

ISTANZA VIA
Presentata al
Ministero della Transizione Ecologica
e al Ministero della Cultura
(Art. 23 del D. Lgs 152/2006 e ss. mm. ii
Art. 12 del D. Lgs. 387/03 e ss. mm. ii.)

PROGETTO

IMPIANTO AGRIVOLTAICO

POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp
POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW
Comune di Sassari (SS)

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09

PROPONENTE:

TEP RENEWABLES (SANTA GIUSTA PV) S.r.l.
Piazzale Giulio Douhet, 25 – CAP 00143 Roma (RM)
P. IVA e C.F. 16882231000 – REA RM - 1681812

PROGETTISTI:

ING. MATTEO BERTONERI
Iscritto all' Ordine degli Ing. della Provincia di Massa Carrara al n. 669 sez. A

Data	Rev.	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
12/2022	0	Prima emissione	EL	GC	G.Calzolari

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	2 di 45

INDICE

1	PREMESSA	3
2	STATO DI FATTO	4
2.1	Localizzazione impianto	4
3	DATI DI RIFERIMENTO	6
3.1	Rilievo	6
3.1.1	<i>Modello digitale del terreno – Regione Sardegna</i>	6
3.1.2	<i>Modello digitale del terreno e della superficie - MATTM</i>	6
3.1.3	<i>Rilievo topografico</i>	7
3.2	Normativa e fonti di riferimento	7
4	COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEGLI INTERVENTI	9
5	STUDIO IDROLOGICO	10
5.1	Caratteristiche morfologiche del bacino	10
5.2	Stima delle intensità di pioggia	11
5.2.1	<i>Tempo di Ritorno</i>	11
5.2.2	<i>Distribuzione TCEV</i>	12
5.3	Metodo razionale	17
5.4	Coefficiente di deflusso Φ	18
5.5	Coefficiente di Riduzione Areale	21
5.6	Trasformazione afflussi-deflussi - Stima delle portate di progetto	21
6	VERIFICHE E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI	26
6.1	Analisi dei criteri di verifica dei sistemi di drenaggio	27
6.2	Caratteristiche del sistema di drenaggio delle acque di copertura	28
6.3	Verifica Idraulica in Moto Uniforme delle sezioni	28
6.4	Riepilogo delle sezioni verificate	30
6.5	Scheda di verifica sezione 1.1	31
6.6	Scheda di verifica sezione 1.2	32
6.7	Scheda di verifica sezione 1.3	33
6.8	Scheda di verifica sezione 1.4	34
6.9	Scheda di verifica sezione 1.5	35
6.10	Scheda di verifica sezione 1.6	36
7	CONCLUSIONI	37
8	VERIFICA ATTRAVERSAMENTO	39
9	ALLEGATO 1 – SISTEMA DI DRENAGGIO	45

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	3 di 45

1 PREMESSA

Il presente documento riporta lo studio idrologico e idraulico del progetto dell'impianto fotovoltaico, della linea di connessione e della cabina di consegna, analizzando le eventuali interferenze con il reticolo idrografico esistente, identificando le migliori soluzioni e tecnologie per la risoluzione delle stesse.

In corrispondenza di canali irrigui e corsi d'acqua naturali, la relazione ha inoltre valutato che il superamento delle interferenze avvenga in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento e al contesto territoriale.

In merito allo studio idrologico e idraulico del reticolo idrografico superficiale e dei principali potenziali solchi di drenaggio esistenti, si è fatto riferimento alla documentazione pubblicata sul sito della Regione Sardegna oltre che alle risultanze dei rilievi topografici eseguiti in situ.

La relazione riporta inoltre lo studio idrologico idraulico delle aree scolanti interessate dalle opere del progetto fotovoltaico, analizzando il possibile impatto del progetto da un punto di vista idrologico (valutazione variazioni del coefficiente di deflusso e modifiche al deflusso naturale delle acque meteoriche) e dal punto di vista idraulico (valutazione variazioni degli apporti durante eventi intensi al ricevitore finale).

Tale studio idrologico è svolto secondo le Norme Tecniche di Attuazione del Piano d'Assetto Idrogeologico redatto per la Regione Sardegna, e costituito da:

- analisi delle piogge, eseguita utilizzando gli studi e le metodologie disponibili in letteratura per la regione Sardegna ed utilizzate nella redazione dei vari Piani;
- valutazione della durata dell'evento pluviometrico di progetto di durata pari al tempo critico del bacino idrografico oggetto di studio (tempo di corrivazione e ietogramma di progetto);
- determinazione delle portate di riferimento e dimensionamento del sistema di collettamento delle stesse.

Per maggiori approfondimenti relativi alla planimetria generale di gestione acque meteoriche delle aree di progetto e allo schema della rete di dreno nel nuovo impianto fotovoltaico si rimanda alle tavole allegate al presente documento.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	4 di 45

2 STATO DI FATTO

2.1 Localizzazione impianto

L'area di intervento comprensiva di tutte le opere di progetto è ubicata in provincia di Sassari. Precisamente l'area deputata all'installazione del campo FV, come anche una parte del cavidotto AT, la futura SE RTN 150/36 kV "Fiumesanto 2" e tutte le opere ad essa connesse (nuovi raccordi, nuovi sostegni da realizzare, sostegni esistenti da demolire), è ubicata all'interno del comune di Sassari, nella frazione di Santa Giusta, a ca. 3,2 km a Sud-est da Pozzo San Nicola e a ca. 6 km dal mare; la restante porzione del cavidotto attraversa il territorio comunale di Porto Torres.

L'area di studio si colloca nella sub-regione storica della Sardegna chiamata Nurra, area agricola pianeggiante del nord-ovest della Sardegna, situata nell'area compresa tra Alghero, Sassari, Porto Torres e Stintino, tra il golfo dell'Asinara a nord-est, il mar di Sardegna ad ovest, dal Riu Mannu a est e dai rilievi del Logudoro a sud-est. Il paesaggio della Nurra oggi appare, generalmente, spoglio, costituito in gran parte da estesi pascoli, da macchia mediterranea e gariga: delle grandi foreste che un tempo la ricoprivano sino all'Ottocento, quando la regione fu stravolta dalla deforestazione piemontese ed un grave incendio, rimangono solo sparuti residui di foreste a galleria, lungo le valli. Nello specifico, l'area di intervento è caratterizzata dalla presenza di estese coltivazioni a seminativo, pascoli e pascoli arborati; sulle aree circostanti sono presenti anche formazioni forestali caratterizzate dalla presenza delle specie tipiche della macchia a dominanza di leccio. Diffuse al margine dei coltivi e dei pascoli sono le siepi campestri che presentano un elevato valore in termini di incremento della biodiversità diffusa. All'interno dell'area in parola sono presenti due strutture abitative dalle quali con la disposizione dei pannelli ci si è tenuti a debita distanza: una dove risiede uno dei proprietari del campo e l'altra utilizzata come struttura di appoggio da un altro proprietario.

L'area deputata all'installazione dell'impianto fotovoltaico in oggetto risulta essere adatta allo scopo presentando una buona esposizione ed una buona accessibilità, attraverso le vie di comunicazione esistenti.

Le coordinate del sito sede dell'impianto sono:

- 40°47'39.46"N
- 8°14'46.40"E
- Altitudine media 70 m s.l.m.

La rete stradale che interessa l'area di intervento è costituita da:

- Strada Statale 131 Carlo Felice che è la principale arteria stradale della Sardegna e congiunge Cagliari a Porto Torres e si estende ad est dell'area di intervento a ca. 8 km dalla futura SE e a ca. 16 dal campo FV;
- Strada statale 291 var della Nurra (SS 291 var), altra principale dorsale della regione che prende avvio dalla SS 131 fino ad innestarsi sulla strada statale 127 bis Settentrionale Sarda e che si estende a sud dell'area di intervento, a ca. 10 km dalla futura SE e ca. 16,5 km dal campo FV;
- Strada statale 291 della Nurra (SS 291) che ha inizio dalla sua stessa variante, si snoda in direzione prima ovest e poi sud e si estende a ca. 15 km a sud dell'area di intervento;
- Strada provinciale 42 dei Due Masri (SP 42) che dista ca. 300 m dalla SE e ca. 8 km dal campo FV;
- Strada provinciale 18 Sassari-Argentiera (SP 18) che è a ca. 5 km sia dal campo FV che dalla SE;
- Strada Provinciale 93 (SP93) sotto la quale verrà posato il cavidotto per una piccola parte del suo tratto e che si estende in direzione nord-sud a ca. 3,8 km a est del campo FV e a ca. 4,6 km a ovest della SE;

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	5 di 45

- Strada Provinciale 46 (SP46) che collega la SP4 alla SP18 e si estende in prossimità del campo FV, a ca. 1 km dallo stesso;
- Strada Provinciale 57 (SP57) che dista ca. 3,3 dal campo FV;
- Strada Provinciale 34 (SP34), sotto la quale verrà posato il cavidotto per una parte del suo tratto e che dista ca. 3,3 km sia dal campo FV che dalla SE;
- Strada Provinciale 4 (SP4) che, a ca. 400 m dal campo FV, costituisce l'innesto della strada di accesso allo stesso, e strada sotto la quale verrà posato il cavidotto per una parte del suo tratto;
- Strada vicinale La Melagranadda che rappresenta la strada di accesso al campo FV;
- altre strade secondarie e locali.

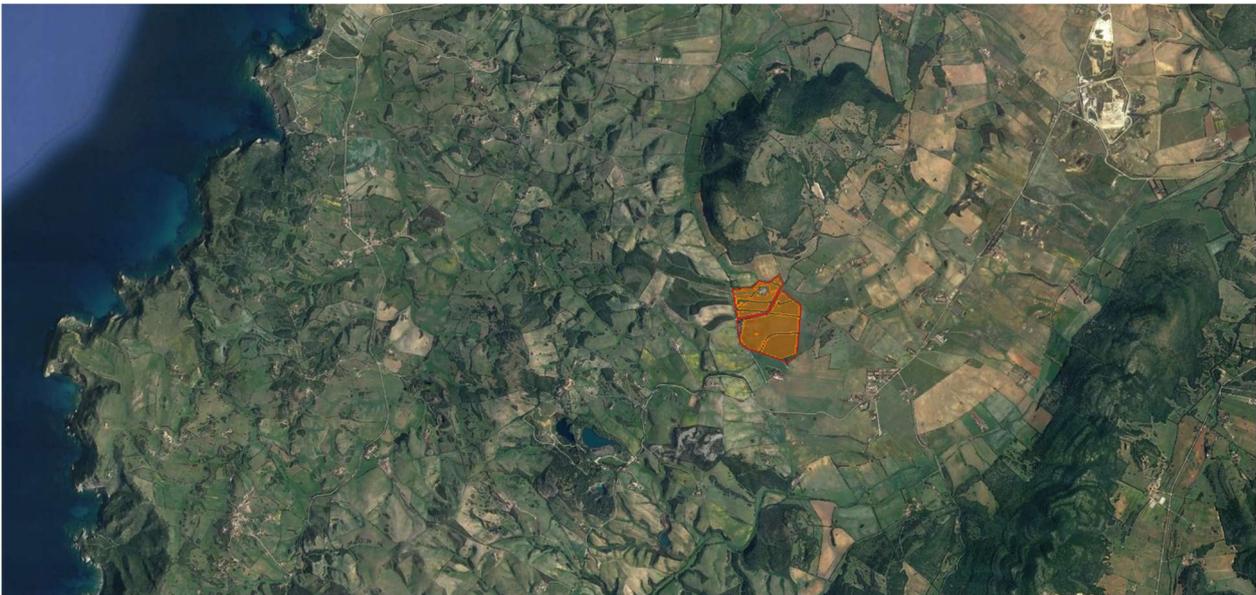


Figura 2-1: Localizzazione area di intervento

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	6 di 45

3 DATI DI RIFERIMENTO

3.1 Rilievo

La campagna investigativa topografica e fotogrammetrica ha interessato tutta l'area di progetto in modo completo e dettagliato.

Dapprima sono stati ottenuti i modelli digitali del terreno e della superficie dalla Regione Sardegna. In seguito a completamento dell'indagine e per verifica dei dati in possesso sono stati condotti dei rilievi integrativi uno topografico eseguito con GPS e uno fotogrammetrico eseguito con Aeromobili a Pilotaggio Remoto (Droni).

3.1.1 *Modello digitale del terreno – Regione Sardegna*

Attraverso la fonte ufficiale Regione Sardegna è stato ottenuto il modello digitale del terreno con una risoluzione spaziale 1x1 metri di tutta l'area di progetto.

3.1.2 *Modello digitale del terreno e della superficie - MATTM*

Il LIDAR è un sensore Laser, che rileva la distanza relativa tra il target e il sensore, in abbinamento con una piattaforma IMU (GPS+INS) che permette la georeferenziazione 3D dei suddetti punti.

Scansionando la superficie, viene creata una nuvola di punti che discriminano i punti relativi al terreno (DTM) e quelli relativi agli "oggetti" presenti sul terreno (DSM).

Misurando la coltre vegetativa, penetrando fino al suolo, si ottengono informazioni sul terreno e sulle quote, con un'accuratezza centimetrica. I prodotti ottenuti dai rilievi LIDAR forniscono le informazioni fondamentali per rappresentare puntualmente la morfologia delle aree di pericolosità idrogeologica.

Costituiscono quindi un supporto basilare per le attività di modellazione idraulica, per la perimetrazione delle aree di potenziale esondazione dei principali corsi d'acqua, e per la modellazione idrologica e di individuazione delle aree maggiormente esposte a pericolo in caso di eventi alluvionali.

La densità dei punti del rilievo è superiore a 1,5 punti per mq, se ne deduce che l'applicazione di detti rilievi per la difesa del suolo è molteplice. Il DTM presenta un'accuratezza altimetrica corrispondente a +/- 1s (scarto quadratico medio), corrispondendo ad un errore inferiore ± 15 cm. Mentre l'accuratezza planimetrica è di 2s cioè l'errore deve essere contenuto entro ± 30 cm.

Nell'ambito del PST (Piano Straordinario di Telerilevamento) il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, nel periodo 2008 – 2009 ha effettuato una campagna di ricognizioni aeree con sensori LIDAR su determinate zone del territorio nazionale (aste fluviali, fascia costiera, zone con particolari criticità o esplicitamente richieste da Regioni o Province).

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	7 di 45

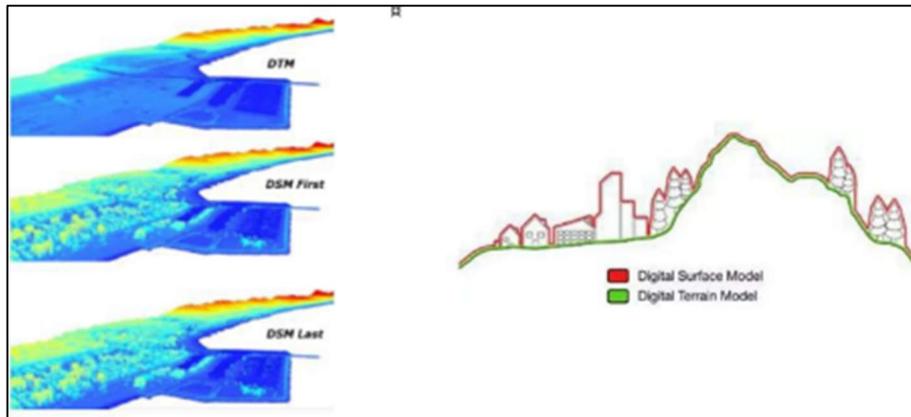


Figura 3-1: Tipologico esemplificativo raffigurante i prodotti Lidar

Su richiesta al MATTM sono stati ottenuti i prodotti sopradescritti per l'area di progetto.

3.1.3 Rilievo topografico

A agosto 2022 è stato condotto un rilievo fotogrammetrico con Drone per l'acquisizione dei seguenti prodotti:

1. Ortomosaico: la generazione di un ortomosaico per ciascuna area operativa con GSD (ground sampling distance)
2. DSM: Modello digitale della superficie con risoluzione spaziale inferiore al 0,5 metri.
3. DTM: Modello digitale del terreno con risoluzione spaziale inferiore al 0,5 metri.

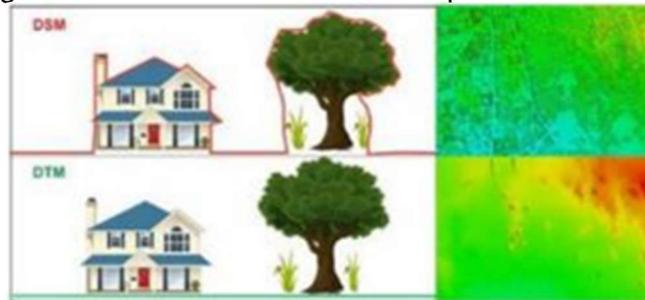


Figura 3-2 Tipologico esemplificativo raffigurante i prodotti fotogrammetrici

3.2 Normativa e fonti di riferimento

I seguenti documenti sono stato utilizzati come principali riferimenti per lo studio:

- D.Lgs 152/06 e smi;
- Direttiva Comunitaria 2007/60/CE – Valutazione e gestione del rischio di alluvioni/ D.Lgs. 49/2010;
- Regione Sardegna - Servizio tutela e gestione delle risorse idriche, vigilanza sui servizi idrici e gestione della siccità
- Autorità di bacino distrettuale della Sardegna – Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) Sardegna
- Sistemi di fognatura - Manuale di progettazione - Hoepli, CSDU;
- La sistemazione dei bacini idrografici, Vito Ferro, McGraw – Hill editore;
- Open Channel Hydraulics, Chow – McGraw – Hill editore;
- Spate Irrigation - FAO – HR Wallinford;

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	8 di 45

- Urban Drainage Design Manual” pubblicato da FHWA (Federal highway administration-US Department of transportation).

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	9 di 45

4 COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEGLI INTERVENTI

A seguito di accertamenti e verifiche sul P.A.I. (Piano di assetto idrogeologico. Individuazione e perimetrazione delle aree a Rischio idraulico e geomorfologico e delle Relative misure di salvaguardia. Legge 267 del 3-08-1998 e successivi aggiornamenti (2020)) e sul P.F.A.R. (Piano Forestale Ambientale Regionale) si afferma che l'area vasta delimitata dal limite di proprietà, ed in particolare tutti i lotti di intervento che prevedono la realizzazione di soprastrutture, risultano inclusi in una fascia con pericolosità geomorfologica Hg0 secondo PAI 2018 Rev. 42 PERICOLO FRANA, così come evidenziato in Figura 4-1. La realizzazione dell'intero intervento dovrà, quindi, essere esclusivamente coerente agli strumenti urbanistici in vigore nell'area in studio ed ai piani di settore vigenti il cui compito volgerà a disciplinare l'uso del territorio e delle risorse naturali, e, in particolare, la realizzazione dei nuovi impianti in progetto.

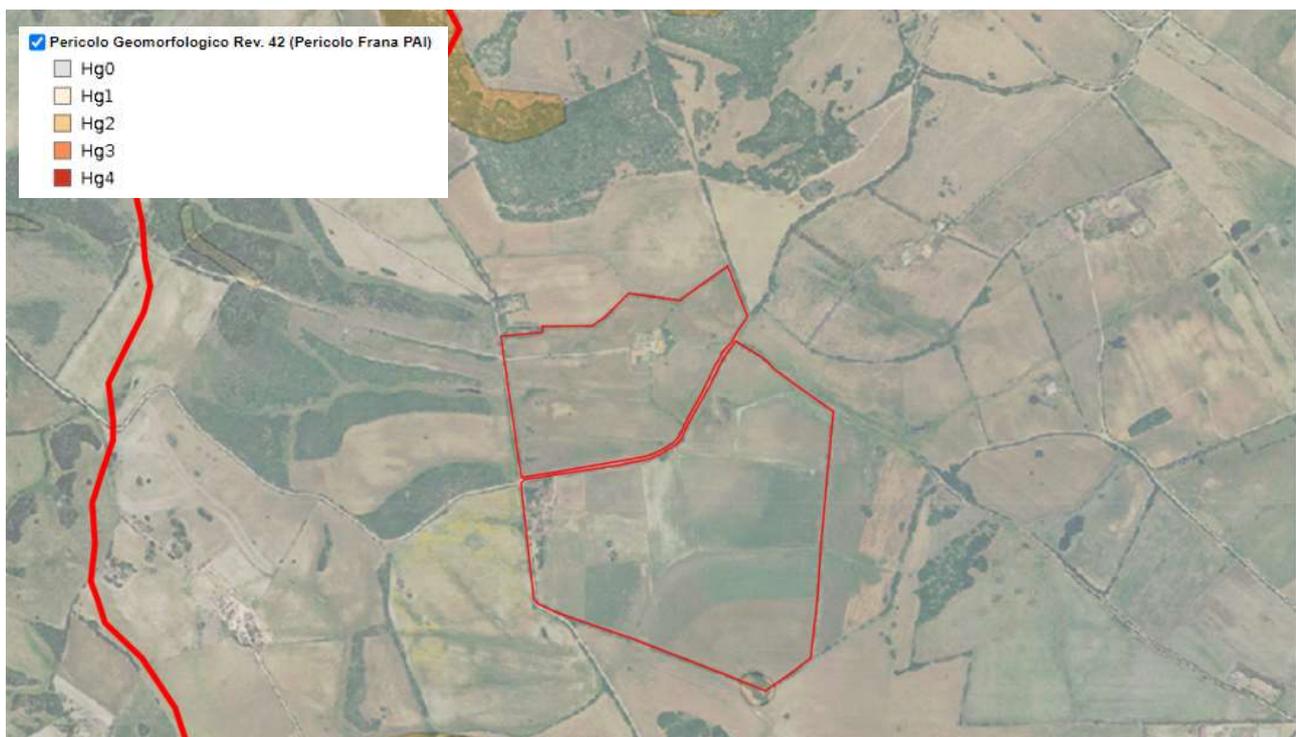


Figura 4-1: Inquadramento aree di perimetrazione rischi PAI (2020). Pericolo idraulico Rev. 59

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	10 di 45

5 STUDIO IDROLOGICO

5.1 Caratteristiche morfologiche del bacino

La zona di intervento è localizzata nel comune di Sassari (SS), in località Maccia di Spina, ai piedi del Monte di Santa Giusta.

L'area di intervento è situata in una zona pianeggiante, e si sviluppa per una superficie di circa 40.41 ha. L'installazione si sviluppa sulla piana tra le quote di 102 e 65 m sul livello del mare.

L'area dell'impianto presenta in genere pendenze lievi, partendo da pendenze dell'ordine del 30% nella parte meridionale, per arrivare a pendenze prossime allo 0% nelle aree centrali del sito.

L'area in progetto è interamente ricompresa nel bacino imbrifero del compluvio denominato "Canale de Chirigu Cossu" sul quale vengono convogliate le precipitazioni da diversi compluvi naturali del reticolo minore.

Si andrà dunque a stimare la precipitazione di progetto secondo le metodologie e gli studi disponibili in letteratura per l'intera regione Sardegna ed utilizzate nelle stesure del PAI e del PSFF.

Sull'area non sono presenti corsi d'acqua perimetrati dal PAI, tuttavia sono individuabili alcune aste fluviali del primo e del secondo ordine secondo la classificazione di Horton - Strahler, riportate nella Carta Tecnica Regionale e/o nella cartografia IGM e che quindi, in base all'art. 30 ter delle Norme di Attuazione dello stesso PAI, tali aste sono soggette all'applicazione delle misure di prima salvaguardia. Queste consistono nella delimitazione di una fascia di larghezza L che nel caso di aste di primo ordine ha una larghezza pari a 10 m su entrambi i lati a partire dall'asse, mentre per quelle del secondo ordine la larghezza del buffer passa a 25 m. Le aree così perimetrare sono soggette alla disciplina prevista dagli artt. 27 e 27 bis delle NTA del PAI.

Nell'area di intervento si riscontrano inoltre alcune linee di compluvio che la tagliano trasversalmente (in direzione Ovest-Est), soggette a occasionale scorrimento idrico, rilevate sia dalla carta geomorfologica, sia in fase di rilievo.

Dall'analisi di dettaglio del territorio è stato individuato il bacino imbrifero sul Canale de Chirigu Cossu, con punto di chiusura in località Sas Pianas, a circa 34.2 m.slm; Il bacino così definito presenta una superficie complessiva di circa 7.366 kmq e una pendenza media del 9.86%.

Per via delle sue caratteristiche morfologiche l'area di progetto risulta densamente interessata dall'installazione di pannelli fotovoltaici e dalla posa di strutture a corredo dell'impianto; l'area di installazione risulta interrotta esclusivamente per la presenza di alcuni compluvi che ne interrompono la continuità.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	11 di 45

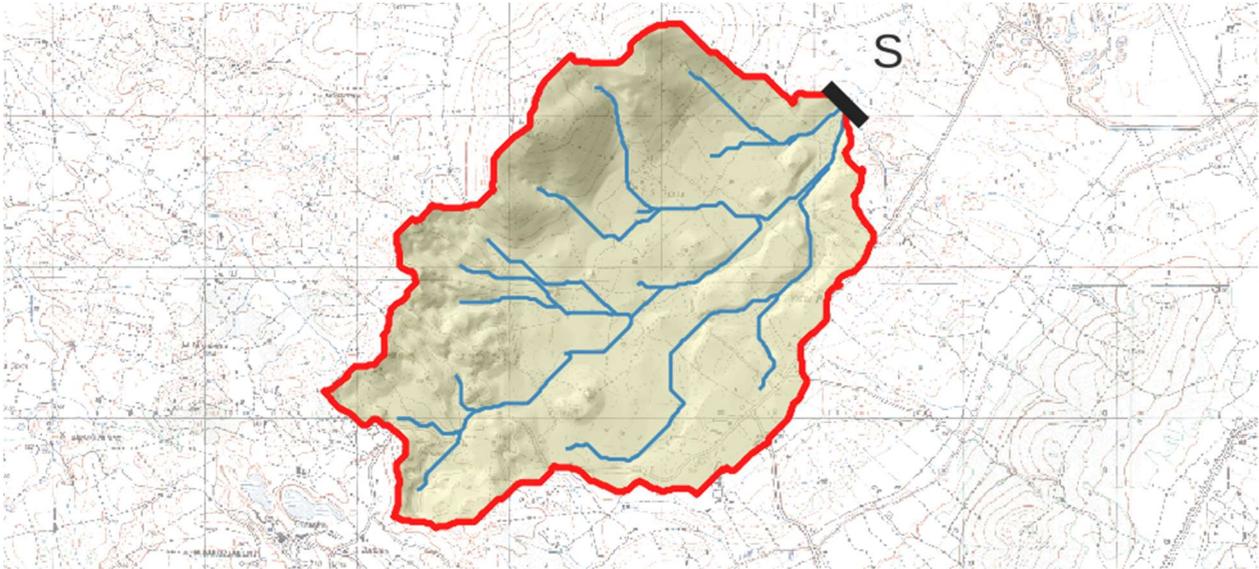


Figura 5-1: Individuazione del bacino imbrifero e dell'area di progetto;

5.2 Stima delle intensità di pioggia

5.2.1 Tempo di Ritorno

La stima dell'intensità di pioggia ad assegnati tempi di ritorno (TR=10, 50 e 100 anni) è stata effettuata eseguendo un confronto critico fra le diverse metodologie disponibili nella letteratura tecnica per la Sardegna tuttavia, in considerazione della natura dell'infrastruttura oggetto del presente calcolo, l'intensità di pioggia considerata è quella riferita al tempo di ritorno TR=50, superiore alla durata della vita utile dell'impianto fotovoltaico, valutata in 30 anni.

Il periodo di ritorno di un evento, definito anche come "tempo di ritorno", è il tempo medio intercorrente tra il verificarsi di due eventi successivi di entità uguale o superiore ad un valore di assegnata intensità o, analogamente, è il tempo medio in cui un valore di intensità assegnata viene uguagliato o superato almeno una volta.

Oltre al concetto di tempo di ritorno vi è poi la probabilità che un evento con tempo di ritorno T si realizzi in N anni:

$$P = 1 - (1 - 1/T)^N$$

Il grafico riportato di seguito esprime il rischio di superare l'evento con tempo di ritorno T durante N anni.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	12 di 45

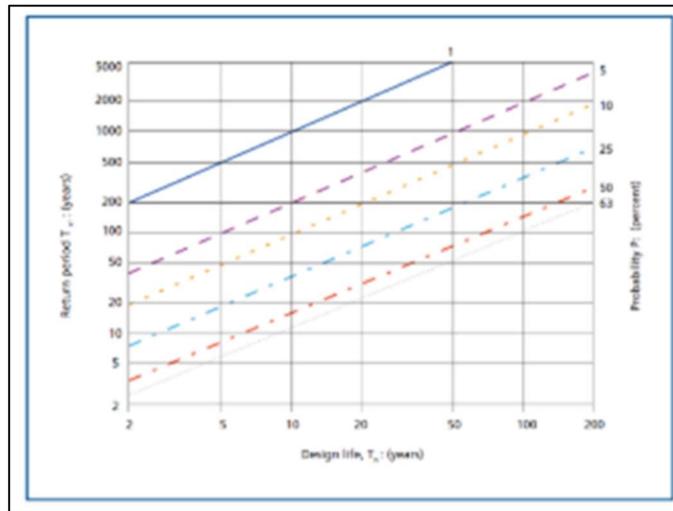


Figura 5-2: Probabilità di superamento di un evento con un determinato tempo di ritorno T durante N anni

5.2.2 Distribuzione TCEV

Tra le diverse metodologie da adottare per la rappresentazione degli eventi estremi è stato scelto il modello probabilistico a quattro parametri TCEV (Two Component Extreme Value) in quanto l'impiego di una distribuzione multiparametrica può fornire stime accurate per gli eventi di precipitazione breve e intensa. L'utilizzo di questa distribuzione richiede però di disporre di un'informazione idrologica consistente, e quindi di operare su territori a dimensione regionale, affinché sia possibile effettuare determinazioni affidabili dei valori dei parametri. L'argomento è stato oggetto di recenti indagini basate sulla TCEV, condotte nell'ambito di un programma di ricerca VAPI (Valutazione delle Piene in Italia) promosso dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche. La stima dei parametri della TCEV a tre livelli di regionalizzazione è descritta nelle pubblicazioni Deidda e Piga (1998) e Deidda et al. (2000) e di seguito viene riportata una sintesi delle equazioni utilizzate, trascurando la trattazione teorica dei tre livelli di regionalizzazione per cui si può fare riferimento alle due pubblicazioni sopra citate.

Per la determinazione della pioggia critica lorda si utilizzano pertanto le curve di possibilità pluviometrica nella forma:

$$h = a \cdot t^n$$

dove i parametri della curva, $a(T)$ ed $n(T)$, vengono definiti per tre Sotto Zone Omogenee della Sardegna (SZO) (Figura 5-3), per durate minori e maggiori di 1 ora e per tempi di ritorno maggiori di 10 anni.

La pioggia indice $m(t)$ di durata t (ovvero la media dei massimi annui delle piogge di durata t) può essere espressa in forma monomia:

$$\mu = a1 \cdot t^{n1}$$

dove i coefficienti $a1$ e $n1$ si possono determinare in funzione della pioggia indice giornaliera mg :

$$a1 = mg / (0.886 \cdot 24^{n1}) \quad n1 = -0.493 + 0.476 \text{ Log}_{10} mg$$

La pioggia indice giornaliera mg può ricavarsi dalla carta delle isoiete o dagli annali idrologici.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	13 di 45

L'altezza di pioggia $hT(t)$ di durata t con assegnato tempo di ritorno T in anni si ottiene moltiplicando la pioggia indice $m(t)$ per un coefficiente di crescita $K_T(t) = a_2 t^{n_2}$:

$$h = \mu(t) \cdot KT(t) = (a_1 \cdot a_2) \cdot t^{(n_1+n_2)}$$

dove i coefficienti a_2 e n_2 si determinano con differenti relazioni per diversi T e t e per le tre sottozone della Sardegna.

I coefficienti a_2 e n_2 variano non solo in base alla zona, ma anche per durate inferiori o superiori all'ora secondo le seguenti relazioni:

a) per tempi di ritorno $T \leq 10$ ANNI

$$\text{SZO 1 } a_2 = 0.66129 + 0.85935 \text{ Log}_{10} T ; n_2 = -1.8438 \cdot 10^{-4} - 1.3539 \cdot 10^{-2} \text{ Log}_{10} T$$

$$\text{SZO 2 } a_2 = 0.64597 + 0.89777 \text{ Log}_{10} T ; n_2 = -5.6073 \cdot 10^{-3} + 7.0047 \cdot 10^{-4} \text{ Log}_{10} T$$

$$\text{SZO 3 } a_2 = 0.62235 + 0.95656 \text{ Log}_{10} T ; n_2 = -2.4882 \cdot 10^{-2} + 4.5884 \cdot 10^{-2} \text{ Log}_{10} T$$

b) per tempi di ritorno $T > 10$ ANNI

$$\text{SZO 1 } a_2 = 0.46420 + 1.0376 \text{ Log}_{10} T$$

$$n_2 = -0.18448 + 0.22960 \text{ Log}_{10} T - 3.3216 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10} T)^2 \quad (\text{per } t \leq 1 \text{ ora})$$

$$n_2 = -1.0469 \cdot 10^{-2} - 7.8505 \cdot 10^{-3} \text{ Log}_{10} T \quad (\text{per } t \geq 1 \text{ ora})$$

$$\text{SZO 2 } a_2 = 0.43797 + 1.0890 \text{ Log}_{10} T$$

$$n_2 = -0.18722 + 0.24862 \text{ Log}_{10} T - 3.6305 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10} T)^2 \quad (\text{per } t \leq 1 \text{ ora})$$

$$n_2 = -6.3887 \cdot 10^{-3} - 4.5420 \cdot 10^{-3} \text{ Log}_{10} T \quad (\text{per } t \geq 1 \text{ ora})$$

$$\text{SZO 3 } a_2 = 0.40926 + 1.1441 \text{ Log}_{10} T$$

$$n_2 = -0.19060 + 0.26448 \text{ Log}_{10} T - 3.8969 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10} T)^2 \quad (\text{per } t \leq 1 \text{ ora})$$

$$n_2 = 1.4929 \cdot 10^{-2} + 7.1973 \cdot 10^{-3} \text{ Log}_{10} T \quad (\text{per } t \geq 1 \text{ ora})$$

Come indicato nella seguente illustrazione il territorio di Santa Giusta è inserito nella 2 SZO, pertanto le relazioni considerate sono quelle evidenziate relative alla Sottozona SZO2 per tempi di ritorno superiori a 10 anni.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev. 0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag. 14 di 45

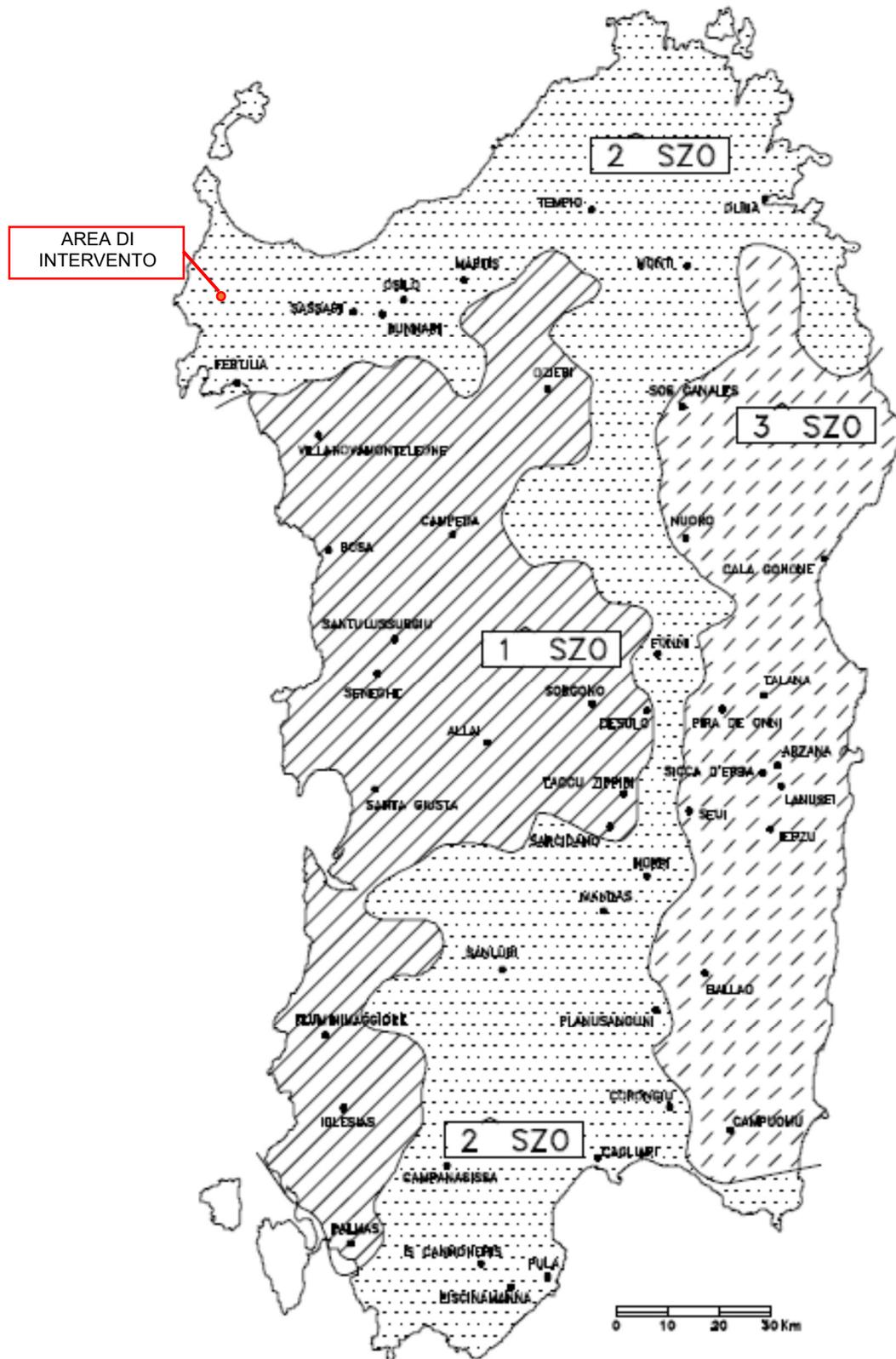


Figura 5-3: Definizione delle tre sottozone TCEV nel territorio regionale della Sardegna

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	15 di 45

Mediante l'applicazione delle relazioni precedentemente descritte si ottengono le curve di possibilità pluviometrica per l'area in oggetto.

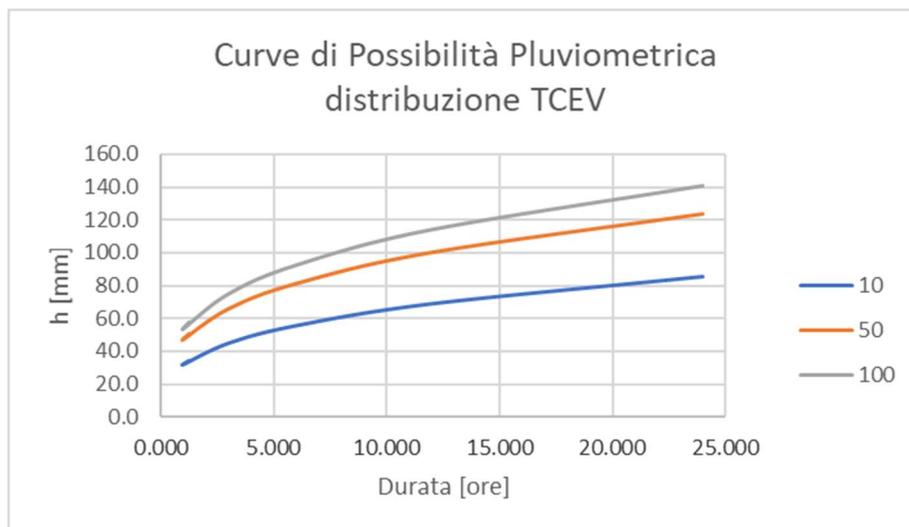


Figura 5-4: Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica

Tabella 5-1: Altezze di precipitazione per diversi tempi di pioggia t_c e tempi di ritorno TR

H (tc,Tr)		tc (ore)					
		1.27	1	3	6	12	24
Tr (anni)	10	34.4	31.9	44.8	55.6	68.9	85.4
Tr (anni)	50	50.8	47.2	65.8	81.2	100.2	123.6
Tr (anni)	100	58.0	53.9	75.1	92.6	114.1	140.7

La durata della precipitazione di progetto viene fatta considerando il tempo di corrivazione del bacino che sottende la sezione di chiusura dell'area drenata.

Come precedentemente evidenziato, è stato individuato il bacino imbrifero sul Canale de Chirigu Cossu, con punto di chiusura in località Sas Pianas, a circa 34.2 m.slm; il bacino così definito presenta una superficie complessiva di circa 7.366 kmq e una pendenza media del 9.86%. L'asta considerata presenta una lunghezza di 4.59 km ed una pendenza media del 1.47%.

Per la definizione del tempo di corrivazione, e conseguentemente del tempo di precipitazione di progetto, si è fatto riferimento alle caratteristiche del bacino sopra riportate.

I parametri descrittivi dei bacini ai fini della valutazione della piena sono:

- superficie del bacino S [km²]
- lunghezza dell'asta principale L [km]
- pendenza media dell'asta principale J [m/m]
- altitudine media del bacino Hm [m s.l.m.]
- quota della sezione terminale Ho [m s.l.m.]
- quota massima del bacino Hx [m s.l.m.]

I parametri principali del bacino di riferimento sono riportati nella tabella seguente:

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	16 di 45

Tabella 5-2: Dati bacino di riferimento.

Bacino	Superficie	Lunghezza asta principale	Pendenza asta principale	Quota massima	Altitudine media	Quota della sezione di chiusura
Canale de Chirigu Cossu	S	L	J	Hx	Hm	Hb
	[kmq]	[km]	[%]	[m slm]	[m slm]	[m slm]
	7.366	4.597	15.6	250.318	89.122	34.187

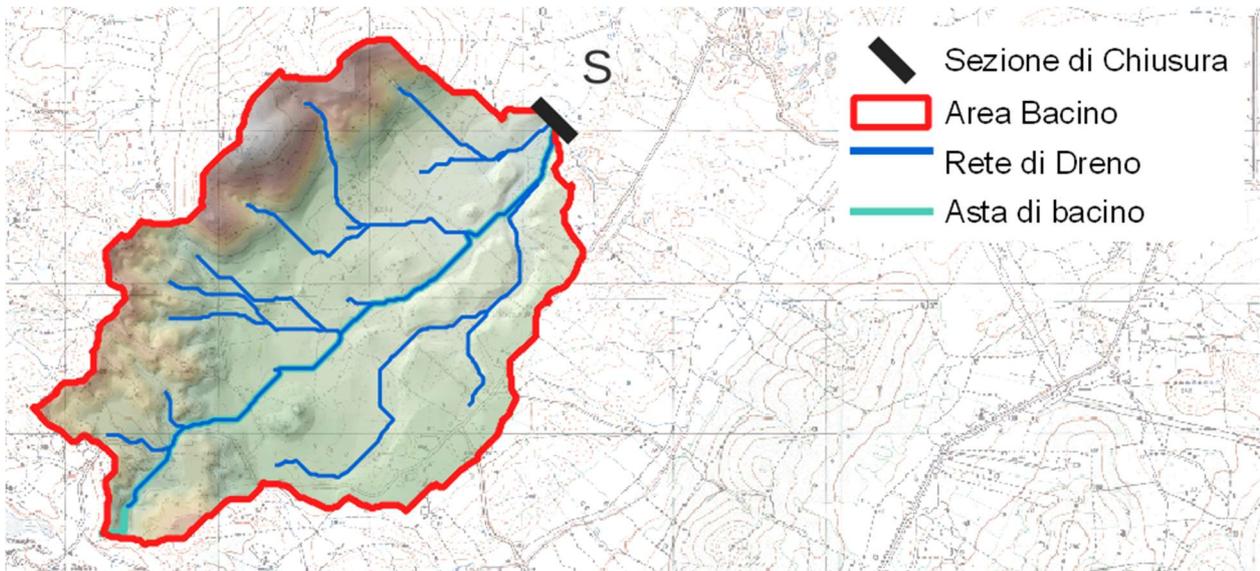


Figura 5-5: Bacino di riferimento del Canale de Chirigu Cossu

Il tempo di corrivazione T_c può essere stimato facendo riferimento a diverse espressioni empiriche che forniscono le seguenti stime:

- Viparelli: $T_c = L/(3.6 V)$ (considerando $V = 1$ m/s).
- Viparelli: $T_c = L/(3.6 V)$ (considerando $V = 1,5$ m/s).
- Ventura $T_c = 0.1272 (S/i)^{0.5}$
- Giandotti: $T_c = (1.5 L + 4 S 0.5) / (0.8 (Hm - H_o)^{0.5})$
- Pasini: $T_c = 0.108 ((S L)^{1/3}) / J^{0.5}$
- Soil Conservation Service: $T_c = 0.00227 (1000 L)^{0.8} [(1000/CN) - 9]^{0.7} (100 * J_b)^{-0.5}$
- progetto VAPI: $T_c = 0.212 S^{0.231} (Hm/J)^{0.289}$

Dall'elaborazione dei dati si ottengono le seguenti valutazioni del tempo di corrivazione T_c :

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	17 di 45

Tabella 5-3 Tempo di corrivazione

Tempo di corrivazione	Durata	Durata
Tc	[h]	[hh:mm]
Viparelli (v=1.0m/s)	1.277	01:16 h.
Viparelli (v=1.5m/s)	0.851	00:51 h.
Ventura	2.843	02:50 h.
Giandotti	4.548	04:32 h.
Pasini	2.877	02:52 h.
SCS	11.340	11:20 h.
VAPI	3.677	03:40 h.
Tc adottato	1.277	01:16 h.

Per il progetto in questione, valutata la dimensione e le caratteristiche delle aree in oggetto, si è scelto di utilizzare la formula di Viparelli con (v=1.0m/s), ottenendo un tempo di corrivazione di **1.277 ore** (pari a circa 1 ora e 16 minuti).

Dalle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica, per un **tempo di ritorno T = 50 anni** e per una durata di precipitazione pari al tempo di corrivazione **t = 1.277 h. = 1:16 minuti** otteniamo un'altezza di precipitazione di **50.80 mm**, corrispondente ad una **intensità oraria di 39.8 mm/h**.

La valutazione delle portate da regimare è stata calcolata sulle effettive aree drenate, nelle quali ricade l'installazione dei pannelli fotovoltaici.

5.3 Metodo razionale

Il metodo razionale, detto anche cinematico, fornisce la portata di piena tramite l'espressione:

$$Q = \Phi \text{ ARF S H } / (3.6 \text{ Tc})$$

nella quale:

- Φ rappresenta l'aliquota di precipitazione che, in occasione della piena, scorre in superficie
- ARF (Areal Reduction Factor - Coefficiente di Riduzione Areale) esprime il rapporto tra l'altezza di pioggia media su tutto il bacino e l'altezza di pioggia in un punto al suo interno, valutati a parità di durata e di tempo di ritorno
- Tc è il tempo di corrivazione espresso in ore
- S la superficie del bacino in kmq
- H è l'altezza di precipitazione, in mm, che cade in un punto del bacino in una durata pari a Tc con l'assegnato Tempo di ritorno
- Q la portata di piena in mc/s.

Le ipotesi su cui si basa la formula sono le seguenti:

- l'intensità di pioggia è costante su tutto il bacino nell'intervallo di tempo considerato;
- il coefficiente di deflusso medio del bacino rimane costante nell'intervallo di tempo considerato;
- il tempo di ritorno della piena è pari a quello dell'evento di pioggia;

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	18 di 45

- la portata massima alla sezione di chiusura si verifica dopo un intervallo di tempo a partire dall'inizio dell'evento piovoso pari al tempo di corrivazione.

5.4 Coefficiente di deflusso Φ

Il coefficiente Φ può essere stimato col metodo del Curve Number (CN) secondo cui vale:

$$\Phi = (H - 0.2 S)^2 / (H(H + 0.8 S)), \text{ con } S = 254 (100/\text{CN} - 1)$$

in cui il valore di CN è legato alle caratteristiche del terreno e della copertura vegetale.

Dal Geoportale della regione Sardegna è possibile scaricare e consultare la carta di uso del suolo, per la cui area in progetto riporta diverse classificazioni. La legenda usata per la classificazione dell'uso del suolo è quella del Corine Land Cover.

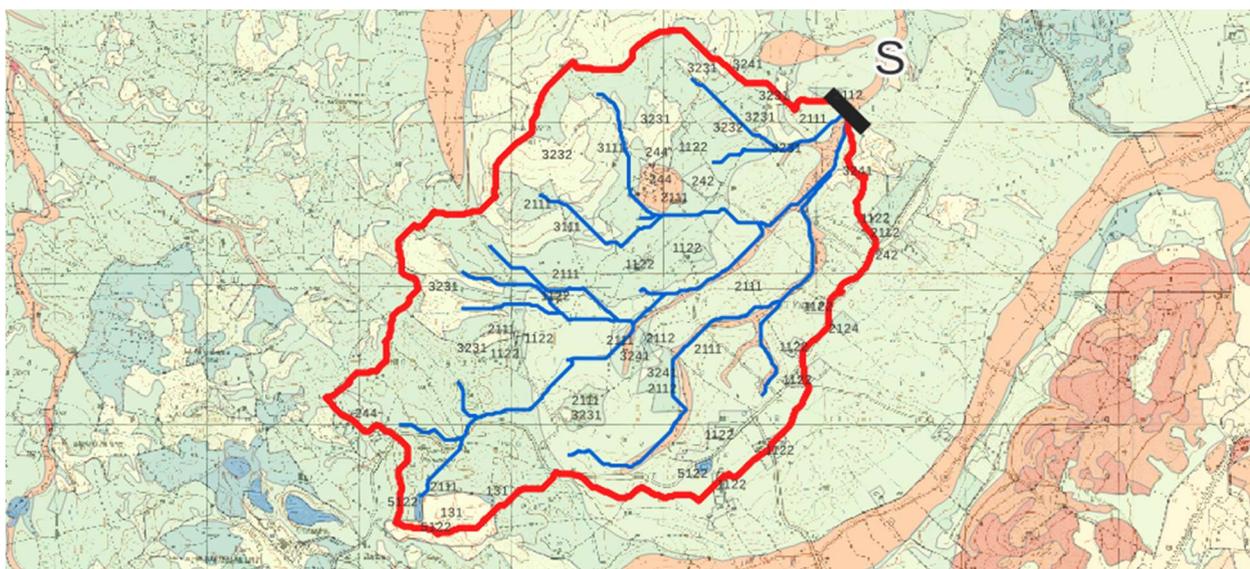


Figura 5-6: Estratto Carta dell'uso del suolo della Regione Sardegna 2008 (Corine Land Cover, 2008).

Dalla classificazione del Curve Number SCS riportata dal geoportale Regione Sardegna si possono ricavare i valori di CN per la classe di uso del suolo e per la tipologia di terreno, ricavata dalla relazione geologica sulle indagini effettuate in sito.

Il valore del CN varia anche in funzione delle caratteristiche idrologiche del suolo, in relazione alla maggiore o minore permeabilità del substrato (tipi idrologici A-B-C-D).

Tabella 5-4: Classificazione del Curve Number

CODICE	TIPO TERRENO	VALORI CN				SUPERFICI ALL'INTERNO DEL BACINO				CN MEDI PESATI	
		A	B	C	D	CN_A	CN_B	CN_C	CN_D	CN II	CN III
Cod.	CNII										
321	aree a pascolo naturale	49	69	79	84	0.62	5.66	18.18	0.00	76	88
1122	fabbricati rurali	59	74	82	86	0.00	0.10	1.57	0.00	82	91
2111	seminativi in aree non irrigue	61	73	81	84	0.00	8.08	137.09	0.00	81	91
2112	prati artificiali	68	79	86	89	0.00	7.28	44.10	0.00	85	93
2413	colture temporanee associate ad altre colture permanenti	64	73	79	82	0.00	7.37	23.06	0.00	78	89
3111	boschi di latifoglie	36	60	73	79	0.00	9.08	35.58	0.00	70	85

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	19 di 45

3231	macchia mediterranea	35	56	70	77	0.00	13.88	12.46	0.00	63	79
3241	aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione: ricoloniz. naturale	43	65	76	82	0.00	0.00	8.77	0.00	76	88
31122	Sugherete	36	60	73	79	0.00	24.37	45.29	0.00	68	83

Da cui si ricavano i seguenti valori medi sul bacino:

Tabella 5-5: Valori medi CN bacino

CO DIC E	TIPO TERRENO	VALORI CN				SUPERFICI ALL'INTERNO DEL BACINO				CN MEDI	
		A	B	C	D	CN_A	CN_B	CN_C	CN_D	CN II	CN III
Cod.	CNII										
	VALORI MEDI CN DEL BACINO	49	64	79	0	0.62	75.83	326.09	0.00	76	88

La media pesata dei CN per l'area in progetto ha restituito un valore pari a **CN = 76**.

Lo stato di imbibimento viene espresso, in modo quali-quantitativo, in base ad un indice di pioggia, ovvero la pioggia totale caduta nei cinque giorni che precedono l'evento di piena.

A seconda di tale valore, vengono identificate le tre classi AMC I, II e III, che rappresentano rispettivamente terreno inizialmente asciutto, mediamente imbibito e fortemente imbibito.

Nell'ipotesi di ACMIII il CN III corrispondente valutato con la seguente espressione:

$$CN\ III = (23 * CN) / (10 + 0.13 * CN)$$

Che nel caso specifico assume un valore pari a **CNIII = 88**.

Il coefficiente Φ assume però, con questa metodologia, valori eccessivamente bassi, vista la ridotta durata delle precipitazioni e delle aree.

Si propende quindi all'utilizzo della correlazione da letteratura SCS-CN con il coefficiente di afflusso di seguito riportata.

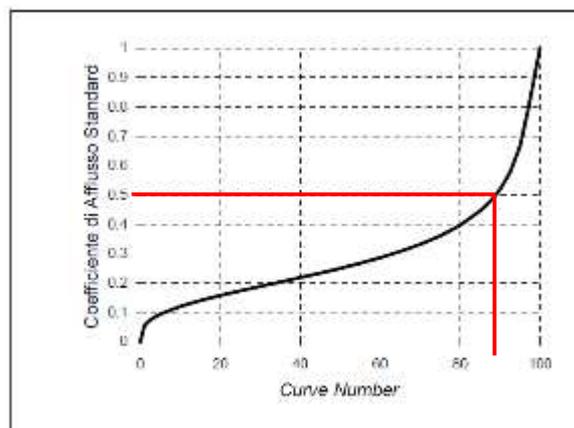


Figura 5-7: Relazione CN/Coefficiente di deflusso

In virtù delle proprietà del terreno esistente, il parametro Φ è stato assunto pari a **0,50**.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	20 di 45

Valutazione post-operam.

In merito alle aree prevalentemente permeabili è stato valutato l'impatto dell'installazione delle strutture.

L'interasse fra le strutture dei pannelli sarà di circa 9 m. L'altezza in mezzera della struttura sarà di circa 2,5 m (rispetto al piano di campagna) con un minimo di 0,50 m fino ad un massimo di 4,5 m. Le strutture dei pannelli avranno una configurazione variabile da -55° a $+55^\circ$.

Si ritiene che durante un evento intenso con tempo di ritorno pari a quello di progetto, la capacità di infiltrazione, così come le caratteristiche di permeabilità del terreno, delle aree di intervento non siano modificate dall'installazione dei pannelli.

Analogamente si può affermare delle platee di appoggio delle cabine elettriche in quanto incidenti su un'area trascurabile rispetto all'intera area d'impianto.

Ciononostante, volendo cautelativamente ipotizzare una perdita di capacità di infiltrazione delle acque meteoriche, si è valutata arealmente l'incidenza e si sono valutati gli impatti in termini di capacità di infiltrazione delle eventuali acque di ruscellamento che si generano su ogni settore di progetto su aree permeabili; tale valutazione è stata condotta sulla base di precedenti studi internazionali (rif. "Hydrologic response of solar farm", Cook, Lauren, Richard - 2013 –American Society of Civil Engineers) improntati su un modello concettuale di impatto che simula il modulo idrologico tipo di impianto come costituito da un'area di installazione pannelli ed un'area di interfila.

L'area di interfila presenta una capacità di infiltrazione immutata, ossia non influenzata dall'installazione.

Il modello schematizza l'area interessata dalle strutture (Area di proiezione coperta dalle strutture) come composta al 50% da una sezione "Wet" con capacità di infiltrazione immutata (ossia non influenzata dall'installazione) e al 50% da una sezione "dry" che si assume a favore di sicurezza come non soggetta ad infiltrazione diretta, e quindi con coefficiente di deflusso pari a 1.

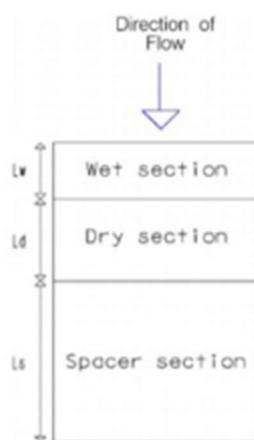


Figura 5-8: modulo tipo descrivente il modello concettuale idrologico dell'installazione di strutture fotovoltaiche su pali infissi comprendente l'area pannelli e l'area di interfila (Fonte: Hydrologic response of solar farm Cook 2013 American Society of Civil Engineers).

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	21 di 45

Nel calcolo della pioggia netta è stato quindi calcolato il coefficiente di deflusso medio ponderale sull'area d'impianto base delle precedenti assunzioni.

Tabella 5-6: Valutazione coefficiente di deflusso post operam a scala d'impianto

Grandezza	Simbolo	Valore	udm
Area totale impianto	S	40.41	[ha]
Area coperta da moduli	s	30.10	[ha]
Area dry	50% di s	15.05	[ha]
Area totale wet	S-50% s	25.36	[ha]
coeff. Deflusso area wet	Φ wet	0.50	-
coeff. Deflusso area dry	Φ dry	0.80	-
Media pesata Coeff deflusso	Φ	0.61	-

Sulla base dei coefficienti di deflusso stimati sono state calcolate le portate al colmo durante l'evento intenso di progetto negli scenari ante-operam e post-operam, valutando inoltre la capacità idraulica dei canali esistenti e dei canali in progetto.

Il medesimo calcolo può essere condotto per l'intera superficie del bacino in modo da valutare gli effetti dell'installazione sull'area del bacino imbrifero considerato:

Tabella 5-7: Valutazione coefficiente di deflusso post operam a scala di bacino

Grandezza	Simbolo	Valore	udm
Area totale Bacino	S	736.60	[ha]
Area coperta da moduli	s	30.10	[ha]
Area dry	50% di s	15.05	[ha]
Area totale wet	S-50% s	721.55	[ha]
coeff. Deflusso area wet	Φ wet	0.500	-
coeff. Deflusso area dry	Φ dry	0.800	-
Media pesata Coeff deflusso	Φ	0.506	-

5.5 Coefficiente di Riduzione Areale

Per la stima del coefficiente ARF si possono utilizzare le Formule di Wallingford:

$$ARF = 1 - (0.0394 S^{0.354}) T_c (-0.40 + 0.0208 \ln(4.6 - \ln(S))) \text{ per } S < 20 \text{ km}^2$$

$$ARF = 1 - (0.0394 S^{0.354}) T_c (-0.40 + 0.003832 (4.6 - \ln(S))) \text{ per } S > 20 \text{ km}^2$$

Data la limitata estensione delle aree utilizzate i calcoli restituiscono un valore prossimo all'unità. Pertanto il coefficiente ARF viene assunto cautelativamente pari a 0.9.

5.6 Trasformazione afflussi-deflussi - Stima delle portate di progetto

La conformazione debolmente declive del terreno non favorisce l'allontanamento spontaneo delle acque meteoriche dalle aree di impianto tuttavia, la presenza di diversi compluvi naturali che attraversano l'area di impianto limita fortemente la lunghezza dei percorsi di corrivazione, favorendo

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	22 di 45

la concentrazione delle portate e limitando i fenomeni di ristagno; la conformazione del terreno renderà quindi necessario intervenire con la creazione di canalizzazioni per favorire la regimazione del drenaggio superficiale esclusivamente nel settore meridionale dell'area d'impianto.

Per calcolare le portate di scolo relative all'area drenante si è determinata per ognuna di esse l'evento critico, cioè l'evento meteorico che produce la massima portata al colmo (portata critica). A tal fine si è adottato, come precedentemente detto, il modello razionale.



Figura 5-9: rappresentazione dell'area d'impianto e del reticolo idrografico naturale

L'area sulla quale si prevede la realizzazione del campo fotovoltaico occupa una superficie di circa 40.41 ha ed è suddivisa in sei diverse zone ben distinte che, nella presente trattazione rappresentano aree scolanti distinte denominate rispettivamente A-B-C-D-E-F, come mostrato nella seguente illustrazione.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	23 di 45

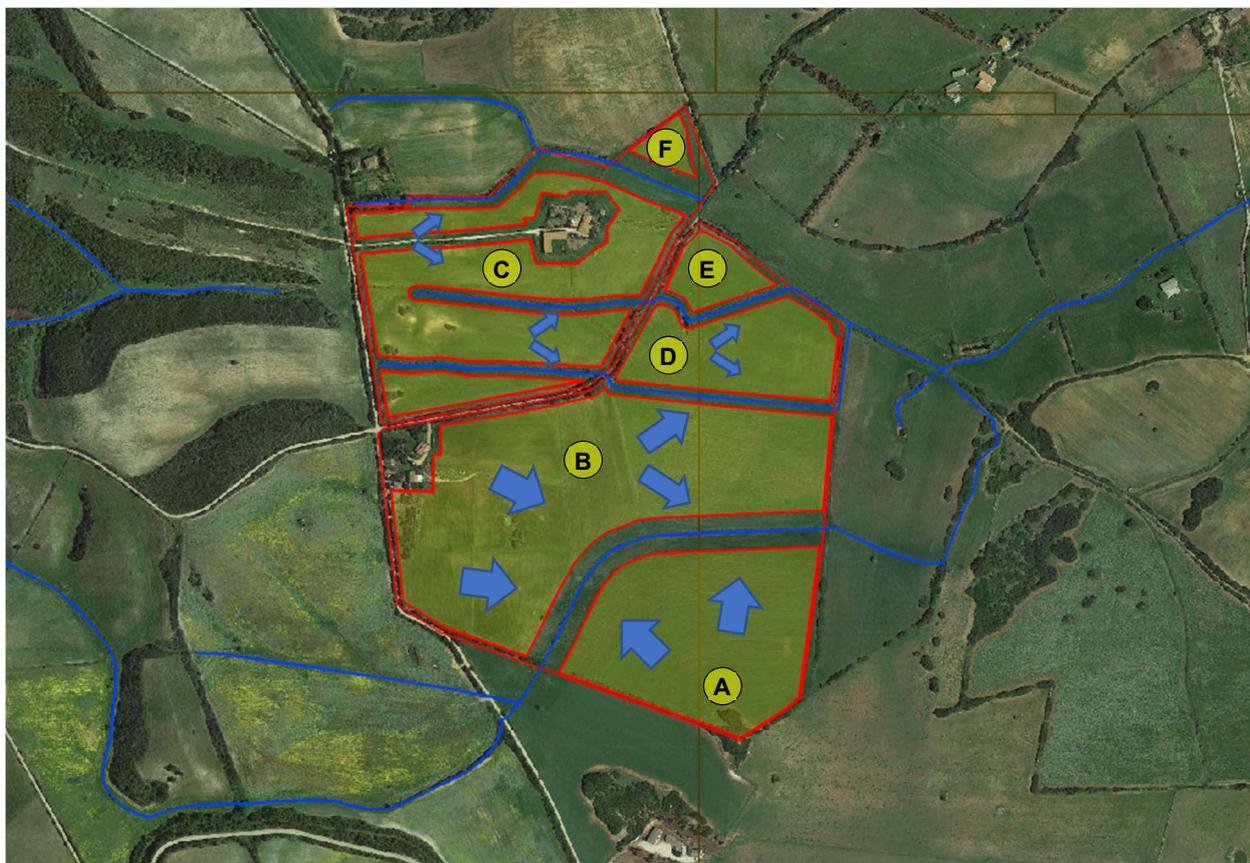


Figura 5-10: rappresentazione delle aree scolanti e delle direttrici di deflusso;

Considerata la ridotta area sulla quale insistono i pannelli e le proprietà del terreno in sito, caratterizzato da bassi valori di permeabilità superficiale, non si ritiene opportuno realizzare particolari opere di dreno, se non una serie di canali superficiali atta a scongiurare l'insorgenza di fenomeni di ruscellamento.

Le diverse aree presentano caratteristiche peculiari che determinano un differente approccio nella regimazione delle acque meteoriche; in particolare nella maggior parte dell'area di impianto la vicinanza delle linee di compluvio, la brevità dei percorsi di corrivazione e la giacitura dei piani di campagna rendono impossibile la concentrazione dei flussi in scorrimento superficiale se non in corrispondenza del reticolo esistente, rendendo così superfluo il tracciamento delle canalette di deflusso.

L'unica area che presenta una configurazione differente e che richiede il tracciamento di canalette di regimazione delle portate meteoriche in scorrimento superficiale è l'area occidentale della zona B, nella quale sono pertanto previste quattro canalette disposte parallelamente con un interasse di circa 50 metri. Le canalette avranno la funzione di rompere il flusso di scorrimento superficiale orientando le portate verso il reticolo esistente.

È inoltre prevista la realizzazione di altre due canalette lungo il confine orientale dell'impianto nelle aree A e B al fine di evitare che lo scorrimento superficiale delle acque provenienti dall'area d'impianto possano scaricarsi in maniera disordinata verso i lotti confinanti a valle dell'impianto; anche in questo caso le canalette favoriranno il convoglio delle acque verso i recettori naturali rappresentati dai compluvi esistenti.

In definitiva si rileva che nell'intera area d'impianto la conformazione del terreno unitamente alla scarsa concentrazione delle portate ed al minimo sviluppo longitudinale dei percorsi di deflusso permettono un allontanamento spontaneo delle acque meteoriche senza che questo possa creare problemi di erosione o ruscellamento, tuttavia l'esigenza di limitare eventuali fenomeni indesiderati

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	24 di 45

di ruscellamento dei terreni ha condotto a prevedere la realizzazione di alcune canalette di dreno nelle aree più esposte all'insorgenza del fenomeno.



Figura 5-11: rappresentazione dell'area d'impianto, della rete di dreno e del reticolo idrografico naturale

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	25 di 45

Come precedentemente esposto, la valutazione dei volumi di deflusso per ciascuna area è stata effettuata considerando una precipitazione critica di progetto con tempo di ritorno di 50 anni.

I risultati ottenuti sono riassunti nella seguente tabella:

Tabella 5-8: Valutazione deflussi ante operam e post operam

<i>Bacino</i>	<i>Area</i>	<i>ARF</i>	<i>Altezza precip. netta</i>	<i>Intensità netta</i>	<i>Coeff ante operam</i>	<i>Portata ante operam</i>	<i>coeff post operam</i>	<i>portata post operam</i>
	[ha]	-	[mm]	[mm/h]	-	[mc/s]	-	[mc/s]
A	6.58	1	42.39	33.20	0.50	0.30	0.61	0.37
B	11.87	1	42.39	33.2	0.50	0.55	0.61	0.67
C	7.39	1	42.39	33.2	0.50	0.34	0.61	0.42
D	2.99	1	42.39	33.2	0.50	0.14	0.61	0.17
E	0.90	1	42.39	33.2	0.50	0.04	0.61	0.05
F	0.35	1	42.39	33.2	0.50	0.02	0.61	0.02

Lo stato post-operam mostra un incremento dei picchi di deflusso nell'area d'impianto pari a circa l'11%; l'incremento è principalmente dovuto all'aumento del coefficiente di deflusso nello scenario più critico di terreno saturo causato dalla copertura parziale del terreno dovuta alla presenza dei pannelli.

Dal confronto ante-operam/post operam emerge che l'aumento di portate al colmo nell'area d'impianto sarà compatibile con la rete di drenaggio esistente e con le portate stimate.

Tenuto inoltre conto che l'analisi dei deflussi effettuata a scala di bacino ha restituito un incremento dei deflussi dello 0.6%, si ritiene pertanto che, alla luce di tali analisi, gli interventi non producano impatti significativi sull'assetto idrologico del bacino.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	26 di 45

6 VERIFICHE E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI

La scelta dei sistemi di drenaggio sostenibili costituiti da canalette in terra porterà al raggiungimento di più obiettivi:

- Riduzione dei fenomeni di ristagno superficiale sull'area di installazione dei pannelli;
- Riduzione dei fenomeni di ruscellamento ed erosione del versante;
- Realizzazione di infrastrutture verdi a vantaggio di quelle grigie;
- Rallentamento e riduzione del picco di piena durante piogge intense;

Al fine di garantire il corretto deflusso delle acque meteoriche anche in corrispondenza degli eventi meteorici critici l'area sarà dotata di una rete di scolo costituita da canalette in terra appositamente dimensionate e disposte in modo da assicurare la corretta evacuazione delle portate e scongiurare la formazione di ristagni nei tratti a lieve pendenza e l'insorgenza di fenomeni di ruscellamento ed erosione nei tratti a maggiore pendenza.

La rete di dreno sarà costituita da canalizzazioni e da elementi di convoglio delle acque nel reticolo naturale preesistente.

Le acque meteoriche saranno quindi allontanate mediante il convogliamento delle portate residue verso il reticolo idrografico principale che già oggi veicola le medesime a valle delle singole sezioni. Nel presente studio idraulico sono stati esaminati inoltre i profili di invarianza idraulica e idrologica legati all'intervento in progetto. Infatti, rifacendosi alla direttiva CE 2007/60, è necessario verificare che a seguito di un intervento, le portate massime di deflusso meteorico scaricate dalle aree interessate dall'intervento nei ricettori naturali o artificiali di valle non siano maggiori di quelle preesistenti, assicurare cioè la cosiddetta "Invarianza Idraulica e idrologica" del sito.

A tal fine si rileva che gli interventi previsti possono essere classificati come interventi con trascurabile impermeabilizzazione potenziale del terreno; in questi casi, data l'esigua quota parte di superficie interessata dalla trasformazione dell'uso del suolo (da Permeabile a Impermeabile), in linea di massima i benefici conseguibili in termini di compensazione dei deflussi non giustificano gli oneri connessi alla previsione di specifiche opere di compensazione. Sarà pertanto sufficiente adottare buoni criteri costruttivi delle reti di dreno assicurando adeguato margine di franco nel dimensionamento delle sezioni, riducendo le superfici impermeabili, quali le superfici di viabilità, adottando opportuni criteri realizzativi, quali ad esempio quelli che favoriscano gli effetti di infiltrazione e laminazione delle portate.

A maggior cautela si prevede quindi di sovradimensionare la rete di dreno rispetto alle sole esigenze di trasporto della portata di picco, realizzando nei canali volumi compensativi cui affidare funzioni di laminazione delle portate in occasione dei picchi di pioggia. A tal fine in corrispondenza dei tiranti idrici massimi, nelle sezioni sarà assicurata un adeguato franco idraulico nelle luci della rete di dreno. Queste previsioni consentono di ipotizzare la costanza dei deflussi sulla rete esistente nelle condizioni ante operam e in quelle post operam.

I dati sopraesposti completano il quadro conoscitivo generale utile all'impostazione dello studio idraulico, composto da una fase di acquisizione e archiviazione dei dati territoriali e cartografici, di valutazione del livello di degrado, di antropizzazione e di caratterizzazione topografica e geometrica del sito.

Nel caso in esame, valutate attentamente le condizioni di applicabilità dei differenti modelli di moto, si condurranno le verifiche in condizioni di moto uniforme sulle canalette in progetto, nelle loro differenti configurazioni di pendenza al fine di verificarne la funzionalità idraulica sia in termini di portata sia in termini di velocità.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	27 di 45

6.1 Analisi dei criteri di verifica dei sistemi di drenaggio

Il sistema per la regimazione delle acque meteoriche prevede la raccolta ed il convoglio delle acque di ruscellamento superficiale di parte del sito tramite un sistema costituito da canalette a cielo aperto che garantiscono il recapito delle acque meteoriche ai recettori esistenti.

Le canalizzazioni serviranno esclusivamente le aree nei tratti a maggiore pendenza e quelli che per la propria conformazione rendono necessaria la regimazione delle acque superficiali, l'intero bacino di raccolta rappresentato dalle aree A-C e D per circa 30 ha complessivi, e si riverseranno nelle aree di compluvio naturali, in maniera diffusa, limitando le concentrazioni di portata.

Ai fini della verifica del funzionamento idraulico delle canalette è stato assunto un unico scenario che simula la situazione invernale per la quale è stata assunta la portata derivante dall'apporto della pioggia riferita alla massima superficie afferente ad una singola canaletta pari a 3.23 ha; la portata di deflusso di tale area sarà quindi utilizzata per la verifica idraulica della sezione nelle diverse configurazioni di pendenza comprese tra il valore massimo considerato pari al 12% ed il minimo pari all'1%.

Si riporta di seguito una rappresentazione schematica della canaletta di progetto.

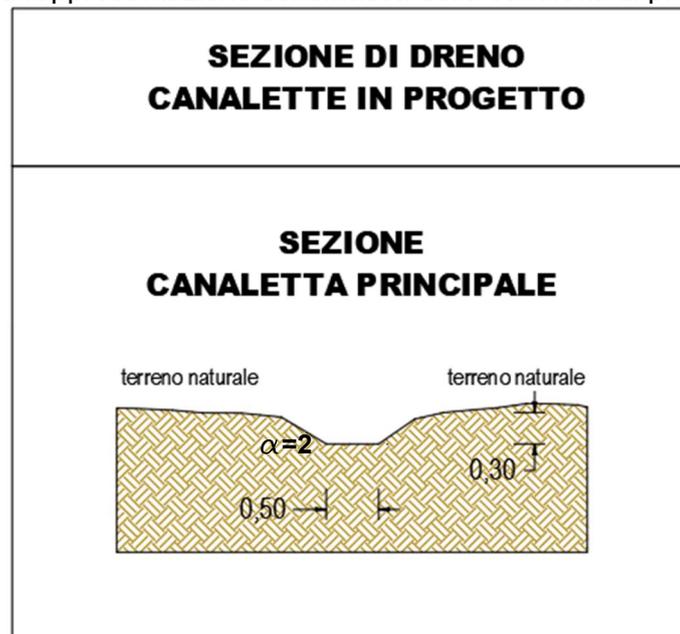


Figura 6-1: Schema canaletta di progetto

La sezione della canaletta è interessata dunque dalle acque superficiali convogliate dalla quota parte di terreno afferente individuato della superficie complessiva di circa 3.23 ha e convoglia la portata confluyente definita dal tempo di pioggia di progetto pari a 1 ora e 16 minuti, ricavato in relazione al tempo di corrivazione del bacino, e dall'intensità di pioggia di progetto definita dagli studi idrologici sopra riportati in corrispondenza del tempo di ritorno $T_r=50$ anni e intensità netta risultante pari a 33,2 mm/h.

In tali condizioni la portata di verifica risulta pari a 0.18 mc/s.

Bacino	Area	ARF	Altezza precip.	Intensità	Coeff ante operam	Portata ante operam	coeff post operam	portata post operam
	[ha]	-	[mm]	[mm/h]	-	[mc/s]	-	[mc/s]

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)		Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		Pag.	28 di 45

CANALA	3.23	1	42.39	33.20	0.50	0.15	0.61	0.18
---------------	------	---	-------	-------	------	-------------	------	-------------

La verifica della canaletta è stata condotta in relazione a sei diverse configurazioni di pendenza al fine di valutare le sollecitazioni in termini di riempimento e velocità in ciascuna condizione; in particolare nel caso in esame sono state condotte le verifiche per la pendenza pari a 12%; 9%, 6%; 3%; 2% e 1% rappresentando così tutte le condizioni di moto previste nel comparto.

6.2 Caratteristiche del sistema di drenaggio delle acque di copertura

Le canalette di drenaggio sono costituite da semplici fossi di drenaggio ricavati sul terreno a seguito di ricalibratura delle canalette di dreno in ciottolame rinverdito realizzata mediante apertura o ricalibratura di fossi esistenti, disposizione di materiale inerte di idonea pezzatura e successivo intasamento dei vuoti con terreno vegetale predisposto per lo spargimento manuale di miscele di sementi sul fondo e sulle sponde da rivegetare; Questa tecnica è adatta per superfici piane o con inclinazioni inferiori a 30° per realizzare rinverdimenti rapidi che, oltre a proteggere dall'azione della corrente, limitino gli effetti dovuti al ruscellamento e l'essiccamento del terreno.

La semina deve essere preceduta dalla preparazione del terreno mediante allontanamento del materiale più grossolano e viene eseguita mediante spargimento manuale a spaglio di una miscela di sementi e di eventuali concimanti organici e/o inorganici in quantità e qualità opportunamente individuate in sede di progettazione esecutiva e di dettaglio.

La disposizione planimetrica delle canalette è stata studiata in relazione alla conformazione del territorio ed alle linee di dreno già tracciate sull'area, al fine di scongiurare i fenomeni di ruscellamento incontrollato e nel contempo garantire la corretta confluenza delle acque verso le aree di compluvio naturale ed i relativi corpi ricettori più a valle.

Al fine di calmierare gli effetti di concentrazione idraulica e idrologica delle piogge e favorire l'infiltrazione nel terreno delle acque meteoriche, nel greto delle canalette principali sarà prevista la presenza di terreno vegetale che, grazie alle loro caratteristiche, contribuiscono sia la parziale infiltrazione delle acque sia il rallentamento delle portate limitando così i fenomeni di erosione delle canalette.

Come detto le acque raccolte dai fossi così dimensionati sono convogliate sul perimetro delle installazioni e verso i compluvi naturali.

6.3 Verifica Idraulica in Moto Uniforme delle sezioni

Le condizioni di moto uniforme in un canale si determinano quando l'altezza d'acqua e la velocità si mantengono costanti nello spazio e nel tempo; la superficie libera, pertanto, risulta parallela al fondo. La definizione di moto uniforme ha senso solo se il canale è prismatico.

Le caratteristiche cinematiche e dinamiche del moto uniforme saranno evidenziate nel quadro di riepilogo della verifica relativa a ciascuna sezione analizzata.

$$Q = k_S A(y_0) [R_H(y_0)]^{2/3} \sqrt{i_f}$$

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev. 0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag. 29 di 45

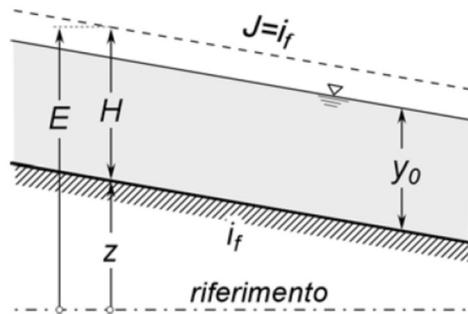


Figura 6-2: Riferimenti di calcolo del moto uniforme

Nel caso di sezione compatta, il legame tra la velocità (o la portata) e l'altezza d'acqua può essere espresso da una qualsiasi formula di moto uniforme. Qui, in particolare, si farà riferimento alla richiamata formula di Gauckler-Strickler in cui kS è il coefficiente di scabrezza secondo Strickler, A è l'area della sezione trasversale, RH il raggio idraulico ($RH=A/c$, essendo c il perimetro bagnato) e i_f la pendenza del fondo.

È importante osservare che se il canale non è prismatico e la portata è variabile lungo il percorso, non è possibile definire una condizione di moto uniforme.

Il coefficiente kS dovrebbe pertanto essere una "misura" della scabrezza di parete. In realtà nel coefficiente kS sono normalmente inglobati gli effetti dissipativi di molti fenomeni non inquadrabili come "attrito". Tra questi, sono da ricordare gli scambi trasversali di quantità di moto prodotti da variazioni geometriche della sezione, dalla presenza di curve, di forme di fondo, di vegetazione e gli effetti dissipativi associati ad instabilità superficiali; nel caso in cui la scabrezza non sia uniformemente distribuita lungo il contorno bagnato come, ad esempio, nel caso di un canale di sezione trapezia con sponde realizzate in materiale diverso da quello del fondo, è necessario stimare un coefficiente di resistenza equivalente k_{eq} in grado di descrivere il legame tra altezza y_0 e portata Q in queste particolari condizioni, si suddivide la sezione complessiva in sottosezioni ciascuna delle quali è delimitata da un contorno a scabrezza omogenea mentre la rimanente parte di contorno è tale per cui lungo lo stesso non si sviluppino sforzi tangenziali.

La progettazione della rete di drenaggio delle acque meteoriche si basa sulla caratterizzazione idrologica riportata nei precedenti paragrafi. In particolare sono state identificate l'intensità, la durata e la frequenza delle precipitazioni di breve durata e forte intensità (eventi critici), in riferimento al tempo di ritorno T 50 anni.

Il dimensionamento della rete è stato effettuato tramite il confronto tra la portata d'acqua generata dall'evento piovoso sulla superficie drenata dall' n - esimo collettore Q_{ci} (portata critica i - esima) e la portata che lo stesso è in grado di allontanare con un opportuno franco di sicurezza Q_{di} (portata di esercizio i - esima).

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)		Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		Pag.	30 di 45

6.4 Riepilogo delle sezioni verificate

Di seguito le caratteristiche dimensionali della canaletta considerate per la verifica:

Tabella 6-1: Caratteristiche dimensionali canalette e portate di verifica.

Sezione di verifica	Sezione 1.1	Sezione 1.2	Sezione 1.3	Sezione 1.4	Sezione 1.5	Sezione 1.6
Profilo di progetto (Es. Tav.5)	massima pendenza	profilo generico	profilo generico	profilo generico	profilo generico	minima pendenza
Descrizione della sezione	Canaletta di scolo					
Bacino (riferimento bacino)	Sub-bacino Area A (S=3.23ha)					
Tipo Sezione	Trapezia	Trapezia	Trapezia	Trapezia	Trapezia	Trapezia
Materiale	Terra	Terra	Terra	Terra	Terra	Terra
Caratteristiche Canale	Terra - con erba					
Base (se circolare Raggio)	0.50 [m]					
Altezza (se circolare Diametro)	0.30 [m]					
Inclinazione Pareti (in °)	25°	25°	25°	25°	25°	25°
Pendenza di progetto	12.000%	9.000%	6.000%	3.000%	2.000%	1.000%
Parametro di Scabrezza	Gauckler Strickler					
Scabrezza (Consigliato 40)	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
portata Q1 [mc/s]	0.080 [mc/s]					
portata Q2 [mc/s]	0.100 [mc/s]					
portata Q3 [mc/s]	0.120 [mc/s]					
portata Q4 [mc/s]	0.140 [mc/s]					
portata Q5 [mc/s]	0.160 [mc/s]					
portata Q6 (TR=50) [mc/s]	0.180 [mc/s]					
TIRANTE IDRICO A TR50	10 [cm]	11 [cm]	12 [cm]	15 [cm]	16 [cm]	20 [cm]
AREA BAGNATA/AREA SEZIONE	0.07 [mq]	0.08 [mq]	0.09 [mq]	0.12 [mq]	0.14 [mq]	0.18 [mq]
FRANCO IDRAULICO DESTINATO ALLA LAMINAZIONE (% RISPETTO AL VOLUME TRASPORTATO CON TR50)	66%	63%	59%	51%	46%	35%

Il franco idraulico destinato alla laminazione delle portate di punta rappresenta un parametro di contenimento delle piene in relazione alla capacità di assorbimento del sistema, favorendo così l'invarianza idraulica complessiva della rete. Il volume espresso è in percentuale rispetto al volume istantaneo dell'acqua trasportata.

Le canale esistenti saranno uniformate alle dimensioni di progetto, pertanto le verifiche delle stesse sono considerate ricomprese tra quelle sopra esposte e specificate nel seguito.

Si riportano di seguito le verifiche relative a ciascuna delle sezioni fin qui descritte.

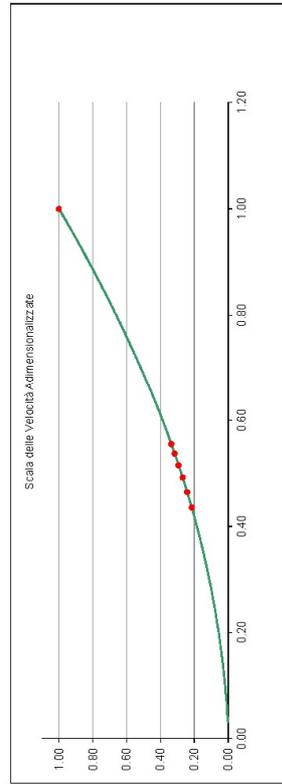
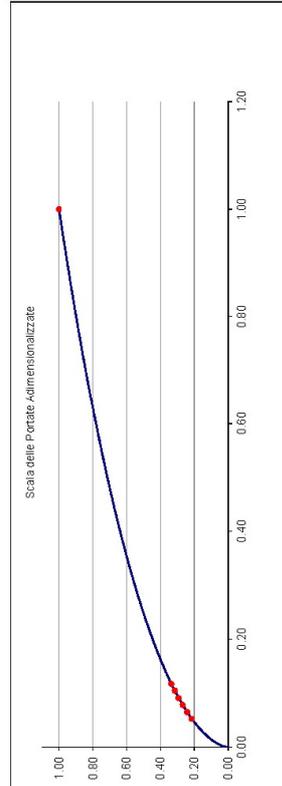
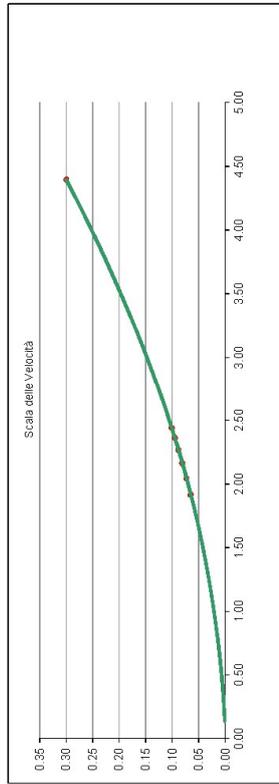
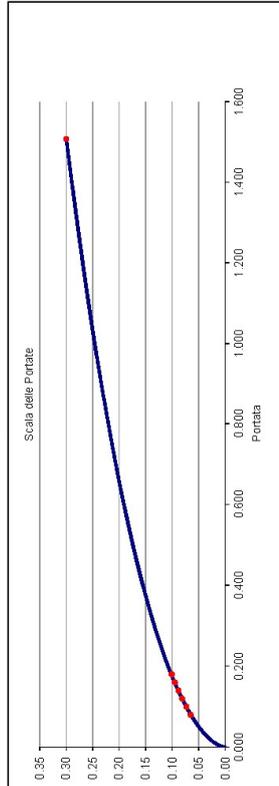
6.5 Scheda di verifica sezione 1.1

IMPIANTO FOTOVOLTAICO SANTA GIUSTA
fosso di scolo

Verifica delle sezioni idrauliche: Canaletta di scolo secondaria - profilo di massima pendenza - Sub-bacino Area B (S=1,23ha)

Portate di calcolo [mc/s]		Riepilogo dati sezione	
Portata Massima	Qmax	Base	B
Portata di progetto Q1	0.080	Altezza	H
Portata di progetto Q2	0.100	Inclinazione Pareti	a
Portata di progetto Q3	0.120	Coefficiente di inclinazione	i
Portata di progetto Q4	0.140	Pendenza di progetto	ks
Portata di progetto Q5	0.160	Parametro di Scabrezza	
Portata di progetto Q6	0.180	Scabrezza (Consigliato 40)	

Portate Verificate		Portata di progetto Q1 (Q= 0.08 [mc/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 0.10 [mc/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 0.12 [mc/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 0.14 [mc/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 0.16 [mc/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 0.18 [mc/s])	Massima portata (Q= 1.51 [mc/s])
ID Portata	Portata di verifica Q1	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	Qmax
Portata di verifica		22%	24%	27%	29%	32%	34%	100%
Percentuale riempimento		0.07	0.07	0.08	0.09	0.10	0.10	0.30
Tirante idrico		0.04	0.05	0.05	0.06	0.07	0.07	0.34
Area bagnata		0.81	0.85	0.88	0.92	0.95	0.98	1.92
Contorno bagnato		0.78	0.81	0.85	0.88	0.91	0.93	1.79
Lunghezza Palo Libero		0.05	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.18
Raggio idraulico		24.40	24.79	25.15	25.44	25.70	26.92	30.02
c		1.92	2.04	2.17	2.27	2.36	2.44	4.40
Velocità del flusso		0.44	0.47	0.49	0.52	0.54	0.56	1.00
WVr		0.05	0.06	0.08	0.09	0.10	0.12	1.00
Q/Qr								



Relazione Idraulica

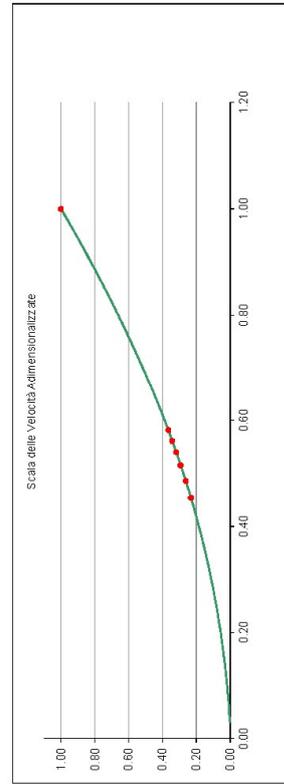
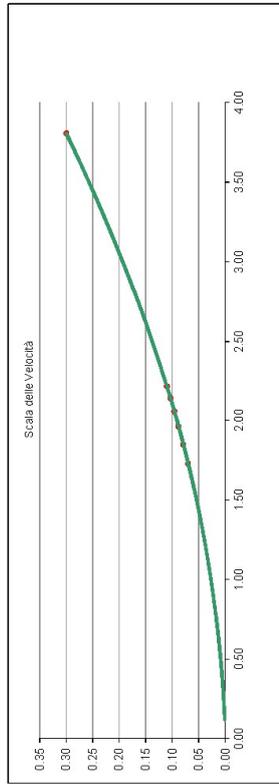
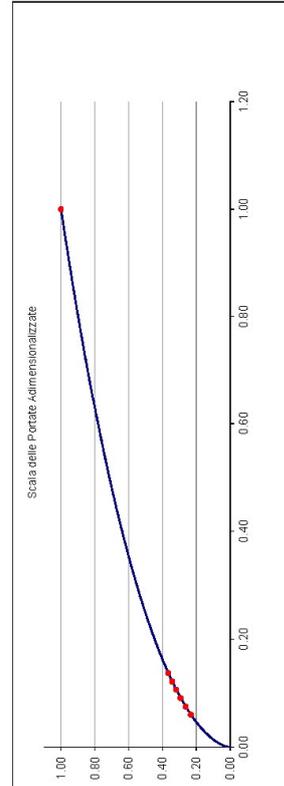
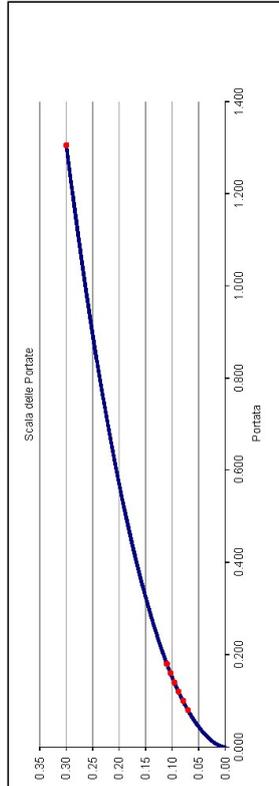
6.6 Scheda di verifica sezione 1.2

IMPIANTO FOTOVOLTAICO SANTA GIUSTA
fosso di scolo

Verifica delle sezioni idrauliche: Canaletta di scolo secondaria - profilo generico - Sub-bacino Area B (S=3,23ha)

Portate di calcolo [mc/s]		Riepilogo dati sezione	
Portata Massima	Qmax	Base	B
Portata di progetto Q1	0.080	Altezza	H
Portata di progetto Q2	0.100	Inclinazione Pareti	a
Portata di progetto Q3	0.120	Coefficiente di inclinazione	i
Portata di progetto Q4	0.140	Pendenza di progetto	ks
Portata di progetto Q5	0.160	Parametro di Scabrezza	
Portata di progetto Q6	0.180	Scabrezza (Consigliato 40)	

Portate Verificate		Portata di progetto Q1 (Q= 0.08 [mc/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 0.10 [mc/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 0.12 [mc/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 0.14 [mc/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 0.16 [mc/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 0.18 [mc/s])	Massima portata (Q= 1.31 [mc/s])
ID Portata	Portata di verifica Q1	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	Qmax
Portata di verifica		23%	26%	29%	32%	34%	37%	100%
Percentuale riempimento		0.07	0.08	0.09	0.10	0.10	0.11	0.30
Tirante idrico		0.05	0.05	0.06	0.07	0.07	0.08	0.34
Area Bagnata		0.83	0.87	0.92	0.95	0.99	1.02	1.92
Contorno Bagnato		0.80	0.84	0.88	0.91	0.94	0.97	1.79
Lunghezza Palo Libero		0.05	0.06	0.07	0.07	0.08	0.08	0.18
Raggio idraulico		24.85	25.06	25.44	25.74	25.99	26.22	30.02
c		1.73	1.85	1.96	2.06	2.14	2.22	3.81
Velocità del flusso		0.45	0.49	0.52	0.54	0.56	0.58	1.00
WVr		0.06	0.07	0.09	0.11	0.12	0.14	1.00
Q/Or								



Relazione Idraulica

2

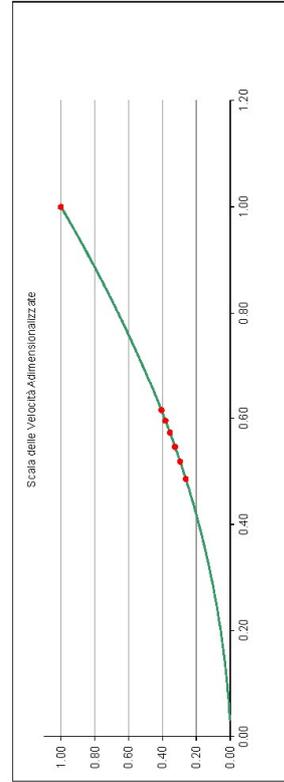
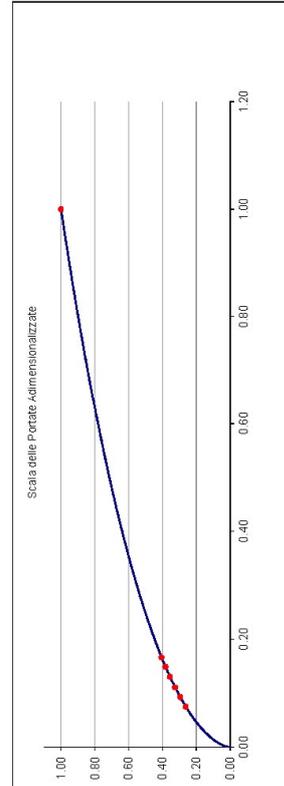
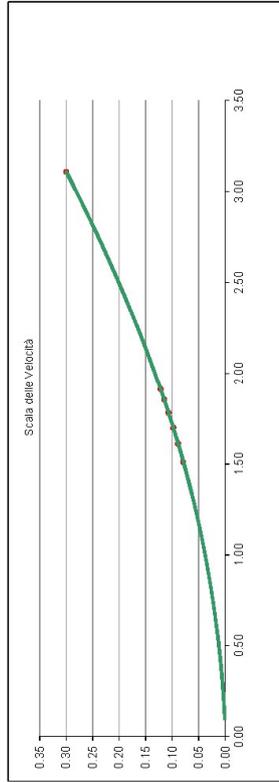
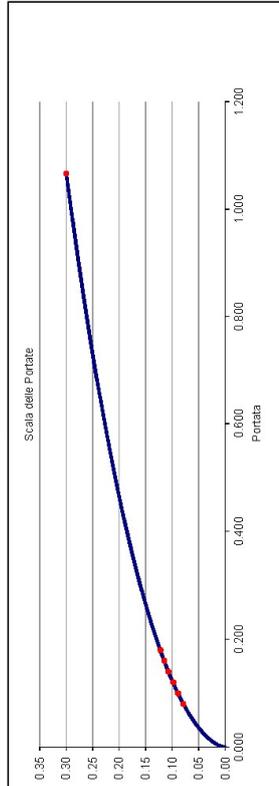
6.7 Scheda di verifica sezione 1.3

IMPIANTO FOTOVOLTAICO SANTA GIUSTA
fosso di scolo

Verifica delle sezioni idrauliche: Canaletta di scolo secondaria - profilo generico - Sub-bacino Area B (S=3,23ha)

Portate di calcolo [mc/s]		Riepilogo dati sezione	
Portata Massima	Qmax	Base	B
Portata di progetto Q1	0.080	Altezza	H
Portata di progetto Q2	0.100	Inclinazione Pareti	a
Portata di progetto Q3	0.120	Coefficiente di inclinazione	n
Portata di progetto Q4	0.140	Pendenza di progetto	i
Portata di progetto Q5	0.160	Parametro di Scabrezza	ks
Portata di progetto Q6	0.180	Scabrezza (Consigliato 40)	40.00

Portate Verificate		Portata di progetto Q1 (Q= 0.08 [mc/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 0.10 [mc/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 0.12 [mc/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 0.14 [mc/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 0.16 [mc/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 0.18 [mc/s])	Massima portata (Q= 1.07 [mc/s])
ID Portata	Portata di verifica Q1	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	Qmax
Portata di verifica	Portata di verifica Q2	26%	30%	33%	36%	38%	41%	100%
Percentuale riempimento	Portata di verifica Q3	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.12	0.30
Tirante idrico	Portata di verifica Q4	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09	0.09	0.34
Area bagnata	Portata di verifica Q5	0.87	0.92	0.96	1.01	1.04	1.08	1.92
Contorno bagnato	Portata di verifica Q6	0.84	0.88	0.92	0.96	0.99	1.02	1.79
Lunghezza Palo Libero	Portata di esercizio Qe (Tr=Et)	0.06	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09	0.18
Raggio idraulico		25.06	25.48	25.81	26.12	26.38	26.59	30.02
c		1.51	1.61	1.70	1.78	1.85	1.91	3.11
Velocità del flusso		0.49	0.52	0.55	0.57	0.60	0.62	1.00
WVr		0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	1.00
Q/Or								



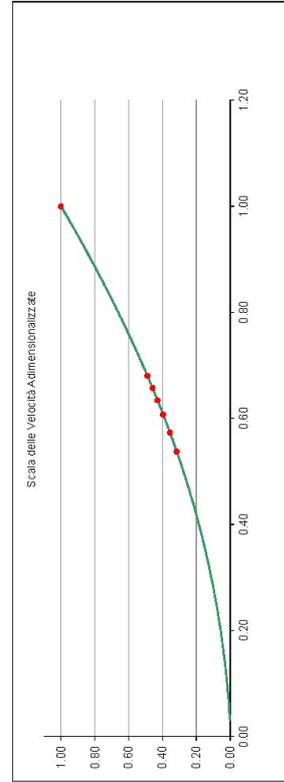
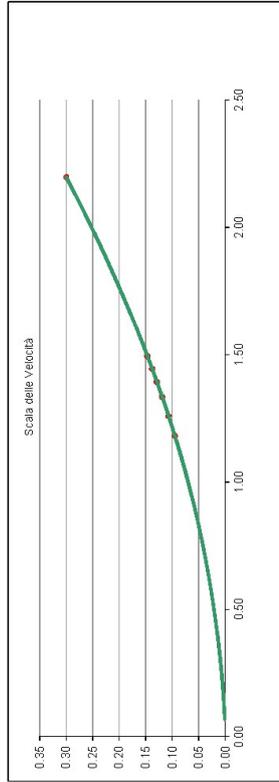
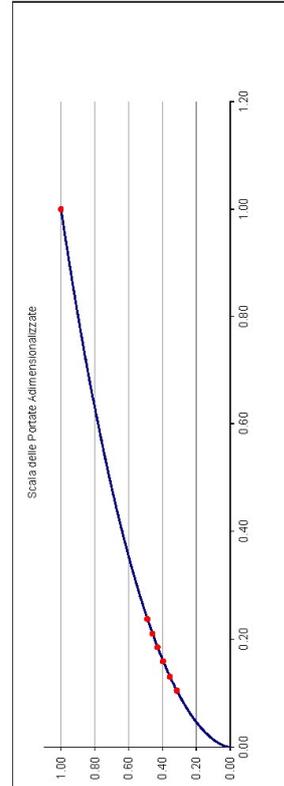
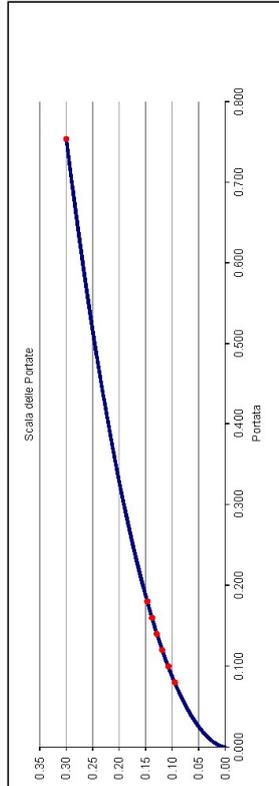
6.8 Scheda di verifica sezione 1.4

IMPIANTO FOTOVOLTAICO SANTA GIUSTA
fosso di scolo

Verifica delle sezioni idrauliche: Canaletta di scolo secondaria - profilo generico - Sub-bacino Area B (S=3,23ha)

Portate di calcolo [mc/s]		Riepilogo dati sezione	
Portata Massima	Omax	Base	B
Portata di progetto Q1	0.080	Altezza	H
Portata di progetto Q2	0.100	Inclinazione Pareti	a
Portata di progetto Q3	0.120	Coefficiente di inclinazione	n
Portata di progetto Q4	0.140	Pendenza di progetto	i
Portata di progetto Q5	0.160	Parametro di Scabrezza	ks
Portata di progetto Q6	0.180	Scabrezza (Consigliato 40)	40.00

Portate Verificate		Portata di progetto Q1 (Q= 0.08 [mc/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 0.10 [mc/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 0.12 [mc/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 0.14 [mc/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 0.16 [mc/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 0.18 [mc/s])	Massima portata (Q= 0.75 [mc/s])
ID Portata	Portata di verifica Q1	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.75
Portata di verifica		32%	36%	40%	43%	46%	49%	100%
Percentuale riempimento		0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.30
Tirante idrico		0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.34
Area bagnata		0.95	1.01	1.06	1.11	1.15	1.20	1.92
Contorno bagnato		0.91	0.96	1.01	1.05	1.09	1.13	1.79
Lunghezza Palo Libero		0.07	0.08	0.08	0.09	0.10	0.10	0.18
Raggio idraulico		25.70	26.12	26.50	26.79	27.03	27.26	30.02
c		1.18	1.26	1.33	1.39	1.45	1.49	2.20
Velocità del flusso		0.54	0.57	0.61	0.63	0.66	0.68	1.00
WVr		0.10	0.13	0.16	0.19	0.21	0.24	1.00
Q/Or								



Relazione Idraulica

4

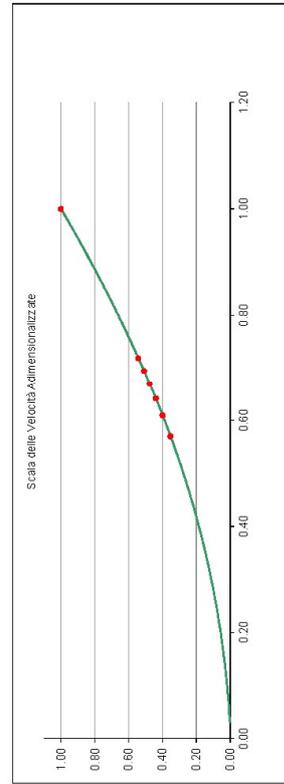
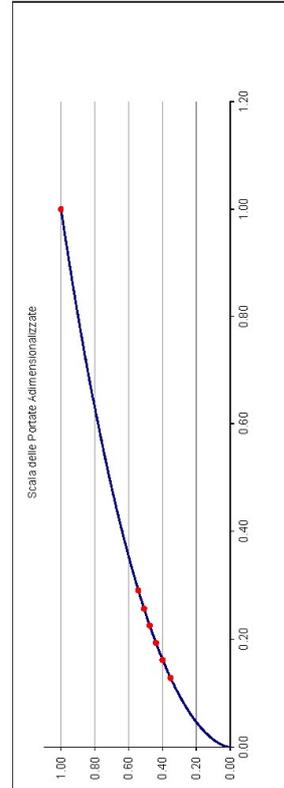
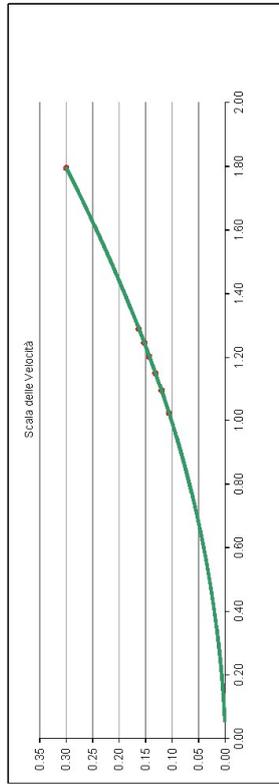
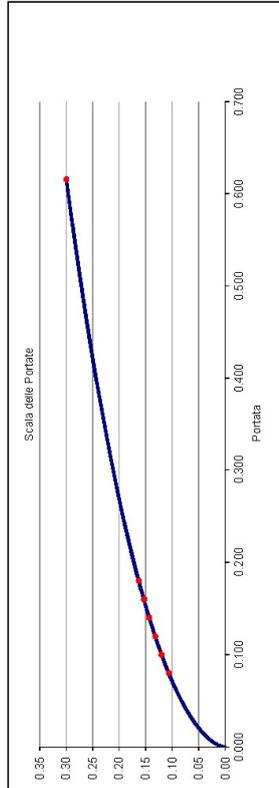
6.9 Scheda di verifica sezione 1.5

IMPIANTO FOTOVOLTAICO SANTA GIUSTA
fosso di scolo

Verifica delle sezioni idrauliche: Canaletta di scolo secondaria - profilo generico - Sub-bacino Area B (S=3,23ha)

Portate di calcolo [mc/s]		Riepilogo dati sezione	
Portata Massima	Qmax	Base	B
Portata di progetto Q1	0.080	Altezza	H
Portata di progetto Q2	0.100	Inclinazione Pareti	a
Portata di progetto Q3	0.120	Coefficiente di inclinazione	n
Portata di progetto Q4	0.140	Pendenza di progetto	l
Portata di progetto Q5	0.160	Parametro di Scabrezza	ks
Portata di progetto Q6	0.180	Scabrezza (Consigliato 40)	40.00

Portate Verificate		Portata di progetto Q1 (Q= 0.08 [mc/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 0.10 [mc/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 0.12 [mc/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 0.14 [mc/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 0.16 [mc/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 0.18 [mc/s])	Massima portata (Q= 0.82 [mc/s])
ID Portata	Portata di verifica Q1	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	Qmax
Portata di verifica	[mc/s]	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.82
Percentuale riempimento	[%]	35%	40%	44%	48%	51%	54%	100%
Tirante idrico	[m]	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.30
Area bagnata	[mq]	0.08	0.09	0.10	0.12	0.13	0.14	0.34
Contorno bagnato	[m]	1.00	1.07	1.12	1.18	1.22	1.27	1.92
Lunghezza Palo Libero	[m]	0.95	1.01	1.07	1.11	1.16	1.20	1.79
Raggio idraulico	[m]	0.08	0.09	0.09	0.10	0.10	0.11	0.18
c	[s]	26.09	26.53	26.87	27.16	27.41	27.64	30.02
Velocità del flusso	[m/s]	1.02	1.09	1.15	1.20	1.25	1.29	1.79
WVr	[%]	0.57	0.61	0.64	0.67	0.69	0.72	1.00
Q/Qr	[%]	0.13	0.16	0.19	0.23	0.26	0.29	1.00



Relazione Idraulica

9

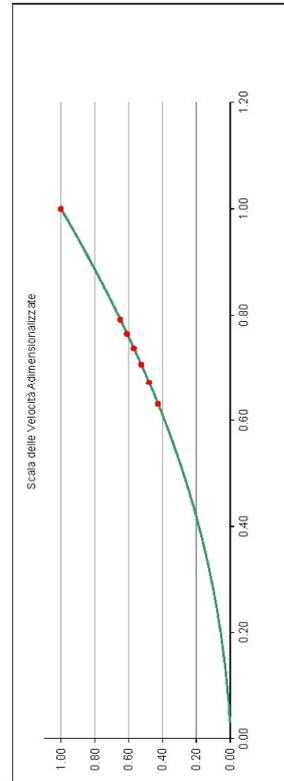
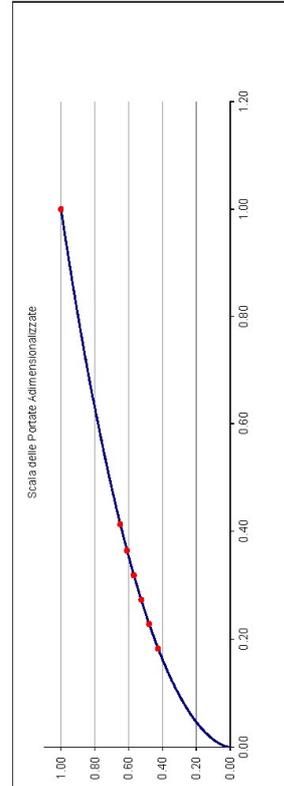
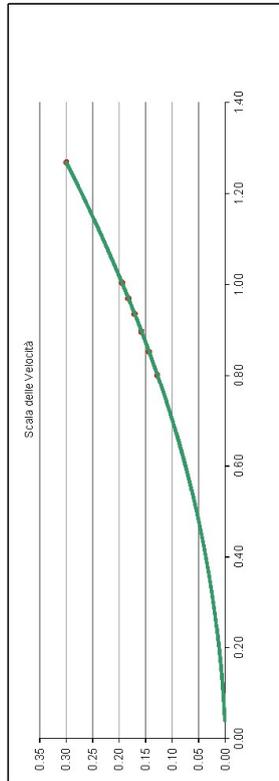
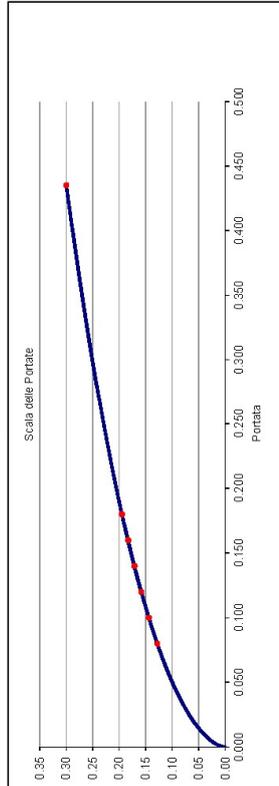
6.10 Scheda di verifica sezione 1.6

IMPIANTO FOTOVOLTAICO SANTA GIUSTA
fosso di scolo

Verifica delle sezioni idrauliche: Canaletta di scolo secondaria - profilo di minima pendenza - Sub-bacino Area B (S=3,23ha)

Portate di calcolo [mc/s]		Riepilogo dati sezione	
Portata Massima	Qmax	Base	B
Portata di progetto Q1	0.080	Altezza	H
Portata di progetto Q2	0.100	Inclinazione Pareti	a
Portata di progetto Q3	0.120	Coefficiente di inclinazione	n
Portata di progetto Q4	0.140	Pendenza di progetto	i
Portata di progetto Q5	0.160	Parametro di Scabrezza	ks
Portata di progetto Q6	0.180	Scabrezza (Consigliato 40)	40.00
		Portata di esercizio Qe (Tr=5l)	1.00%
		Note: Nessuna	

Portate Verificate		Portata di progetto Q1 (Q= 0.08 [mc/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 0.10 [mc/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 0.12 [mc/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 0.14 [mc/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 0.16 [mc/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 0.18 [mc/s])	Massima portata (Q= 0.44 [mc/s])
ID Portata	Portata di verifica Q1	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	Qmax
Portata di verifica		0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.44
Percentuale riempimento		43%	48%	53%	57%	61%	65%	100%
Tirante idrico		0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	0.20	0.30
Area bagnata		0.10	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.34
Contorno bagnato		1.11	1.18	1.25	1.31	1.37	1.42	1.92
Lunghezza Palo Libero		1.05	1.12	1.18	1.23	1.28	1.34	1.79
Raggio idraulico		0.09	0.10	0.11	0.11	0.12	0.13	0.18
c		26.76	27.19	27.53	27.82	28.08	28.32	30.02
Velocità del flusso		0.80	0.85	0.90	0.94	0.97	1.00	1.27
WVr		0.63	0.67	0.71	0.74	0.77	0.79	1.00
Q/Qr		0.18	0.23	0.27	0.32	0.36	0.41	1.00



Relazione Idraulica

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	37 di 45

7 CONCLUSIONI

Lo studio idraulico del progetto dell'impianto fotovoltaico, della linea di connessione e della cabina di consegna, ha analizzato l'idrologia locale dell'area in progetto, rapportando i risultati ottenuti alla planimetria e realizzando uno schema di gestione dei deflussi che fosse il meno possibile invasivo e impattante.

Si premette che lo studio della sostenibilità e l'attenzione alle acque non hanno riguardato solo la progettazione della rete di drenaggio delle acque meteoriche ma sono risaliti a monte, integrandosi nello stato di fatto, minimizzando le interferenze con l'idrografia esistente e l'utilizzo delle tradizionali opere dell'ingegneria civile (infrastrutture grigie) a favore delle infrastrutture verdi che mitigano gli impatti biofisici dovuti alle opere in progetto, riducendo il rischio idrogeologico, creando benefici ecosistemici e promuovendo gli obiettivi della politica comunitaria.

Il presente documento ha messo a confronto lo scenario ante-operam e quello post operam, analizzando il possibile impatto del progetto da un punto di vista idrologico (valutazione variazioni del coefficiente di deflusso e modifiche al deflusso naturale delle acque meteoriche) e da un punto di vista idraulico (valutazione variazioni degli apporti durante eventi intensi al ricettore finale).

In merito allo stato post operam è stato valutato l'impatto dell'installazione di strutture fisse monoassiale di progetto. Vista l'interdistanza esistente tra le strutture e l'altezza dal piano campagna durante un evento intenso con tempo di ritorno pari a quello di progetto non si ipotizzano variazioni critiche della capacità di infiltrazione, così come delle caratteristiche di permeabilità del terreno nelle aree interessate dall'installazione delle strutture. Analogamente si può affermare delle platee di appoggio delle cabine che avranno un'area trascurabile rispetto all'intera estensione delle aree.

Ciononostante, volendo cautelativamente ipotizzare una perdita di capacità di infiltrazione delle acque meteoriche, si è valutata arealmente l'incidenza delle strutture e si sono valutati gli impatti in termini di capacità di infiltrazione delle eventuali acque di ruscellamento che si generano su ogni settore di progetto su aree permeabili. Tale valutazione è stata condotta sulla base di autorevoli studi internazionali (rif. "Hydrologic response of solar farm", Cook, Lauren, Richard - 2013 – American Society of Civil Engineers) improntati su un modello concettuale di impatto che simula il modulo idrologico tipo dell'impianto come costituito da un'area di installazione pannelli ed una di interfila.

Nelle aree interessate dal progetto, durante la fase post-operam nello scenario più cautelativo, si registrerebbe un incremento dei deflussi totali di circa il 11% alla scala dell'area di impianto, e dello 0.6% alla scala del bacino analizzato.

Tale incremento può essere considerato invariante ai fini idraulici, in considerazione del fatto che tutte le grandezze adottate sono state considerate in maniera cautelativa e che su tutta l'area sono previste delle opere di regimazione delle acque per favorire l'infiltrazione e la laminazione dei deflussi, rendendo lo scenario post-operam confrontabile con quello ante-operam.

In merito alle modifiche nella rete di drenaggio naturale tra stato di fatto e stato di progetto per tali aree è stata prevista una rete costituita da fossi in terra non rivestiti, realizzati in corrispondenza dei solchi di drenaggio naturali esistenti allo stato di fatto; questi ultimi sono stati identificati sulla base di una simulazione del modello digitale del terreno con estrazione dei sottobacini idrografici e della rete idrografica primaria e secondaria esistente.

Tale scelta consente di evitare di modificare la rete naturale, permettendo ai deflussi superficiali di seguire i percorsi naturali, senza interferenze dovute alla costruzione della viabilità, alla disposizione delle strutture e delle altre opere di progetto. Tutte le opere di regimazione rientrano nell'ambito dell'Ingegneria naturalistica, con particolare riferimento alle sistemazioni dei canali ed alle opere di rinverdimento spondale e del fondo; la rete di canalizzazioni secondarie sarà tale da non interferire con le strutture fotovoltaiche né con le attività agricole previste nel progetto.

La preparazione del sito inoltre non prevede opere di scotico su larga scala, ma solo il taglio della vegetazione ove essa impedisca la regolare esecuzione delle attività di costruzione e l'operatività del cantiere. La viabilità di cantiere è assunta in materiale drenante.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	38 di 45

Tutto ciò contribuisce alla riduzione dell'impatto delle opere.

In merito all'uso del suolo post-operam per le aree interne alla recinzione dell'impianto (nelle interfila dei moduli fotovoltaici) è prevista la possibilità che agricoltori locali possano seminare foraggi da destinare all'alimentazione del bestiame, l'impianto della vegetazione non potrà comunque influire negativamente sui regimi idrologici posti alla base delle verifiche costituendo eventualmente un miglioramento laminazione delle portate, e pertanto un miglioramento rispetto alle condizioni di progetto

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	39 di 45

8 VERIFICA ATTRAVERSAMENTO

L'area di progetto è composta da aree separate tra loro e connesse tramite la viabilità di progetto. Il raggiunto dell'area situata nell'area sud orientale è raggiungibile previo l'attraverso di un corso fluviale. Attualmente l'attraversamento del suddetto corpo idrico è consentito da un cavalcafosso, delle dimensioni indicative di 3 metri, utilizzato per il transito dei mezzi da lavoro.

Le opere di attraversamento trasversale dei corsi d'acqua sono normate dalle NTA del PAI Sardegna e dalle NTC 2018 sulle costruzioni¹⁸ Circolare 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP.

Analogamente a quanto esposto per lo studio idrologico e le verifiche idrauliche per il sito in progetto, è stato analizzato l'attraversamento del corso d'acqua, tracciandone il bacino di afferenza e calcolando tutte le grandezze utili al fine della verifica e del dimensionamento dell'opera in questione. I parametri principali del bacino di riferimento sono riportati nella tabella seguente:

Tabella 8-1: Dati bacino di riferimento.

Bacino	Superficie	Lunghezza asta principale	Pendenza asta principale	Quota massima	Altitudine media	Quota della sezione di chiusura
Canale de Chirigu Cossu	S	L	J	Hx	Hm	Hb
	[kmq]	[km]	[%]	[m slm]	[m slm]	[m slm]
	7.366	4.597	15.6	250.318	89.122	34.187

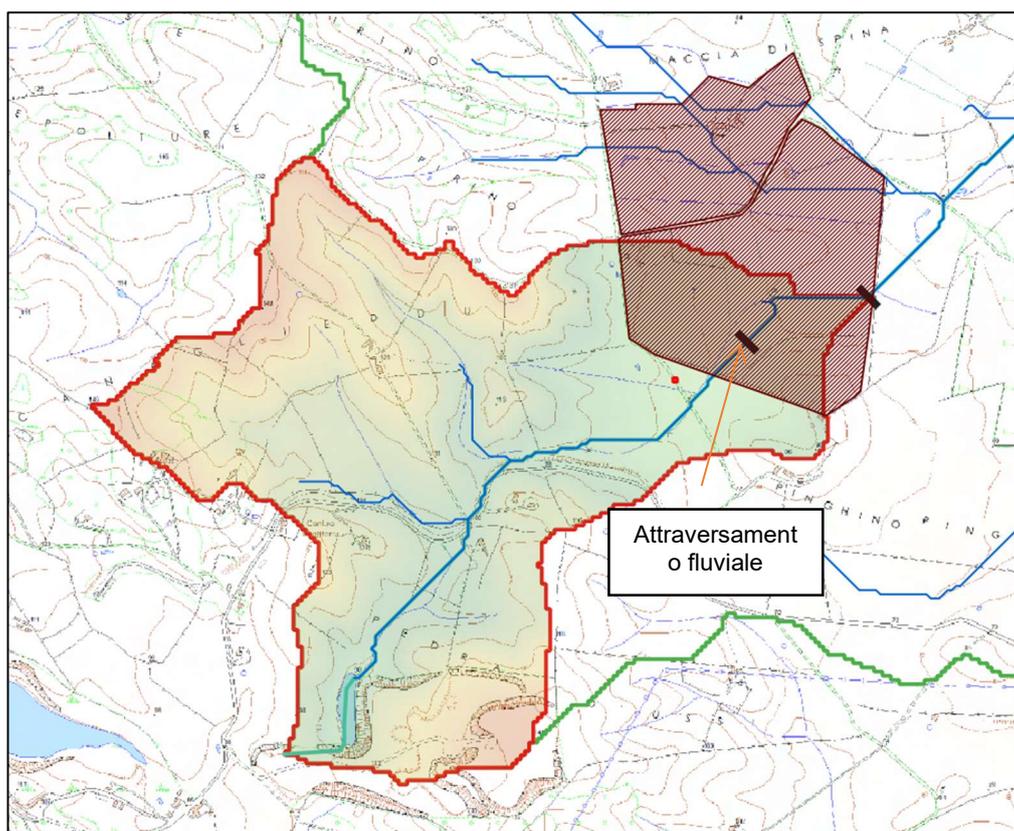


Figura 8-1: Individuazione della sezione di chiusura di riferimento per l'attraversamento fluviale e del bacino idrologico

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	40 di 45

Stimato un tempo di corrivazione pari a 30 minuti con la formula di Viparelli ed analizzate le caratteristiche dei terreni afferenti, mediante l'utilizzo delle carte di uso del suolo e successiva valutazione del coefficiente di deflusso col metodo del Curve Number si perviene alle portate che transitano nella sezione di chiusura del bacino.

Tabella 8-2: Classificazione del Curve Numbver

CODICE	TIPO TERRENO	VALORI CN				SUPERFICI ALL'INTERNO DEL BACINO				CN MEDI PESATI	
Cod.	CNII	A	B	C	D	CN_A	CN_B	CN_C	CN_D	CN II	CN III
131	aree estrattive	76	85	89	91	10.29			0.42	77	88
244	aree agroforestali	64	73	79	82				3.38	82	91
1122	fabbricati rurali	59	74	82	86			0.50	0.34	84	92
2111	seminativi in aree non irrigue	61	73	81	84	0.13		15.96	95.23	84	92
3231	macchia mediterranea	35	56	70	77				0.61	77	89
5122	bacini artificiali	98	98	98	98	0.05			0.78	98	99

Da cui si ricavano i seguenti valori medi sul bacino:

Tabella 8-3 Valori medi CN bacino

CODICE	TIPO TERRENO	VALORI CN				SUPERFICI ALL'INTERNO DEL BACINO				CN MEDI	
Cod.	CNII	A	B	C	D	CN_A	CN_B	CN_C	CN_D	CN II	CN III
	VALORI MEDI CN DEL BACINO	76	0	81	84	10.46		16.46	100.8	83	92

In virtù delle proprietà del terreno esistente, il parametro Φ è stato assunto pari a 0,51. La valutazione delle precipitazioni di progetto è stata fatta sulla scorta delle stime delle intensità di pioggia fatte al paragrafo 4.2, estese ad un Tempo di ritorno pari a 200 anni, così come richiesto dalle NTC 2018 sulle costruzioni.

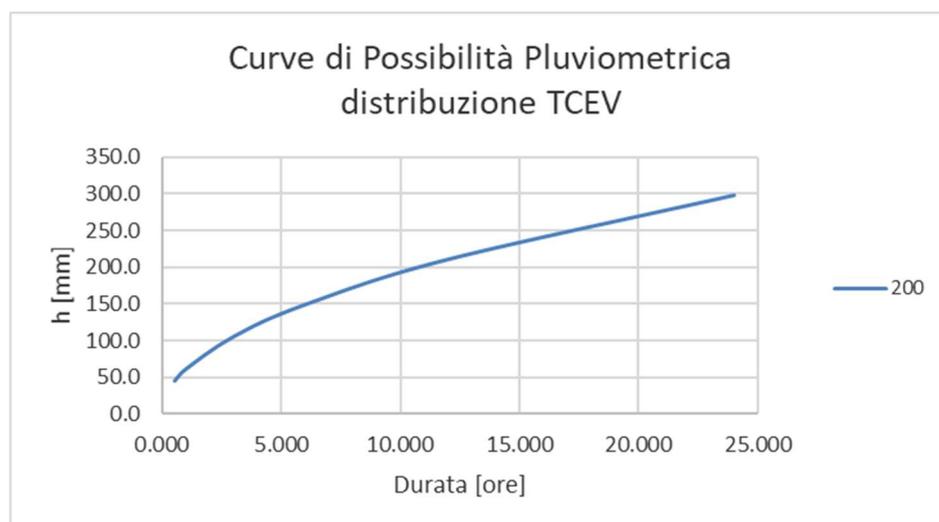


Figura 8-2: Curva segnalatrici di possibilità pluviometrica

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	41 di 45

Tabella 8-4: Altezze di precipitazione per diversi tempi di pioggia t_c e tempo di ritorno $TR=200$ anni

H (tc,Tr)		tc (ore)					
		0.55	1	3	6	12	24
Tr (anni)	200	45.3	60.6	105.1	148.7	210.4	297.7

Per ottenere la portata di verifica transitante nella sezione di chiusura individuata si applica il metodo razionale, considerando un coefficiente di riduzione areale cautelativamente unitario.

Si ottiene in questo modo una portata che transita al di sotto dell'attraversamento fluviale con un tempo di ritorno di 200 anni pari a 24,5 mc/s.

La tipologia di opera scelta per l'adeguamento dell'attraversamento del corso idrico è del tipo "tombino" che, come specificato sulle NTC 2018, circolare 2019 consente di condurre portate fino a 50 mc/s, siano esse in pressione o a pelo libero.

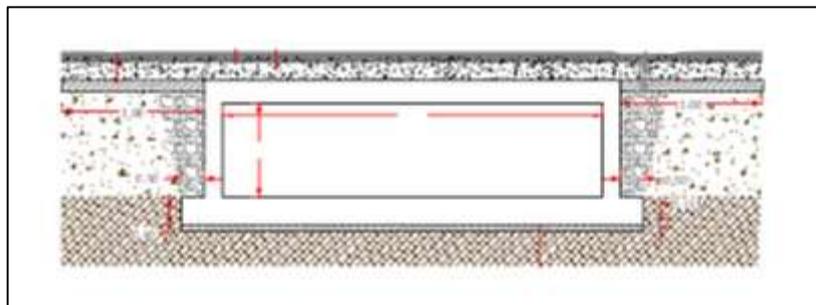


Figura 8-3::Tipologico attraversamento tombino

Come prescritto nelle NTC, "nel caso di funzionamento a pelo libero il tirante idrico non dovrà superare i 2/3 dell'altezza della sezione, garantendo comunque un franco minimo di 0,5 metri", e inoltre "il calcolo idraulico è da sviluppare prendendo in considerazione le condizioni che si realizzano nel tratto del corso d'acqua a valle del tombino".

In considerazione della sezione rilevata è stato dimensionato un tombino che consenta di veicolare una portata duecentennale nel rispetto delle disposizioni dettate dalle NTC.

Il tombino avrà dunque una larghezza pari a 3,50 metri per una altezza di 1,50 metri. La lunghezza del tombino sarà pari alla larghezza della strada da realizzare per consentire il collegamento delle diverse aree dell'impianto più un franco di mezzo metro per lato.

A monte e a valle dell'attraversamento sarà necessario realizzare opportune opere di raccordo sia relativamente all'imbocco del tombino, per convogliare le portate sulla sezione dell'attraversamento, sia allo sbocco onde prevenire fenomeni erosivi incontrollati.

Sarà necessario inoltre tenere il canale in perfetta efficienza, prevedendo un programma di manutenzione e pulizia dello stesso, onde evitare l'intasamento sia del canale che del tombino da vegetazione la quale potrebbe inficiare il funzionamento dello stesso.

Per le verifiche di dettaglio e il relativo dimensionamento strutturale si rimanda alla successiva fase di progettazione.

Si riportano dunque le verifiche idrauliche sulla sezione del tombino e sulla sezione a valle dell'attraversamento.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev. 0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag. 42 di 45

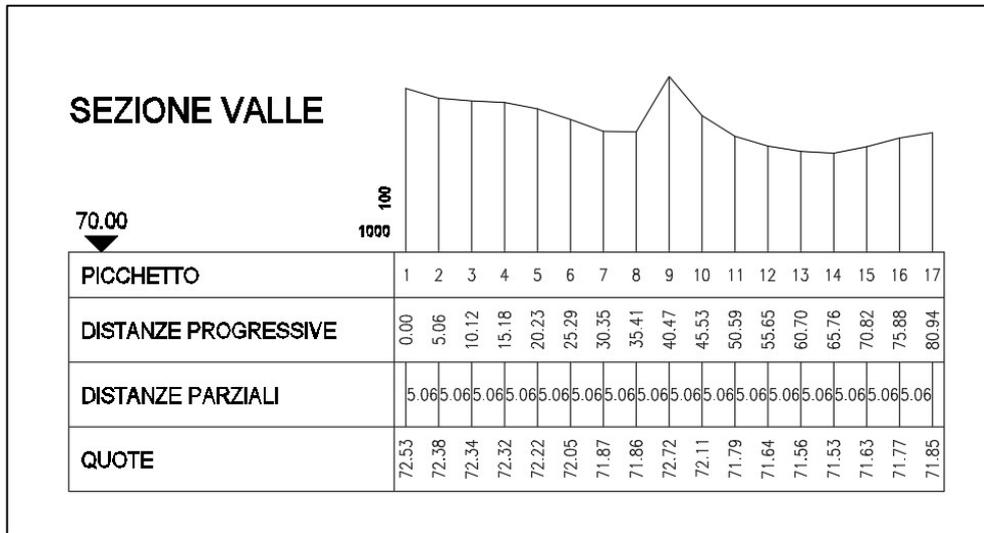


Figura 8-4: Rilievo sezione a valle del tombino

Tabella 8-5: Verifica idraulica sezione a valle del tombino

IMPIANTO FOTOVOLTAICO SANTA GIUSTA
Attraversamento

Verifica delle sezioni idrauliche: Sezione a valle del tombino - profilo attraversamento - Bacino sez. Attraver. (S=12,76ha)

Portate di calcolo [m ³ /s]		Riepilogo dati sezione		Tipo sezione	
Portata massima	Omax	76,788	Base	B	4,00
Portata di progetto Q1	Omax	1,000	Altezza	H	1,50
Portata di progetto Q2	Omax	5,000	Inclinazione Pareti	a	25,00
Portata di progetto Q3	Omax	10,000	Coefficiente di inclinazione	n	2,14
Portata di progetto Q4	Omax	15,000	Pendenza di progetto	i	2,00%
Portata di progetto Q5	Omax	20,000	Parametro di Scabrezza	ks	51,00
Portata di progetto Q6	Omax	25,000	Scabrezza (Consigliato 51)		

ID Portata	Portate Verificate		Portata di progetto Q1 (Q= 1,00 [m ³ /s])	Portata di progetto Q2 (Q= 5,00 [m ³ /s])	Portata di progetto Q3 (Q= 10,00 [m ³ /s])	Portata di progetto Q4 (Q= 15,00 [m ³ /s])	Portata di progetto Q5 (Q= 20,00 [m ³ /s])	Portata di progetto Q6 (Q= 25,00 [m ³ /s])	Massima portata (Q= 76,79 [m ³ /s])
		[m ³ /s]	[m ³ /s]						
Portata di verifica	1,00	1,00	0	0	0	0	0	0	Omax
percentuale riempimento	9%	23%	9%	23%	33%	42%	49%	56%	76,79
Tirante idrico	[m]	0,13	0,13	0,34	0,50	0,63	0,74	0,83	1,50
Area bagnata	[m ²]	0,56	1,60	2,55	3,37	4,13	4,83	5,50	10,83
Contorno bagnato	[m]	4,62	5,60	6,38	6,98	7,50	7,95	8,33	11,10
Lunghezza Felo Libero	[m]	4,56	5,45	6,15	6,70	7,17	7,58	7,95	10,43
Raggio idraulico	[m]	0,12	0,29	0,40	0,48	0,55	0,61	0,66	0,98
c	[s]	35,89	41,38	43,77	45,17	46,93	48,17	49,33	50,79
Velocità del flusso	[m/s]	1,77	3,13	3,91	4,44	4,84	5,17	5,43	7,08
V/Vr	[%]	0,25	0,44	0,55	0,63	0,68	0,73	0,76	1,00
Q/Qr	[%]	0,01	0,06	0,13	0,19	0,26	0,33	0,33	1,00

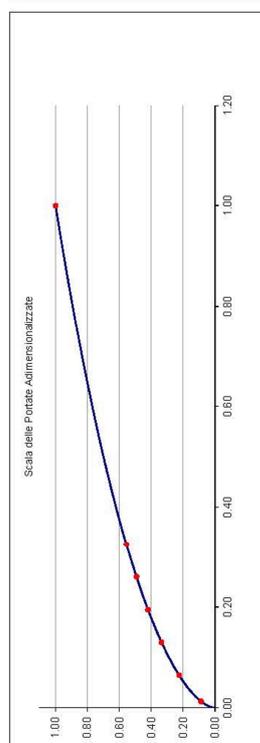
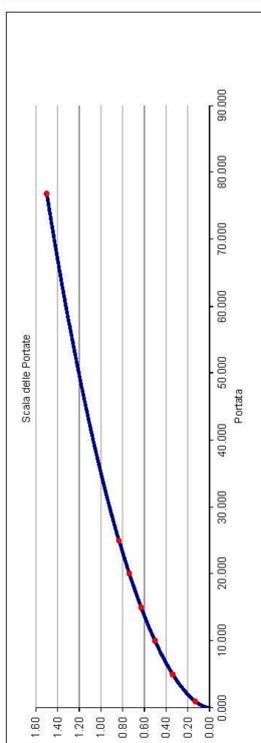
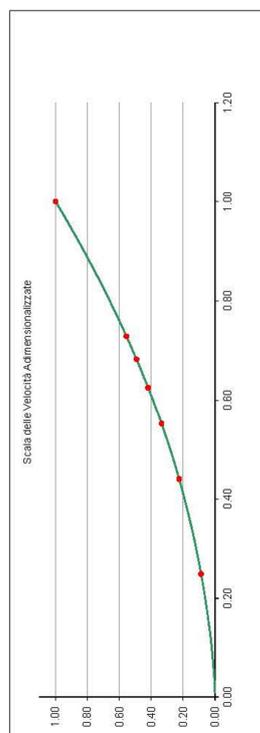
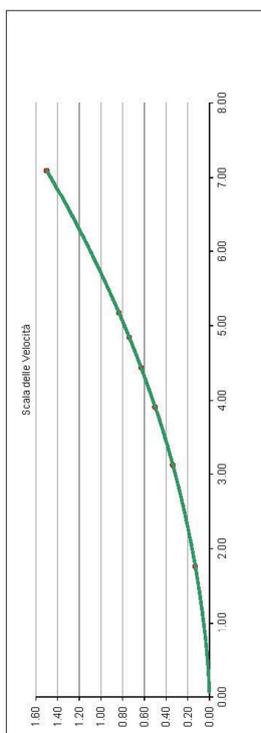


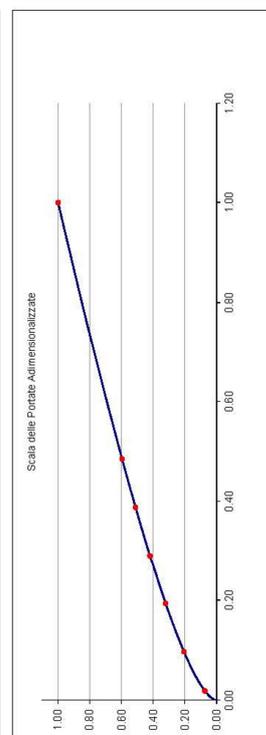
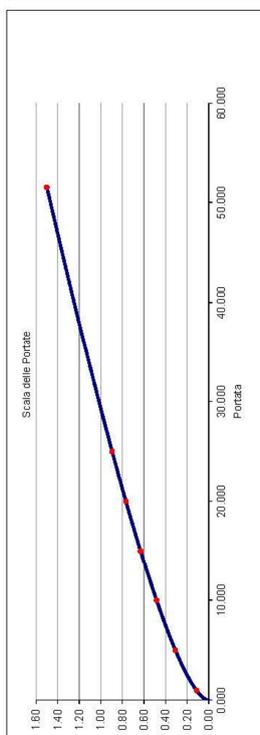
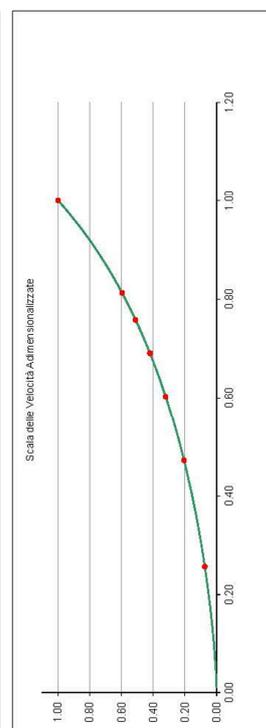
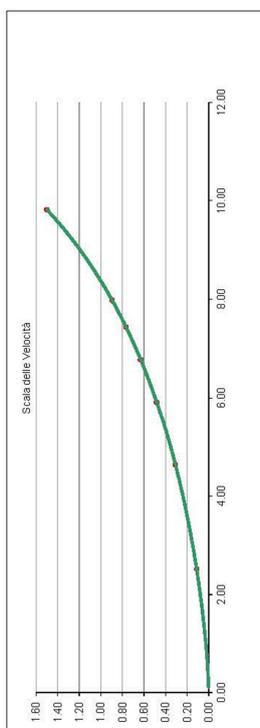
Tabella 8-6: Verifica idraulica sezione del tombino

IMPIANTO FOTOVOLTAICO SANTA GIUSTA
Attraversamento

Verifica delle sezioni idrauliche: Attraversamento tombino - profilo attraversamento - Bacino sez. Attraver. (S=12.76ha)

Portata di calcolo [m ³ /s]	Riepilogo dati sezione	tipo sezione
Portata massima	51.514	3.50 Rettangolare
Portata di progetto Q1	1.00	1.50 Cemento
Portata di progetto Q2	5.000	0.00 Cemento - non perfettamente liscio
Portata di progetto Q3	10.000	2.00% Note: Nessuna
Portata di progetto Q4	15.000	80.00
Portata di progetto Q5	20.000	
Portata di progetto Q6	25.000	

ID Portata	Portate Verificate						Qmax
	Portata di progetto Q1 (Q= 1.00 [m ³ /s])	Portata di progetto Q2 (Q= 5.00 [m ³ /s])	Portata di progetto Q3 (Q= 10.00 [m ³ /s])	Portata di progetto Q4 (Q= 15.00 [m ³ /s])	Portata di progetto Q5 (Q= 20.00 [m ³ /s])	Portata di progetto Q6 (Q= 25.00 [m ³ /s])	
Portata di verifica	1.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	51.51
percentuale riempimento	7%	21%	32%	42%	51%	60%	100%
Tirante idrico	0.11	0.31	0.48	0.63	0.77	0.90	1.50
Area Bagnata	0.39	1.08	1.69	2.21	2.68	3.13	5.25
Contorno bagnato	3.72	4.12	4.46	4.76	5.03	5.29	6.50
Lunghezza Palo Libero	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Raggio idraulico	0.11	0.26	0.38	0.46	0.53	0.59	0.81
c	54.97	63.99	68.02	70.38	72.04	73.31	77.20
Velocità del flusso	2.52	4.63	5.91	6.78	7.44	7.98	9.81
VVr	0.26	0.47	0.60	0.76	0.81	0.81	1.00
Q/Gr	0.02	0.10	0.19	0.29	0.39	0.49	1.00



	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 23,115 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 20,5 MW Comune di Sassari (SS)	Rev.	0
	22-00035-IT-SANTAGIUSTA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	45 di 45

9 ALLEGATO 1 – SISTEMA DI DRENAGGIO