazioni in cavo ad una profondità di un metro dal manufatto idraulico in progetto.

I nuovi attraversamenti sono stati calcolati secondo la deliberazione n. 39 del 17.07.2019 del Comitato Istituzionale che ha come oggetto: "Indirizzi applicativi in merito al coordinamento della normativa regionale PAI con il Decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni" e della relativa Circolare Ministeriale 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. per gli aspetti di cui punti 5.1.2.3 e 5.2.1.2 "compatibilità idraulica" per gli attraversamenti stradali e ferroviari denominati "tombini" e riporta i criteri per il dimensionamento dei manufatti idraulici:

"Restano esclusi dal punto 5.1.2.3 della Norma i tombini, intendendosi per tombino un manufatto totalmente rivestito in sezione, eventualmente suddiviso in più canne, in grado di condurre complessivamente portate fino a 50 m³/s. L'evento da assumere a base del progetto di un tombino ha comunque tempo di ritorno uguale a quello da assumere per i ponti. La scelta dei materiali deve garantire la resistenza anche ai fenomeni di abrasione e urto causati dai materiali trasportati dalla corrente.

Oltre a quanto previsto per gli attraversamenti dalla Norma, nella Relazione idraulica è opportuno siano considerati anche i seguenti aspetti:

- *è da sconsigliare il frazionamento della portata fra più canne, tranne nei casi in cui questo sia fatto per facilitare le procedure di manutenzione, predisponendo allo scopo luci panconabili all'imbocco e allo sbocco e accessi per i mezzi d'opera;*
- *sono da evitare andamenti planimetrici non rettilinei e disallineamenti altimetrici del fondo rispetto alla pendenza naturale del corso d'acqua.*
- *per sezioni di area maggiore a 1,5 m² è da garantire la praticabilità del manufatto;*
- *il tombino può funzionare sia in pressione che a superficie libera, evitando in ogni caso il funzionamento intermittente fra i due regimi: nel caso in una o più sezioni il funzionamento sia in pressione, la massima velocità che si realizza all'interno dello stesso tombino non dovrà superare 1,5 m/s;*

- nel caso di funzionamento a superficie libera, il tirante idrico non dovrà superare i 2/3 dell'altezza della sezione, garantendo comunque un franco minimo di 0,50 m;
- il calcolo idraulico è da sviluppare prendendo in considerazione le condizioni che si realizzano nel tratto del corso d'acqua a valle del tombino;
- la tenuta idraulica deve essere garantita per ciascuna sezione dell'intero manufatto per un carico pari al maggiore tra: 0,5 bar rispetto all'estradosso o 1,5 volte la massima pressione d'esercizio;
- il massimo rigurgito previsto a monte del tombino deve garantire il rispetto del franco idraulico nel tratto del corso d'acqua a monte;
- nel caso sia da temersi l'ostruzione anche parziale del manufatto da parte dei detriti galleggianti trasportati dalla corrente, è da disporre immediatamente a monte una varice presidiata da una griglia che consenta il passaggio di elementi caratterizzati da dimensioni non superiori alla metà della larghezza del tombino; in alternativa il tombino è da dimensionare assumendo che la sezione efficace ai fini del deflusso delle acque sia ridotta almeno alla metà di quella effettiva. È in ogni caso da garantire l'accesso in alveo ai mezzi necessari per le operazioni di manutenzione ordinaria o straordinaria da svolgere dopo gli eventi di piena;
- i tratti del corso d'acqua immediatamente prospicienti l'imbocco e lo sbocco del manufatto devono essere protetti da fenomeni di scalzamento e/o erosione, e opportune soluzioni tecniche sono da adottare per evitare i fenomeni di sifonamento.

Nel caso il tombino sia opera provvisoria, ovvero a servizio di un cantiere, le precedenti disposizioni possono essere assunte come elementi di riferimento, tenendo opportunamente conto del tempo di utilizzo previsto per l'opera provvisoria stessa.

Per la realizzazione della viabilità interna è previsto uno scavo di 30 cm a cassonetto, interposizione di una geogriglia e ricarica con lo stesso materiale per aumentare il grado di resistenza del tratto di strada naturale. Tale soluzione permette la circolazione in sicurezza dei mezzi per la gestione dell'impianto agrovoltico avanzato e per la manutenzione dei corsi d'acqua.

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:

- a) la formazione della piena è dovuta esclusivamente ad un fenomeno di trasferimento della massa liquida;
- b) 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;
- c) la velocità di ogni singola goccia non è influenzata dalla presenza delle altre gocce, cioè ognuna scorre indipendentemente dalle altre;
- d) 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 Km^2 , 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 1.5 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 07 e 08 si è fatto riferimento al bacino totale con la sezione di chiusura in corrispondenza dell'attraversamento 8, individuato nella figura di seguito riportata.cos

Per il dimensionamento degli attraversamenti 01 e 02, si è fatto riferimento ad un portata calcolata proporzionalmente all'area del sottobacino 1 (con sezione di chiusura nell'interferenza

04) rispetto all'area del bacino complessivo.

Per il dimensionamento dell'attraversamento 06, si è fatto riferimento ad un portata calcolata proporzionalmente all'area del sottobacino 2 (con sezione di chiusura nell'interferenza 06) rispetto all'area del bacino complessivo.

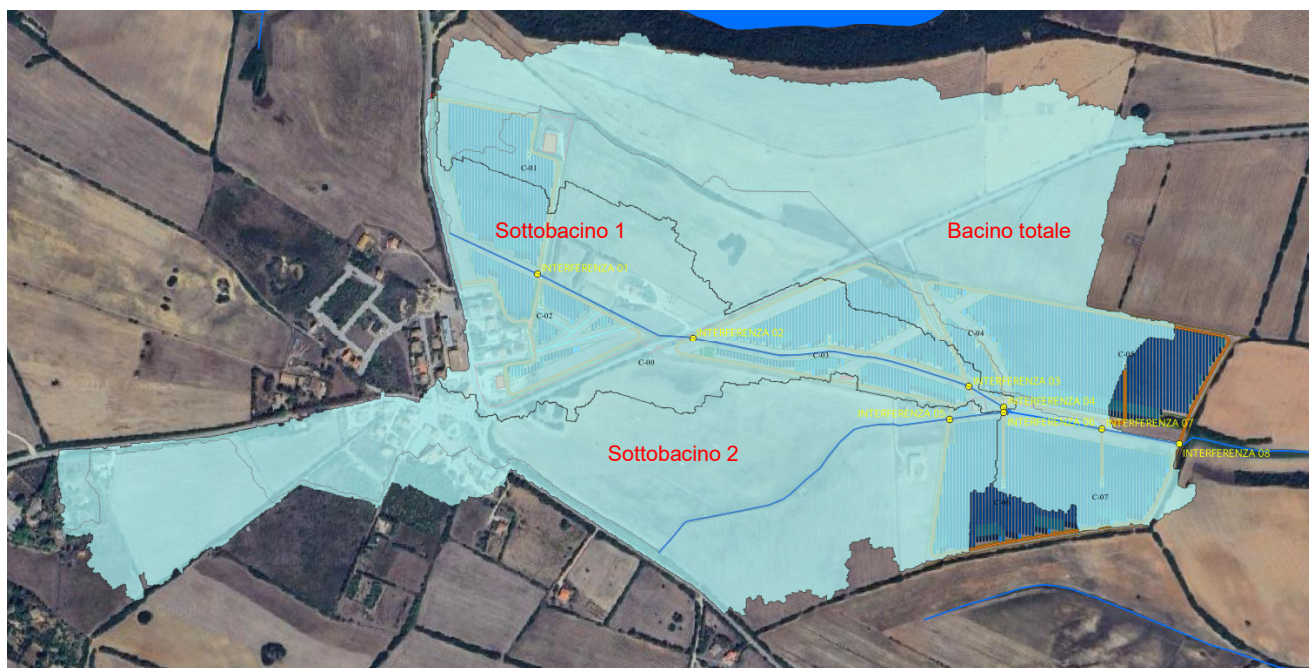


Figura 2 – Planimetria con individuazione dei bacini

Le caratteristiche morfologiche del bacino sono di seguito indicate:

CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE			
		BACINO	
Superficie bacino	S=	1.020	Km ²
Altitudine massima	H _{MAX} =	40.000	m s.l.m.
Altitudine minima	H ₀ =	22.000	m s.l.m.
Altitudine media	H _m =	34.510	m s.l.m.
Pendenza media del bacino drenante	i _{VERSANTE} =	3.100	%
Lunghezza asta principale	L=	1.580	km
Pendenza media dell'asta principale	i _m =	0.0078	%

I valori ricavati pertanto sono i seguenti:

TEMPO DI CORRIVAZIONE		
		BACINO
SCS	[ore]	0.985
Ventura	[ore]	1.455
Giandotti	[ore]	2.265
Viparelli	[ore]	0.293
Pasini	[ore]	1.434
VAPI	[ore]	2.410

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

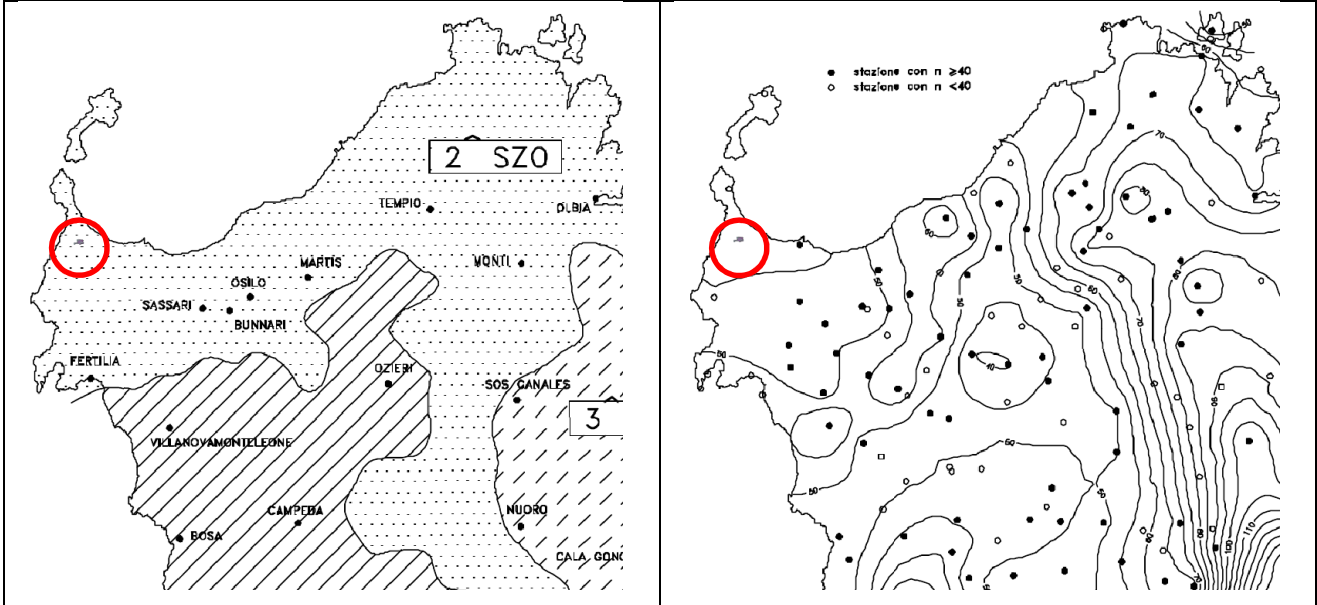
I valori di a_1 e n_1 si determinano in funzione della pioggia indice giornaliera μ_g data dalla media dei massimi annui di precipitazione giornaliera; tali valori sono stati calcolati per diverse zone della Sardegna secondo la carta delle Isoiete.

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

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

Per quanto riguarda a2 e n2 si determinano con relazioni differenti per tempi di ritorno TR maggiori o minori di 10 anni, per durate di pioggia Tp 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 2. E' stato utilizzato un coefficiente μ_g pari a 43.



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 84.

USO DEL SUOLO	DESCRIZIONE	TIPO DI SUOLO CN II	TIPO DI SUOLO CN III	AREA [kmq ²]	AREA [%]	Fs
1211	INSEDIAMENTI INDUSTRIALI, ARTIGIANALI E COMMERCIALI E SPAZI ANNESSI	89.00	94.90	0.006	0.57	13.65
2111	SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	61.00	78.25	0.487	47.63	70.61
1112	TESSUTO RESIDENZIALE RADO	61.00	78.25	0.025	2.40	70.61
1121	TESSUTO RESIDENZIALE RADO E NUCLEIFORME	61.00	78.25	0.018	1.73	70.61
2111	SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	81.00	90.75	0.462	45.16	25.90
242	SISTEMI COLTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	64.00	80.35	0.011	1.08	62.12
1121	TESSUTO RESIDENZIALE RADO E NUCLEIFORME	61.00	78.25	0.013	1.29	70.61
1121	TESSUTO RESIDENZIALE RADO E NUCLEIFORME	61.00	78.25	0.000	0.04	70.61
3231	MACCHIA MEDITERRANEA	35.00	55.33	0.001	0.06	205.09
3231	MACCHIA MEDITERRANEA	70.00	84.29	0.000	0.05	47.33
	CURVE NUMBER PONDERATO	70.21	84.00	1.022	100.00	48.39

2.3 Portate di piena bacini

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

BACINO COMPLETO

Tempo di ritorno	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						
[anni]											
50	0.980	19.6482	0.2845	2.288	0.1381	26.744	26.744	4.451	0.166	4.310	4.23
100	0.990	19.6482	0.2845	2.616	0.1755	29.203	29.203	5.615	0.192	5.437	5.33
200	0.995	19.6482	0.2845	2.943	0.2068	31.622	31.622	6.848	0.217	6.632	6.50
500	0.998	19.6482	0.2845	3.377	0.2388	34.877	34.877	8.631	0.247	8.358	8.19

3 CALCOLI IDRAULICI

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 80 per le tubazioni e i manufatti in cemento.

Le verifiche sono state eseguite con la portata con tempo di ritorno 200 anni.

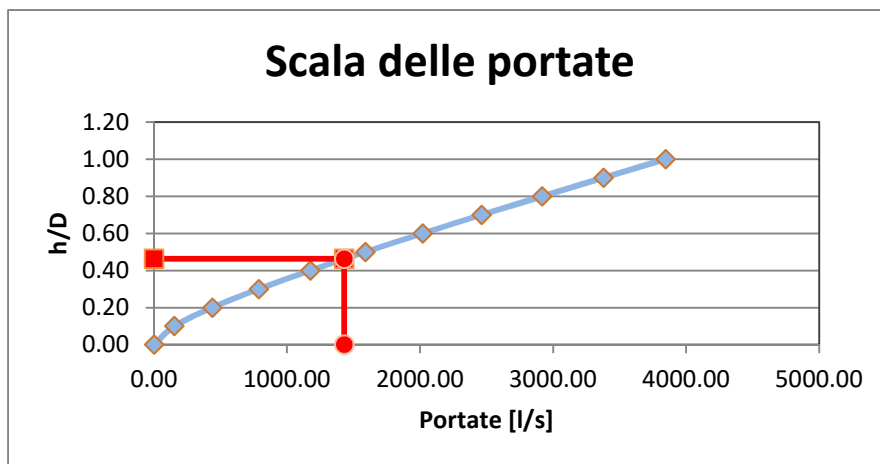
Si riporta di seguito una tabella con indicazione dei tratti oggetto di dimensionamento.

Interferenza	Bacino	Portata 200 anni [mc/s]	Caratteristiche geometriche
Interferenza 1	Sottobacino 1	1.43	Sezione scatolare Larghezza 1.0 m e altezza 1.0 m, pendenza longitudinale 0.01
Interferenza 2	Sottobacino 1	1.43	Sezione scatolare Larghezza 1.0 m e altezza 1.0 m, pendenza longitudinale 0.01
Interferenza 6	Sottobacino 2	2.24	Sezione scatolare Larghezza 1.4 m e altezza 1.0 m, pendenza longitudinale 0.01
Interferenza 7	Bacino completo	6.63	Sezione scatolare Larghezza 3.2 m e altezza 1.0 m, pendenza longitudinale 0.01
Interferenza 8	Bacino completo	6.63	Sezione scatolare Larghezza 3.2 m e altezza 1.0 m, pendenza longitudinale 0.01

3.1 Verifica attraversamenti interferenze 1 e 2

Gli attraversamenti saranno costituiti da un manufatto in cemento, di larghezza interna 1 m e altezza interna 1 m, pendenza longitudinale 0.01 m/m.

Interferenza 1 e 2							
Materiale attraversamento				Cemento			
BASE [m]				1			
Coefficiente di scabrezza di Strikler [$m^{1/3}/s$]				80			
Pendenza sponde				0			
Pendenza [m/m]				0.010			
h	A [m ²]	B [m]	R [m]	χ	Q [l/s]	V [m/s]	% Riempimento
0.46	0.46	1.93	0.24	63.08	1430.00	3.09	46.25



Legenda:

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

Scala delle portate

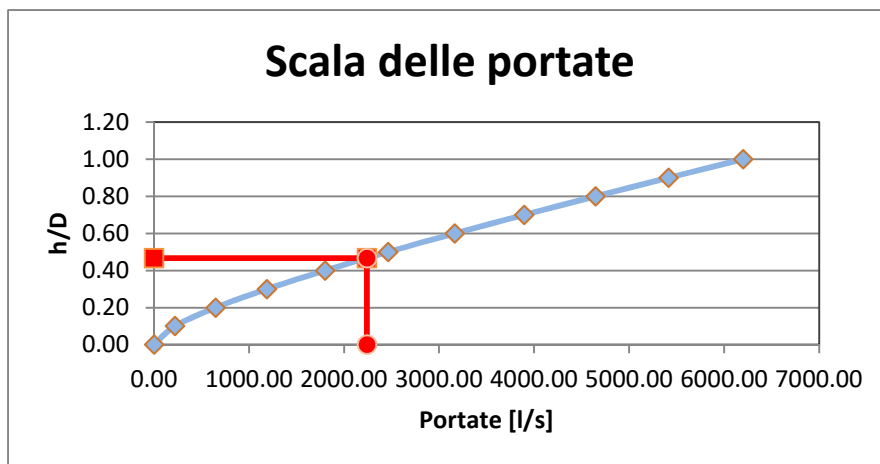
h	A [m ²]	B [m]	R [m]	χ	Q [l/s]	V [m/s]	% Riempimento
0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.10	1.20	0.08	52.87	152.63	1.53	10.00
0.20	0.20	1.40	0.14	57.84	437.24	2.19	20.00
0.30	0.30	1.60	0.19	60.52	786.22	2.62	30.00
0.40	0.40	1.80	0.22	62.26	1174.02	2.94	40.00
0.50	0.50	2.00	0.25	63.50	1587.40	3.17	50.00
0.60	0.60	2.20	0.27	64.42	2018.65	3.36	60.00
0.70	0.70	2.40	0.29	65.15	2462.89	3.52	70.00
0.80	0.80	2.60	0.31	65.73	2916.92	3.65	80.00
0.90	0.90	2.80	0.32	66.21	3378.49	3.75	90.00
1.00	1.00	3.00	0.33	66.61	3846.00	3.85	100.00

Per una portata di 200 anni si determina un livello idrico pari a 46 cm ed un franco idraulico di 54 cm.

3.2 Verifica attraversamento interferenza 6

L'attraversamento sarà costituito da un manufatto in cemento, di larghezza interna 1.4 m e altezza interna 1 m, pendenza longitudinale 0.01 m/m.

Interferenza 6							
Materiale attraversamento					Cemento		
BASE [m]					1.4		
Coefficiente di scabrezza di Strikler [$m^{1/3}/s$]					80		
Pendenza sponde					0		
Pendenza [m/m]					0.010		
h	A [m ²]	B [m]	R [m]	χ	Q [l/s]	V [m/s]	% Riempimento
0.47	0.65	2.33	0.28	64.71	2240.00	3.43	46.71



Legenda:

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

Scala delle portate

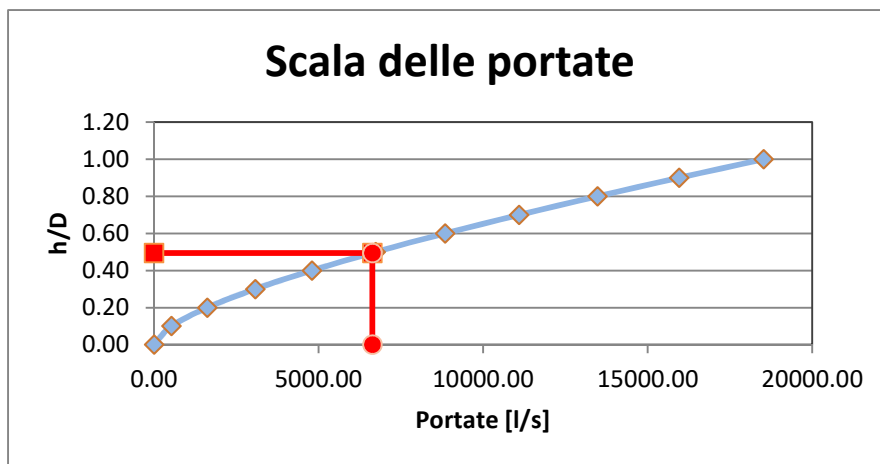
h	A [m ²]	B [m]	R [m]	χ	Q [l/s]	V [m/s]	% Riempimento
0.00	0.00	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.14	1.60	0.09	53.30	220.74	1.58	10.00
0.20	0.28	1.80	0.16	58.67	647.90	2.31	20.00
0.30	0.42	2.00	0.21	61.68	1187.09	2.83	30.00
0.40	0.56	2.20	0.25	63.69	1799.37	3.21	40.00
0.50	0.70	2.40	0.29	65.15	2462.89	3.52	50.00
0.60	0.84	2.60	0.32	66.27	3164.02	3.77	60.00
0.70	0.98	2.80	0.35	67.16	3893.69	3.97	70.00
0.80	1.12	3.00	0.37	67.88	4645.57	4.15	80.00
0.90	1.26	3.20	0.39	68.49	5415.11	4.30	90.00
1.00	1.40	3.40	0.41	69.00	6198.94	4.43	100.00

Per una portata di 200 anni si determina un livello idrico pari a 47 cm ed un franco idraulico di 53 cm.

3.3 Verifica attraversamenti interferenze 7 e 8

Gli attraversamenti saranno costituiti da un manufatto in cemento, di larghezza interna 3.2 m e altezza interna 1 m, pendenza longitudinale 0.01 m/m.

Interferenza 6							
Materiale attraversamento					Cemento		
BASE [m]					3.2		
Coefficiente di scabrezza di Strikler [$m^{1/3}/s$]					80		
Pendenza sponde					0		
Pendenza [m/m]					0.010		
h	A [m ²]	B [m]	R [m]	χ	Q [l/s]	V [m/s]	% Riempimento
0.50	1.58	4.19	0.38	68.03	6630.00	4.18	49.52



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	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.32	3.40	0.09	53.96	529.69	1.66	10.00
0.20	0.64	3.60	0.18	59.99	1618.78	2.53	20.00
0.30	0.96	3.80	0.25	63.61	3069.16	3.20	30.00
0.40	1.28	4.00	0.32	66.16	4790.71	3.74	40.00
0.50	1.60	4.20	0.38	68.11	6726.52	4.20	50.00
0.60	1.92	4.40	0.44	69.67	8836.70	4.60	60.00
0.70	2.24	4.60	0.49	70.96	11091.70	4.95	70.00
0.80	2.56	4.80	0.53	72.04	13468.81	5.26	80.00
0.90	2.88	5.00	0.58	72.97	15950.13	5.54	90.00
1.00	3.20	5.20	0.62	73.78	18521.28	5.79	100.00

Per una portata di 200 anni si determina un livello idrico pari a 50 cm ed un franco idraulico di 50 cm.

4 CONCLUSIONI

Il dimensionamento dei nuovi attraversamenti idraulici è stato eseguito sulla base della deliberazione n. 39 del 17.07.2019 del Comitato Istituzionale che ha come oggetto: “Indirizzi applicativi in merito al coordinamento della normativa regionale PAI con il Decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 17 gennaio 2018 “Norme tecniche per le costruzioni” e della relativa Circolare Ministeriale 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. per gli aspetti di cui punti 5.1.2.3 e 5.2.1.2 “compatibilità idraulica” per gli attraversamenti stradali e ferroviari denominati “tombini. Si definisce “tombino” un manufatto totalmente rivestito in sezione, eventualmente suddiviso in più canne, in grado di condurre complessivamente portate fino a 50 m³/s. Il dimensionamento di tali manufatti è stato eseguito sulla base di una portata di piena con tempo di ritorno 200 anni.

La verifica idraulica, eseguita utilizzando la formula di Chezy-Bazin, ha determinato ai seguenti risultati:

Interferenza	Bacino	Portata 200 anni [mc/s]	Caratteristiche geometriche	V [m/s]	Franco idraulico [m]	Verifica
Interferenza 1	Sottobacino 1	1.43	Sezione scatolare Larghezza 1.0 m e altezza 1.0 m, pendenza longitudinale 0.01	3.09	54	POSITIVA
Interferenza 2	Sottobacino 1	1.43	Sezione scatolare Larghezza 1.0 m e altezza 1.0 m, pendenza longitudinale 0.01	3.09	54	POSITIVA
Interferenza 6	Sottobacino 2	2.24	Sezione scatolare Larghezza 1.4 m e altezza 1.0 m, pendenza longitudinale 0.01	3.43	53	POSITIVA
Interferenza 7	Bacino completo	6.63	Sezione scatolare Larghezza 3.2 m e altezza 1.0 m, pendenza longitudinale 0.01	4.18	50	POSITIVA
Interferenza 8	Bacino completo	6.63	Sezione scatolare Larghezza 3.2 m e altezza 1.0 m, pendenza longitudinale 0.01	4.18	50	POSITIVA