



Realizzazione di un impianto agrivoltaico avanzato integrato con allevamento non intensivo di ovini, produzione agricola, produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione alla Stazione Elettrica RTN nel Comune di Bonorva (SS)

Impianto FV: Potenza nominale cc: 72,618 MWp - Potenza in immissione ca: 60,00 MVA
Sistema di accumulo: Potenza nominale ca: 10,00 MVA

ELABORATO

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

Livello progetto	Codice Pratica	Documento	Codice elaborato	n° foglio	n° tot. fogli	Nome file	Data	Scala
PD		R	2.22	1	39	R_2.22_IDRO.pdf	Dicembre 2023	n.a.

REVISIONI

Rev. n°	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
00	22/12/2023	I Emissione	ZUCCARO	MONFREDA	AMBRON

PROGETTAZIONE:

MATE System S.r.l.

Via G. Mameli, n.5
70020 Cassano delle Murge (BA)
tel. +39 080 5746758
mail: info@matesystemsrl.it
pec: matesystem@pec.it



DIRITTI Questo elaborato è di proprietà della proponente pertanto non può essere riprodotto né integralmente, né in parte senza l'autorizzazione scritta della stessa. Da non utilizzare per scopi diversi da quelli per cui è stato fornito.

PROPONENTE:
MARMARIA SOLARE 3 S.r.l.
Via TEVERE n° 41
00198 ROMA





REGIONE
SARDEGNA



COMUNE DI
MORES



PROVINCIA DI
SASSARI

PROGETTO DEFINITIVO

Realizzazione di un impianto agrivoltaico avanzato integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN

Titolo elaborato

Relazione idrologica e idraulica

Codice elaborato

F0543BR01B

Scala

-

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

Progettazione



F4 ingegneria srl

Via Di Giura - Centro direzionale, 85100 Potenza
Tel: +39 0971 1944797 - Fax: +39 0971 55452
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Il Direttore Tecnico
(ing. Giorgio ZUCCARO)



Gruppo di lavoro

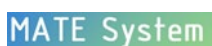
Ing. Giorgio ZUCCARO
Ing. Manuela NARDOZZA
Dott.ssa Giorgia DOTOLI
Dott. Amedeo IELUZZI



Società certificata secondo le norme UNI-EN ISO 9001:2015 e UNI-EN ISO 14001:2015 per l'erogazione di servizi di ingegneria nei settori: civile, idraulica, acustica, energia, ambiente (settore IAF: 34).

Consulenze specialistiche

Committente



Mate System srl

Via Papa Pio XII 8, 70020 Cassano delle Murge (BA)

Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
Settembre 2023	Prima emissione	MNA	GZU	GZU
Gennaio 2024	Aggiornamento	GDO	GZU	GZU

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN

Relazione idrologica e idraulica

Relazione idrologica e idraulica

Sommario

Relazione idrologica e idraulica	2
1 Premessa	5
2 Analisi idrologica	7
2.1 Bacini idrografici	7
2.2 Tempi di corrivazione	9
2.3 Portate al colmo di piena	9
3 Analisi idraulica dello stato di fatto	14
3.1 Geometria del modello idrodinamico	14
3.2 Portata di piena	17
3.3 Condizioni al contorno	17
3.4 Parametri di scabrezza	18
3.5 Risultati delle simulazioni della configurazione pre-intervento	18
4 Interventi in progetto	26
5 Analisi idraulica dello stato di progetto	27
5.1 Geometrie del modello idrodinamico	27
5.2 Portate di piena	27
5.3 Condizioni al contorno	28
5.4 Parametri di scabrezza	28
5.5 Risultati della simulazione nella configurazione dello stato di progetto	28
6 Conclusioni	31
Allegato: Sezioni trasversali di progetto	32

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN

Relazione idrologica e idraulica

1 Premessa

La presente relazione accompagna il progetto di realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN.

I lotti di interesse sono situati nell'area a sud-est del comune e dista oltre 3 km dal centro del comune di Mores.

Per le finalità della presente analisi, sono stati considerati diversi impluvi del reticolo idrografico che attraversano e lambiscono l'impianto. Tali impluvi afferiscono al bacino idrografico del Coghinias, come definito dall'Autorità di Bacino Regionale della Sardegna.

La presente, pertanto, è stata redatta ai sensi delle Norme di Attuazione del PAI (allegato 2 alla Delib. G.R. n. 2/8 del 20.1.2022) al fine di delimitare l'estensione delle aree allagabili, con particolare riferimento all'art. 21 in merito agli indirizzi per la progettazione, realizzazione e identificazione delle misure di manutenzione delle nuove infrastrutture.

L'area non è attraversata da elementi già perimetrati secondo la pericolosità idraulica, come mostrato nell'immagine di seguito.

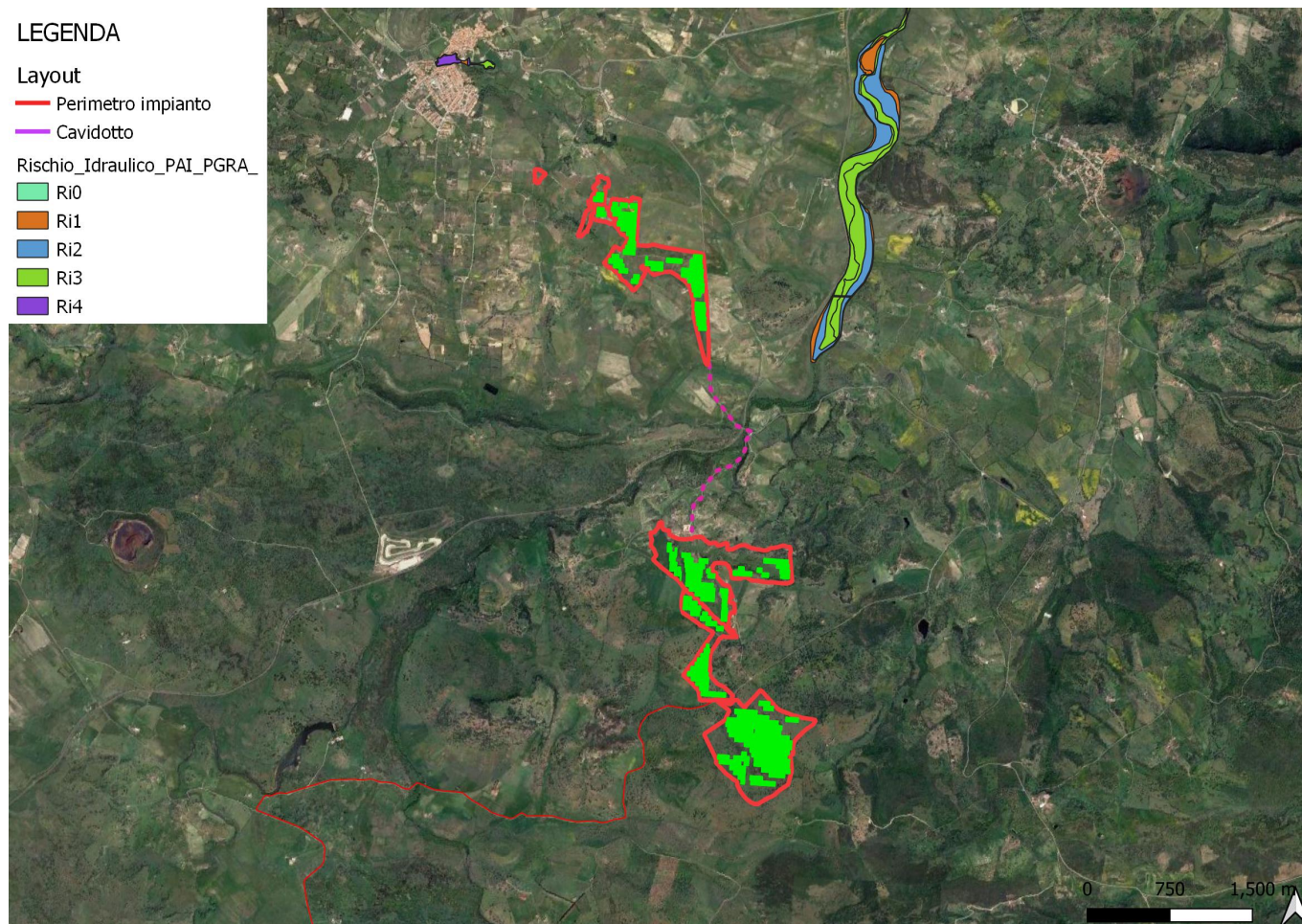


Figura 1: Planimetria dell'area di interesse con reticolo idrografico e delimitazione delle fasce PAI

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN

Relazione idrologica e idraulica

Come è possibile osservare, l'area di impianto non interferisce direttamente con le aree già mappate, ma solo con rami del reticolo di minore entità, evidenziati nell'inquadramento su base IGM in scala 1: 25.000, riportato nell'immagine di seguito.

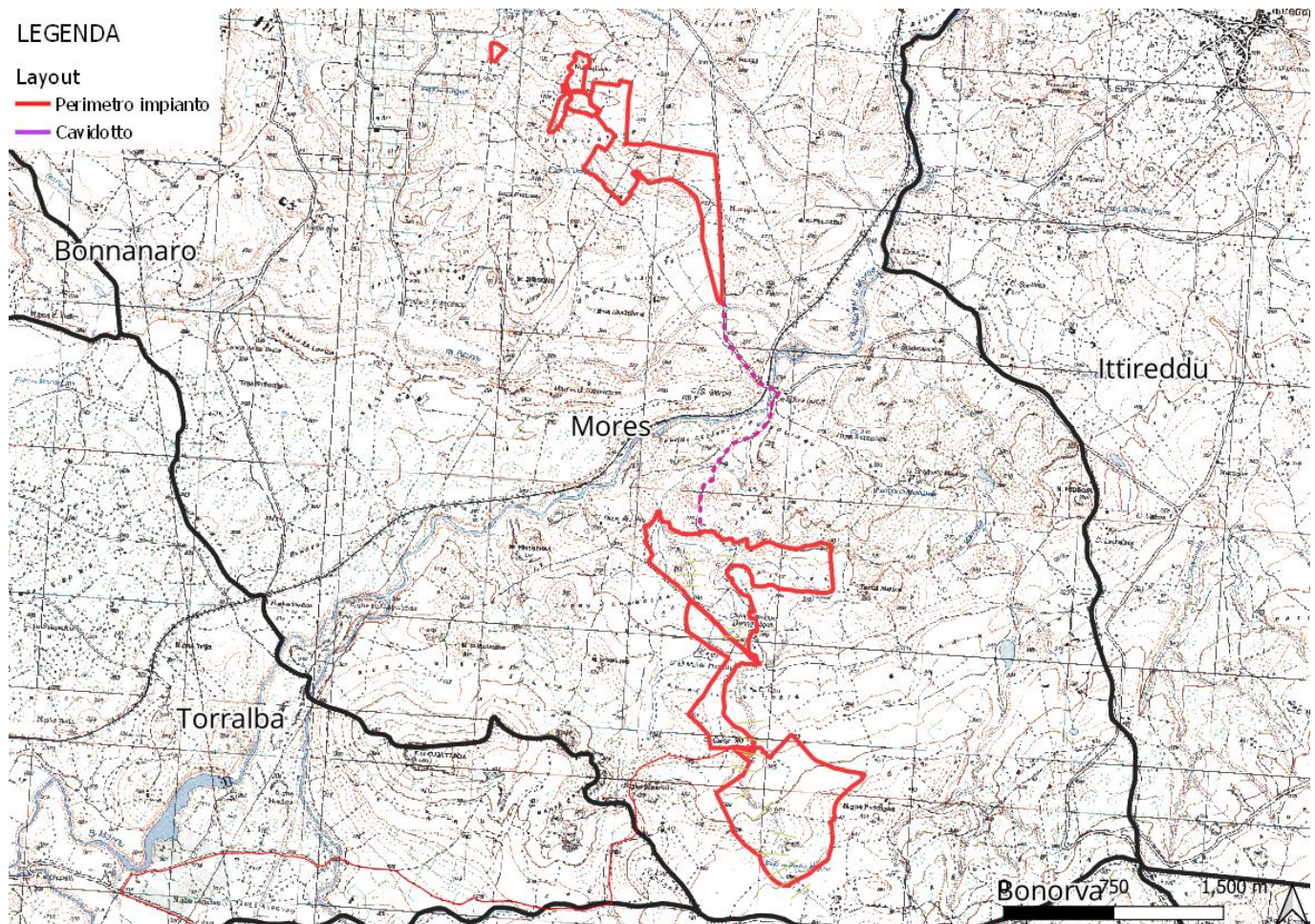


Figura 2: Inquadramento dell'area di interesse su base IGM

Le analisi idrologiche, illustrate in dettaglio nel seguito, sono state condotte mediante l'utilizzo del metodo VAPI Sardegna, come previsto nelle Norme di Attuazione (NTA) del PAI al fine di stabilire le portate al colmo di piena per eventi con tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni.

Tali portate sono state utilizzate nella successiva analisi idraulica che, grazie all'utilizzo del modello idrodinamico monodimensionale HEC-RAS dello US Army Corps of Engineers, è finalizzata alla valutazione delle modalità di deflusso degli eventi di piena al fine di stabilire i massimi valori del livello di pelo libero e, di conseguenza, di valutare le effettive estensioni delle aree a diversa pericolosità idraulica.

2 Analisi idrologica

Nella presente analisi idrologica sono state determinate le portate al colmo di piena mediante l'utilizzo del metodo VAPI Sardegna come illustrato all'interno della Relazione di Piano del PAI, redatto dall'Autorità di Bacino regionale della Sardegna.

Per tali scopi, sono state individuate le caratteristiche dei bacini idrografici che, successivamente, sono state utilizzate per la definizione dei tempi di corrivazione. Grazie al metodo VAPI, infine, sono state calcolate le massime altezze della precipitazione critica per i bacini individuati e, mediante l'utilizzo del metodo razionale, sono state valutate le portate al colmo di piena.

2.1 Bacini idrografici

Nella figura seguente sono mostrati gli impluvi in esame con i bacini idrografici sottesi dalla sezione di chiusura individuata dalle aree di interesse. La delimitazione è stata effettuata utilizzando sia la cartografia IGM in scala 1:25.000 che il Modello Digitale del Terreno (Digital Terrain Model, DTM) messo a disposizione dalla sezione di Pisa dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia con dimensioni di cella 10 x 10 m.

I bacini idrografici, riportati nell'immagine di seguito, vedono sezioni di chiusura nei punti più prossimi all'impianto.

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN

Relazione idrologica e idraulica

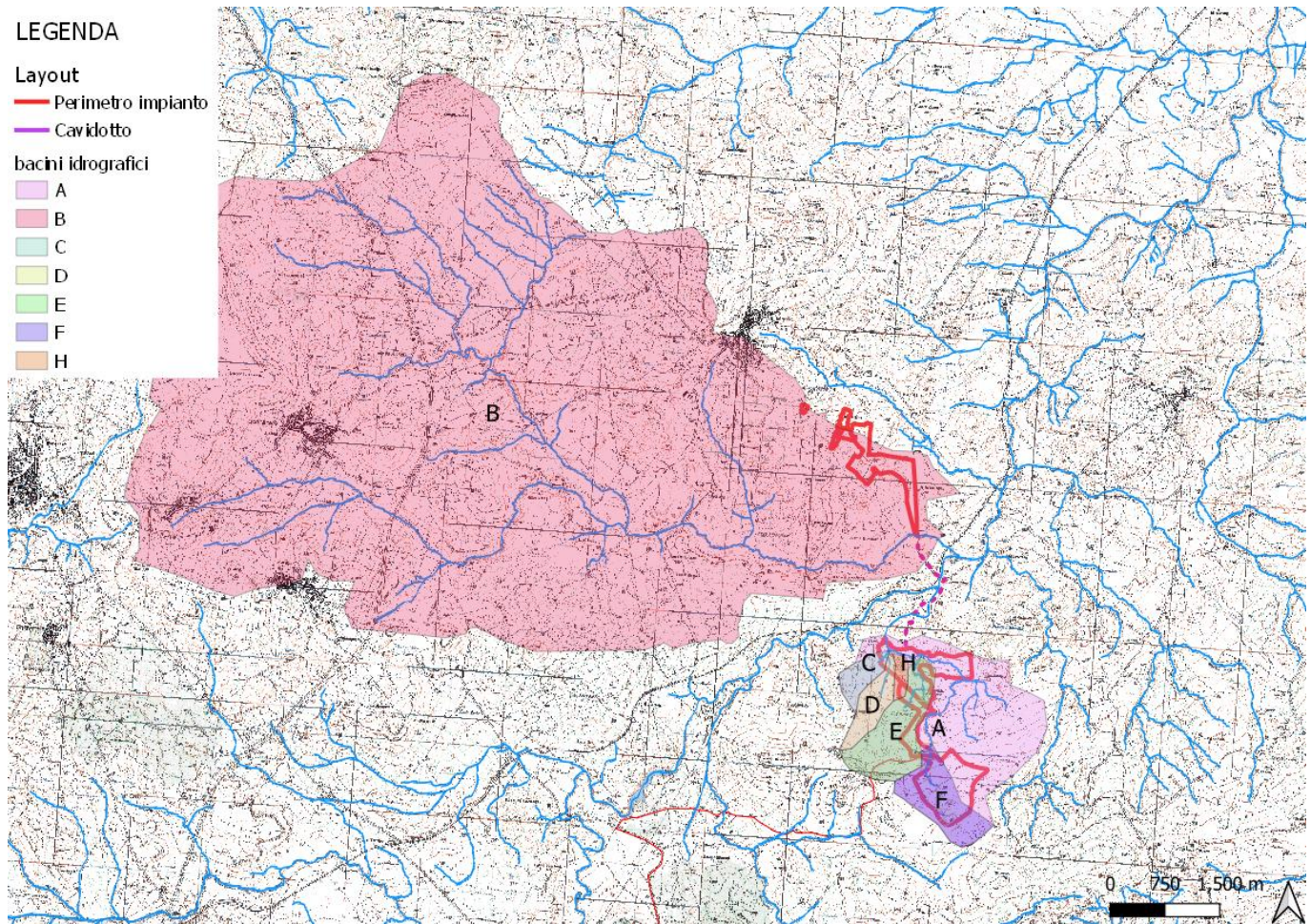


Figura 3: Bacini idrografici

Nella tabella seguente sono indicate le caratteristiche fisiografiche dei bacini ricavate dal DTM sopra citato.

Tabella 1: Caratteristiche fisiografiche

Caratteristiche fisiografiche								
Bacino idrografico	S (km ²)	Hmax (mslm)	Hmed (mslm)	Hmin (mslm)	L (km)	i (%)	y (%)	CN (-)
Bacino A	5.343	482.42	346.79	254.27	4.48	5.09	14.41	60
Bacino B	54.129	733.61	375.29	245.77	15.68	3.11	13.06	60
Bacino C	0.263	373.71	302.75	256.69	0.78	14.95	15.26	60
Bacino D	0.384	443.29	326.61	257.23	0.64	29.12	14.27	60
Bacino E	1.011	444.64	341.25	261.49	1.08	16.96	16.06	60
Bacino F	0.788	482.42	417.58	333.69	1.75	8.50	12.99	60
Bacino H	0.104	299.360	279.890	258.310	0.345	8.499	11.020	60

Nella precedente tabella sono state indicate le seguenti grandezze:

- “S” (km²): superficie del bacino;
- “Hmax” (mslm): quota massima;
- “Hmed” (mslm): quota media;

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN

Relazione idrologica e idraulica

- “Hmin” (mslm): quota minima;
- “L” (km): lunghezza dell’asta principale;
- “i” (%): pendenza dell’asta principale;
- “y” (%): pendenza media del versante;

2.2 Tempi di corrivazione

In funzione delle caratteristiche fisiografiche dei bacini individuati, sono stati riportati, nella tabella seguente, differenti valori per i tempi di corrivazione in base a diverse formulazioni.

Tabella 2: Tempi di corrivazione

Tempi di corrivazione											
Bacino idrografico	Giandotti (h)	SCS (h)	Kirpich (h)	Ventura (h)	Pezzoli (h)	Pasini (h)	Viparelli (h)	VAPI (h)	media 1 (h)	media 2 (h)	tc (h)
Bacino A	2.1	2.1	0.7	1.3	1.1	1.4	0.8	4.0	1.7	1.5	1.5
Bacino B	5.8	5.9	2.1	5.3	4.9	5.8	0.3	8.1	4.8	4.4	4.4
Bacino C	0.6	0.5	0.1	0.2	0.1	0.2	3.0	1.4	0.8	0.8	0.8
Bacino D	0.5	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1	1.7	1.3	0.5	0.6	0.6
Bacino E	0.8	0.6	0.1	0.3	0.1	0.3	1.1	1.9	0.7	0.6	0.6
Bacino F	0.8	1.0	0.3	0.4	0.3	0.4	2.2	2.3	1.0	1.0	1.0
Bacino H	0.5	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	3.3	1.3	0.7	0.8	0.8

Alla luce delle caratteristiche dimensionali dei bacini idrografici individuati, il tempo di corrivazione scelto per il calcolo delle portate è quello relativo al metodo SCS, adottato per i bacini con superficie inferiore ai 60 km².

2.3 Portate al colmo di piena

Ai fini del calcolo delle portate al colmo di piena è stato utilizzato il metodo VAPI Sardegna così come consigliato dalla Relazione di Piano del PAI (redatto dall'Autorità di Bacino regionale della Sardegna).

Nella figura seguente è mostrata una corografia della Sardegna con l'individuazione delle zone pluviometriche omogenee del metodo VAPI. Il sito di interesse, in particolare, è situato nella "zona pluviometrica omogenea 1".

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN

Relazione idrologica e idraulica

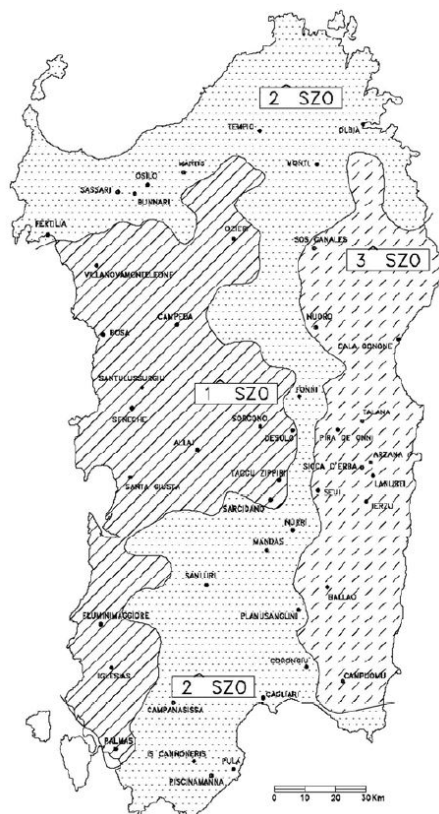


Figura 4: Corografia della Sardegna con la delimitazione delle zone pluviometriche omogenee del VAPI

Il metodo scelto prevede il calcolo della pioggia indice $\mu(t)$ di durata t tramite la seguente espressione:

$$\mu(t) = a_1 \cdot t^{n_1}$$

dove a_1 e n_1 si calcolano tramite le seguenti espressioni in funzione della pioggia indice giornaliera μ_g :

$$a_1 = \frac{\mu_g}{0.886 \cdot 24^{n_1}}$$

$$n_1 = -0.493 + 0.476 \log_{10}(\mu_g)$$

dove μ_g si stima in base alla carta delle isoiete riportata nella seguente figura.

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN

Relazione idrologica e idraulica

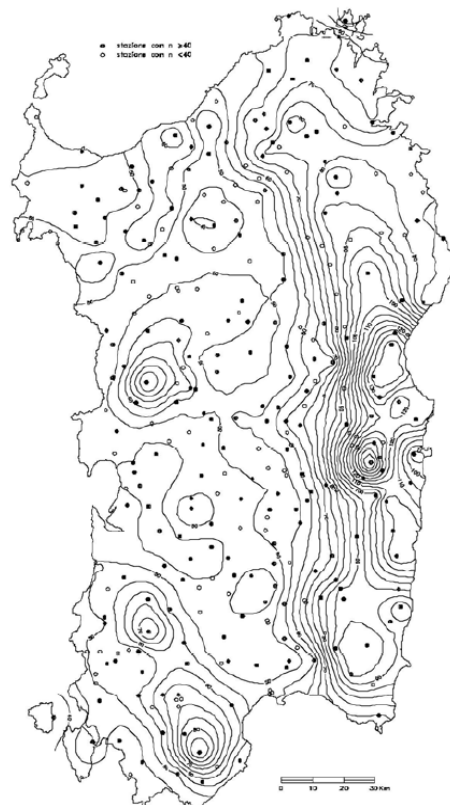


Figura 5: Carta delle isoiete per l'identificazione di μ_g

Per il sito di interesse, il valore di μ_g è pari a 50 mm.

L'altezza di pioggia $h_T(t)$ con tempo di ritorno T si ottiene moltiplicando la pioggia indice $\mu(tc)$ per il coefficiente di crescita $K_T(t)$ definito, in funzione del tempo di ritorno T , dalla seguente espressione:

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

dove i coefficienti a_2 e n_2 definiti dalle seguenti formule valide per la sottozona 1 e per un tempo di ritorno maggiore di 10 anni:

$$SZO \ 1: \quad a_2 = 0.46378 + 1.0386 \cdot \log_{10}(T)$$

$$n_2 = -0.18449 + 0.23032 \cdot \log_{10}(T) - 3.3330 \cdot 10^{-2} \cdot (\log_{10}(T))^2 \quad \text{per } t \leq 1 \text{ ora}$$

$$n_2 = -1.0563 \cdot 10^{-2} - 7.9034 \cdot 10^{-3} \cdot \log_{10}(T) \quad \text{per } t \geq 1 \text{ ora}$$

Nella seguente tabella si riportano i valori ottenuti per i parametri a_1 , n_1 , a_2 e n_2 .

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN

Relazione idrologica e idraulica

Tabella 3: Valori dei parametri a

	Tr 50	Tr 100	Tr 200	Tr 500
a1	20.69	20.69	20.69	20.69
a2'=a2''	2.228	2.541	2.854	3.267
n1	0.316	0.316	0.316	0.316
n2'	0.11	0.14	0.17	0.19
n2''	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03

Nella seguente tabella sono riportati i valori ottenuti per le altezze di pioggia, per ogni bacino considerato, per tempi di ritorno pari a 50, 100, 200 e 500 anni.

Tabella 4: Curve di possibilità pluviometrica ed altezze di precipitazione

Curve di possibilità pluviometrica ed altezze di precipitazione (VAPI pluviometria)									
Bacino idrografico	K2 (-)	K50 (-)	K100 (-)	K200 (-)	K500 (-)	h50 (mm)	h100 (mm)	h200 (mm)	h500 (mm)
Bacino A	0.9	2.3	2.6	2.9	3.4	57.0	64.9	72.8	83.1
Bacino B	0.9	2.3	2.6	2.9	3.4	77.5	88.0	98.4	112.1
Bacino C	0.9	2.3	2.6	2.9	3.4	34.3	38.2	42.2	47.4
Bacino D	0.9	2.3	2.6	2.9	3.4	32.5	36.0	39.6	44.4
Bacino E	0.9	2.3	2.6	2.9	3.4	37.9	42.5	47.2	53.4
Bacino F	0.9	2.3	2.6	2.9	3.4	46.5	53.0	59.5	68.2
Bacino H	0.9	2.3	2.6	2.9	3.4	27.8	30.5	33.2	36.9

Utilizzando il metodo razionale, infine, è possibile valutare le portate di piena da utilizzare come riferimento per l'analisi idraulica. Tale metodo calcola la portata al colmo di piena mediante la formula:

$$Q_T = \frac{S \cdot c \cdot i_T}{3.6} = \frac{S \cdot c \cdot h_T}{3.6 \cdot t}$$

dove:

- "S" (km²): superficie del bacino;
- "i" (mm/h): intensità di precipitazione;
- "c" (-): coefficiente di deflusso che, considerate le caratteristiche dei bacini in esame, è stato posto pari a 0.6.

Nella tabella seguente sono presenti i valori delle portate al colmo di piena per i tempi di ritorno considerati.

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN

Relazione idrologica e idraulica

Tabella 5: Portate al colmo di piena

Portate al colmo di piena (VAPI pluviometria)				
Bacino idrografico	Q50 (m³/s)	Q100 (m³/s)	Q200 (m³/s)	Q500 (m³/s)
Bacino A	24.5	27.9	31.3	35.7
Bacino B	117.8	133.8	149.6	170.3
Bacino C	3.0	3.4	3.7	4.2
Bacino D	4.7	5.3	5.8	6.5
Bacino E	10.1	11.4	12.6	14.3
Bacino F	5.9	6.8	7.6	8.7
Bacino H	1.6	1.7	1.9	2.1

Le portate di riferimento per l'analisi idraulica sono quelle riportate nella tabella precedente. Nella tabella seguente sono riportati i relativi coefficienti udometrici.

Tabella 6: Coefficienti udometrici

Coefficienti udometrici				
Bacino idrografico	u50 (m³/s·km²)	u100 (m³/s·km²)	u200 (m³/s·km²)	u500 (m³/s·km²)
Bacino A	4.6	5.2	5.8	6.7
Bacino B	2.2	2.5	2.8	3.1
Bacino C	11.4	12.8	14.1	15.8
Bacino D	12.3	13.7	15.0	16.9
Bacino E	10.0	11.3	12.5	14.1
Bacino F	7.5	8.6	9.6	11.0
Bacino H	7.5	8.6	9.6	11.0

3 Analisi idraulica dello stato di fatto

Nella presente analisi idraulica sono illustrate le condizioni di deflusso del corso d'acqua che lambisce l'area di interesse.

L'analisi è stata effettuata mediante l'utilizzo del modello idrodinamico monodimensionale HEC-RAS dello *US Army Corps of Engineers*. Per ragioni cautelative le portate, immesse come condizioni al contorno di monte all'interno del modello, sono state considerate costanti nel tempo e le simulazioni sono state condotte in condizioni di moto permanente.

I tempi di ritorno utilizzati, pari a 50, 100, 200 e 500 anni, corrispondono ai tempi di ritorno di riferimento per la delimitazione delle aree a Moderata Pericolosità, Media Pericolosità, Elevata Pericolosità e Molto Elevata Pericolosità, così come definite dal PAI.

All'interno del modello di calcolo sono state inserite le seguenti informazioni:

- geometria dei corsi d'acqua;
- portate di piena;
- condizioni al contorno;
- coefficienti di scabrezza.

3.1 Geometria del modello idrodinamico

Per gli scopi della presente analisi è stato utilizzato il DTM della Regione Sardegna.

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN

Relazione idrologica e idraulica

Tabella 7: Stato di fatto - Sezioni

Stato di fatto - Sezioni					
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Parz. (m)	Fondo (mslm)	Pendenza (m/m)
A1	-1	0.00	89.50	269.67	0.0101
A2	-2	89.50	143.30	268.77	0.0119
A3	-3	232.80	161.80	267.05	0.0091
A4	-4	394.60	135.40	265.58	0.0109
A5	-5	530.00	109.90	264.11	0.0091
A6	-6	639.90	98.80	263.11	0.0115
A7	-7	738.70	123.30	261.97	0.0093
A8	-8	862.00	82.80	260.82	0.0160
A9	-9	944.80	103.70	259.49	0.0090
A10	-10	1,048.50	110.70	258.56	0.0066
A11	-11	1,159.20	54.22	257.84	0.0053
A12	-12	1,213.42	84.90	257.55	0.0168
A13	-13	1,298.32	60.00	256.12	0.0028
A14	-14	1,358.32	52.00	255.95	0.0196
A15	-15	1,410.32	38.00	254.93	0.0098
A16	-16	1,448.32	0.00	254.56	0.0104
B1	-1	0.00	229.80	248.10	0.0031
B2	-2	229.80	211.30	247.39	0.0029
B3	-3	441.10	178.82	246.78	0.0033
B4	-4	619.92	205.00	246.18	0.0024
B5	-5	824.92	0.00	245.69	0.0029
C1	-1	0.00	66.60	266.40	0.090
C2	-2	66.60	71.16	260.42	0.040
C3	-3	137.76	73.43	257.58	0.009
C4	-4	211.19	0.00	256.95	0.045
D1	-1	0.00	65.40	273.20	0.064
D2	-2	65.40	70.00	269.02	0.044
D3	-3	135.40	65.89	265.94	0.061
D4	-4	201.29	0.00	261.94	0.056
E1	-1	0.00	148.61	299.82	0.036
E2	-2	148.61	132.90	294.48	0.057
E3	-3	281.51	210.60	286.88	0.047
E4	-4	492.11	224.32	276.96	0.032
E5	-5	716.43	140.00	269.85	0.023
E6	-6	856.43	73.00	266.70	0.044
E7	-7	929.43	0.00	263.51	0.039
G1	-1	0.00	68.00	289.27	0.050
G2	-2	68.00	0.00	285.89	0.050
F1	-1	0.00	110.80	454.10	0.097
F2	-2	110.80	97.85	443.31	0.154
F3	-3	208.65	136.00	428.25	0.067
F4	-4	344.65	150.00	419.12	0.084
F5	-5	494.65	207.90	406.46	0.077
F6	-6	702.55	186.30	390.52	0.118
F7	-7	888.85	169.60	368.50	0.085
F8	-8	1,058.45	115.30	354.07	0.063
F9	-9	1,173.75	100.60	346.83	0.078
F10	-10	1,274.35	124.50	338.98	0.051
F11	-11	1,398.85	0.00	332.69	0.087
H1	-1	0.00	86.00	276.23	0.038
H2	-2	86.00	95.00	272.95	0.061
H3	-3	181.00	71.00	267.15	0.083
H4	-4	252.00	0.00	261.23	0.060

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN

Relazione idrologica e idraulica

Nelle figure seguenti sono presenti le planimetrie dell'area in esame con l'indicazione delle tracce delle sezioni trasversali utilizzate.

Le sezioni trasversali sono state riportate nella tabella precedente con l'indicazione del nome della sezione inserito nel modello ("station") delle distanze parziali e progressive, delle quote di fondo e delle pendenze.

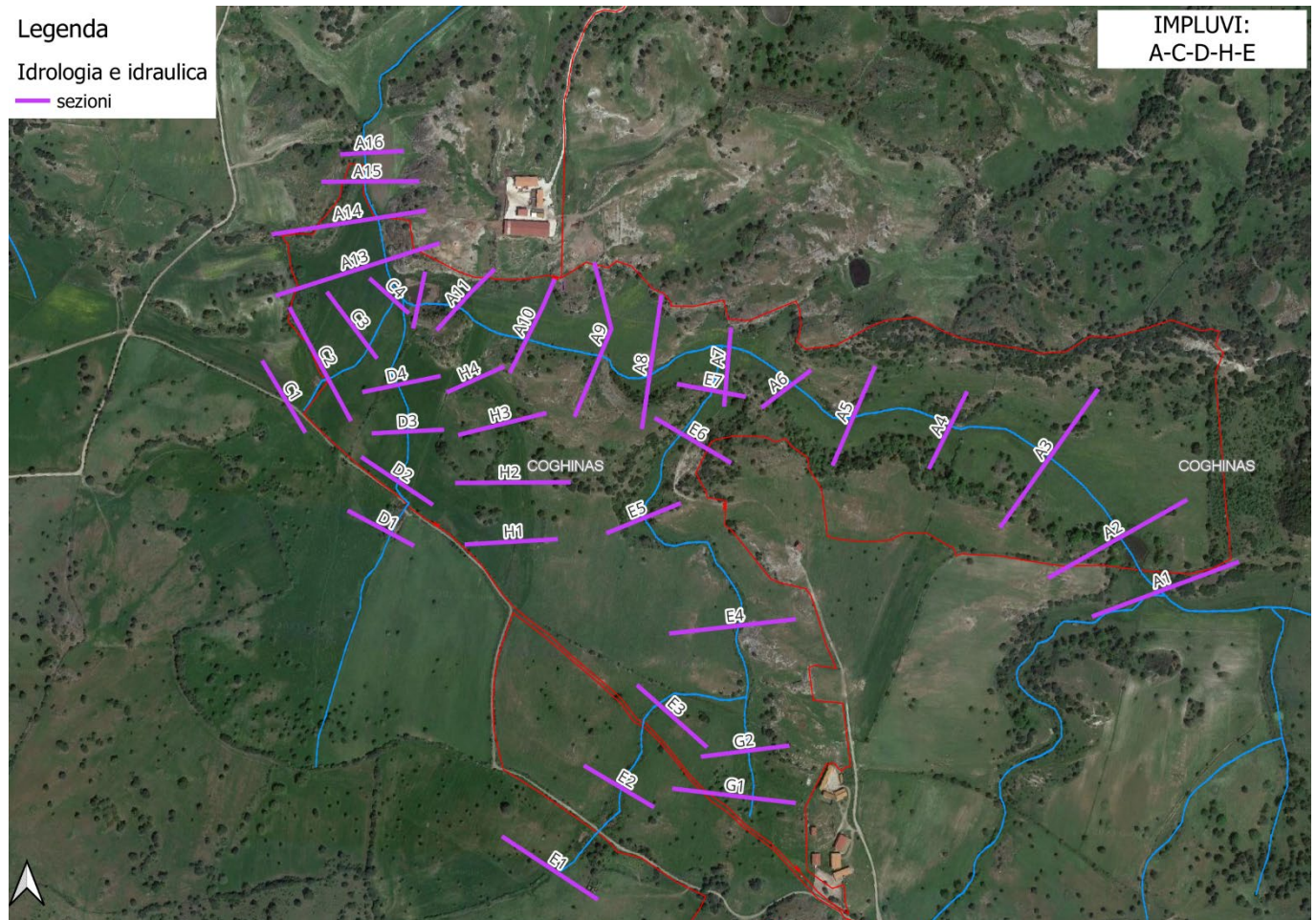


Figura 6: Planimetria dei corsi d'acqua A-C-D-H ed E analizzati con le relative sezioni trasversali

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN

Relazione idrologica e idraulica

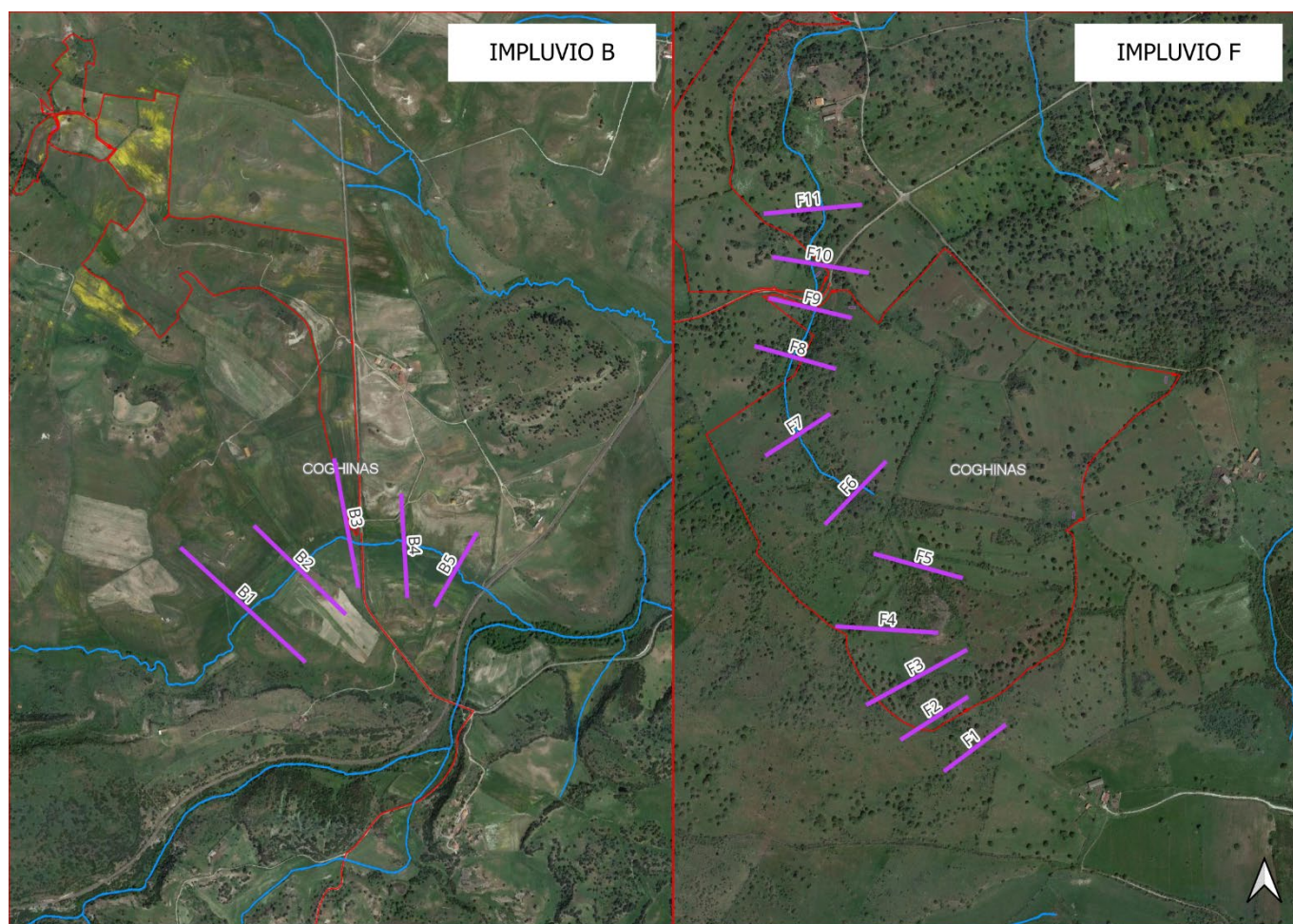


Figura 7: Planimetria dei corsi d'acqua B ed F analizzati con le relative sezioni trasversali

3.2 Portata di piena

Come portate al colmo di piena sono state considerate quelle ricavate nella precedente analisi idrologica (cfr. la precedente Tabella 5).

Come precisato in precedenza, le portate sono state considerate, per ragioni cautelative, costanti nel tempo e le simulazioni sono state condotte in condizioni di moto permanente.

3.3 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno, necessarie per l'esecuzione di simulazioni idrodinamiche con il modello, sono le seguenti:

- condizione al contorno di monte: scala di deflusso in moto uniforme della corrente con una pendenza pari a quella media del ramo rilevato;
- condizione al contorno di valle: scala di deflusso in moto uniforme della corrente con una pendenza pari a quella media del ramo rilevato.

3.4 Parametri di scabrezza

Come parametro di scabrezza è stato utilizzato un coefficiente di Gauckler-Strickler pari a $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (corrispondente ad un coefficiente secondo Manning pari a $0.050 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$).

Tale coefficiente è stato determinato in base a quanto stabilito nelle tabelle parametriche riportate all'interno del "Manuale dell'Ingegnere" (83ª edizione, Nuovo Colombo, Hoepli, 2001) in corrispondenza di "piccoli corsi di pianura, puliti, diritti e senza ristagni d'acqua".

3.5 Risultati delle simulazioni della configurazione pre-intervento

Come già anticipato in precedenza, le simulazioni sono state effettuate utilizzando il modello di calcolo HEC-RAS dello *US Army Corps of Engineers*. Tali simulazioni sono state effettuate, per ragioni cautelative, in regime di moto permanente della corrente.

Si è anche verificato come tali condizioni risultino molto cautelative dato che, in caso di simulazioni non stazionarie, i livelli di pelo libero riscontrabili siano nettamente inferiori a causa del fenomeno della laminazione dei colmi di piena.

Nelle figure seguenti, in particolare, sono mostrati il profilo longitudinale e le planimetrie delle aree allagabili del tratto di impluvio analizzato, mentre nella tabella seguente sono presenti tutti i valori numerici ottenuti dal modello nella configurazione pre-intervento.

Per la delimitazione delle aree allagabili per gli eventi con i tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni, in particolare, è stato utilizzato il DTM dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia con dimensioni di cella 10 x 10 m.

La metodologia seguita, ripetuta per ciascun evento di piena, è la seguente:

- in base ai risultati forniti dal modello idrodinamico monodimensionale sono stati assegnati i valori dei livelli di pelo libero a ciascuna sezione trasversale;
- è stato realizzato un TIN ("*triangulated irregular network*", rete irregolare di triangoli) in grado di rappresentare la superficie del pelo libero;
- il TIN precedente è stato convertito in GRID delle stesse dimensioni del DTM;
- è stata effettuata una sottrazione, cella per cella, tra il GRID della superficie del pelo libero e il DTM in modo da ottenere il GRID delle altezze d'acqua.

Nelle tabelle successive sono riportati i risultati delle simulazioni effettuate.

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN

Relazione idrologica e idraulica

Tabella 8: Stato di fatto T=50 anni

Stato di fatto - T = 50 anni											
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Fondo (mslm)	Portata (m³/s)	Livello di pelo lib. (mslm)	Altezza d'acqua (m)	Largh. di pelo lib. (m)	Velocità media (m/s)	Area della sezione (m²)	Tensione di parete (N/m²)	Numero di Froude (-)
A1	-1	0.00	269.67	24.5	270.57	0.90	31.62	1.15	21.23	37.35	0.45
A2	-2	89.50	268.77	24.5	269.51	0.74	33.80	1.79	13.68	106.38	0.90
A3	-3	232.80	267.05	24.5	268.16	1.11	40.33	1.02	24.06	30.22	0.42
A4	-4	394.60	265.58	24.5	266.25	0.67	26.28	2.10	11.65	142.34	1.01
A5	-5	530.00	264.11	24.5	265.11	1.00	54.32	0.70	34.93	13.98	0.28
A6	-6	639.90	263.11	24.5	264.23	1.12	18.59	2.35	10.43	164.41	1.00
A7	-7	738.70	261.97	24.5	263.23	1.26	34.80	1.07	22.99	32.01	0.42
A8	-8	862.00	260.82	24.5	261.77	0.95	22.80	2.19	11.17	149.91	1.00
A9	-9	944.80	259.49	24.5	260.10	0.61	84.47	0.65	37.93	13.36	0.31
A10	-10	1,048.50	258.56	24.5	259.79	1.23	40.52	0.85	28.94	19.67	0.32
A11	-11	1,159.20	257.84	24.5	259.31	1.47	23.07	1.30	18.88	44.31	0.46
A12	-12	1,213.42	257.55	24.5	258.52	0.97	20.53	2.27	10.78	157.06	1.00
A13	-13	1,298.32	256.12	24.5	257.38	1.26	43.47	0.79	31.20	16.90	0.30
A14	-14	1,358.32	255.95	24.5	256.78	0.83	21.86	2.23	10.97	154.14	1.01
A15	-15	1,410.32	254.93	24.5	255.90	0.97	26.51	1.34	18.32	49.71	0.51
A16	-16	1,448.32	254.56	24.5	255.54	0.98	24.91	1.52	16.11	65.65	0.60
B1	-1	0.00	248.10	118.5	249.89	1.79	119.59	1.02	115.89	25.91	0.33
B2	-2	229.80	247.39	118.5	248.92	1.53	105.65	1.39	85.40	50.68	0.49
B3	-3	441.10	246.78	118.5	248.51	1.73	217.31	0.61	192.81	9.64	0.21
B4	-4	619.92	246.18	118.5	248.25	2.07	164.08	0.79	150.27	15.70	0.26
B5	-5	824.92	245.69	118.5	247.76	2.07	95.36	1.14	103.93	30.98	0.35
C1	-1	0.00	266.40	3.3	266.60	0.20	17.71	1.50	2.21	109.91	1.35
C2	-2	66.60	260.42	3.3	260.74	0.32	20.89	1.38	2.39	96.58	1.31
C3	-3	137.76	257.58	3.3	257.93	0.35	45.06	0.37	8.88	5.82	0.27
C4	-4	211.19	256.95	3.3	257.29	0.34	14.85	1.30	2.53	75.15	1.01
D1	-1	0.00	273.20	5.3	273.67	0.47	11.64	1.93	2.75	147.72	1.27
D2	-2	65.40	269.02	5.3	269.46	0.44	12.71	1.87	2.83	141.57	1.26
D3	-3	135.40	265.94	5.3	266.61	0.67	8.64	1.84	2.88	119.83	1.02
D4	-4	201.29	261.94	5.3	262.28	0.34	13.77	2.27	2.34	227.44	1.76
E1	-1	0.00	299.82	10.8	300.32	0.50	19.07	1.74	6.22	107.47	0.97
E2	-2	148.61	294.48	10.8	294.78	0.30	35.56	1.45	7.46	86.61	1.01
E3	-3	281.51	286.88	10.8	287.22	0.34	22.63	2.09	5.17	175.07	1.40
E4	-4	492.11	276.96	10.8	277.65	0.69	16.83	1.86	5.80	121.39	1.01
E5	-5	716.43	269.85	10.8	270.47	0.62	22.34	1.22	8.88	49.42	0.62
E6	-6	856.43	266.70	10.8	267.59	0.89	11.56	2.10	5.14	142.53	1.01
E7	-7	929.43	263.51	10.8	264.00	0.49	16.54	2.36	4.58	208.90	1.43
G1	-1	0.00	289.27	10.8	289.74	0.47	22.86	1.82	5.93	127.33	1.14
G2	-2	68.00	285.89	10.8	286.42	0.53	16.11	2.04	5.29	148.18	1.14
F1	-1	0.00	454.10	5.9	454.37	0.27	21.74	1.78	3.32	145.16	1.45
F2	-2	110.80	443.31	5.9	443.83	0.52	9.34	2.44	2.42	228.88	1.53
F3	-3	208.65	428.25	5.9	428.67	0.42	7.33	3.82	1.54	603.02	2.66
F4	-4	344.65	419.12	5.9	419.46	0.34	18.55	1.47	4.02	88.13	1.01
F5	-5	494.65	406.46	5.9	406.74	0.28	15.80	2.65	2.22	332.19	2.26
F6	-6	702.55	390.52	5.9	390.81	0.29	19.02	1.46	4.05	87.34	1.01
F7	-7	888.85	368.50	5.9	368.76	0.26	9.41	4.75	1.24	1089.48	4.18
F8	-8	1,058.45	354.07	5.9	354.79	0.72	8.64	1.90	3.10	125.34	1.01
F9	-9	1,173.75	346.83	5.9	347.33	0.50	8.24	2.87	2.05	322.65	1.84
F10	-10	1,274.35	338.98	5.9	339.46	0.48	12.52	1.85	3.19	132.36	1.17
F11	-11	1,398.85	332.69	5.9	333.28	0.59	10.60	1.89	3.12	132.57	1.12
H1	-1	0.00	276.23	1.8	276.59	0.36	8.77	1.14	1.58	56.32	0.86
H2	-2	86.00	272.95	1.8	273.27	0.32	9.00	1.26	1.42	72.48	1.01
H3	-3	181.00	267.15	1.8	267.48	0.33	6.51	1.69	1.07	128.00	1.33
H4	-4	252.00	261.23	1.8	261.56	0.33	6.25	1.75	1.03	138.13	1.38

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN

Relazione idrologica e idraulica

Tabella 9: Stato di fatto T=100 anni

Stato di fatto - T = 100 anni											
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Fondo (mslm)	Portata (m³/s)	Livello di pelo lib. (mslm)	Altezza d'acqua (m)	Largh. di pelo lib. (m)	Velocità media (m/s)	Area della sezione (m²)	Tensione di parete (N/m²)	Numero di Froude (-)
A1	-1	0.00	269.67	28.0	270.63	0.96	32.33	1.22	22.98	40.86	0.46
A2	-2	89.50	268.77	28.0	269.56	0.79	35.18	1.84	15.25	109.27	0.43
A3	-3	232.80	267.05	28.0	268.21	1.16	42.20	1.06	26.48	32.05	0.63
A4	-4	394.60	265.58	28.0	266.30	0.72	27.37	2.17	12.90	148.43	0.47
A5	-5	530.00	264.11	28.0	265.18	1.07	55.75	0.73	38.51	14.66	0.69
A6	-6	639.90	263.11	28.0	264.29	1.18	19.61	2.41	11.61	170.16	0.59
A7	-7	738.70	261.97	28.0	263.30	1.33	36.43	1.11	25.30	33.95	0.69
A8	-8	862.00	260.82	28.0	261.83	1.01	23.82	2.26	12.38	156.07	0.52
A9	-9	944.80	259.49	28.0	260.16	0.67	86.17	0.65	42.82	13.24	0.50
A10	-10	1,048.50	258.56	28.0	259.86	1.30	41.45	0.88	32.00	20.49	0.77
A11	-11	1,159.20	257.84	28.0	259.38	1.54	23.88	1.36	20.61	47.70	0.85
A12	-12	1,213.42	257.55	28.0	258.57	1.02	21.36	2.36	11.87	166.09	0.55
A13	-13	1,298.32	256.12	28.0	257.45	1.33	46.19	0.81	34.47	17.85	0.74
A14	-14	1,358.32	255.95	28.0	256.83	0.88	22.73	2.31	12.12	161.65	0.53
A15	-15	1,410.32	254.93	28.0	255.97	1.04	27.14	1.40	20.06	52.92	0.73
A16	-16	1,448.32	254.56	28.0	255.61	1.05	25.95	1.58	17.75	69.38	0.68
B1	-1	0.00	248.10	135.1	249.98	1.88	122.73	1.07	126.44	27.72	1.03
B2	-2	229.80	247.39	135.1	249.00	1.61	110.47	1.44	93.86	53.63	0.85
B3	-3	441.10	246.78	135.1	248.60	1.82	223.90	0.63	212.95	10.03	0.95
B4	-4	619.92	246.18	135.1	248.35	2.17	168.36	0.81	167.01	16.09	0.99
B5	-5	824.92	245.69	135.1	247.87	2.18	100.64	1.18	114.87	32.46	1.14
C1	-1	0.00	266.40	3.8	266.61	0.21	18.13	1.57	2.42	117.90	0.13
C2	-2	66.60	260.42	3.8	260.76	0.34	26.80	1.32	2.87	90.68	0.11
C3	-3	137.76	257.58	3.8	257.95	0.37	47.16	0.39	9.85	6.16	0.21
C4	-4	211.19	256.95	3.8	257.31	0.36	15.71	1.34	2.83	78.09	0.18
D1	-1	0.00	273.20	6.0	273.70	0.50	12.19	1.99	3.02	154.77	0.25
D2	-2	65.40	269.02	6.0	269.49	0.47	13.32	1.93	3.11	148.39	0.23
D3	-3	135.40	265.94	6.0	266.64	0.70	9.09	1.88	3.19	123.37	0.35
D4	-4	201.29	261.94	6.0	262.29	0.35	14.31	2.38	2.53	246.68	0.18
E1	-1	0.00	299.82	12.3	300.35	0.53	19.41	1.85	6.64	120.37	0.34
E2	-2	148.61	294.48	12.3	294.80	0.32	36.46	1.50	8.21	90.54	0.22
E3	-3	281.51	286.88	12.3	287.24	0.36	23.29	2.19	5.61	189.84	0.24
E4	-4	492.11	276.96	12.3	277.69	0.73	17.71	1.91	6.43	126.10	0.36
E5	-5	716.43	269.85	12.3	270.50	0.65	22.97	1.27	9.69	52.76	0.42
E6	-6	856.43	266.70	12.3	267.64	0.94	12.20	2.15	5.72	146.36	0.46
E7	-7	929.43	263.51	12.3	264.02	0.51	16.85	2.50	4.93	230.28	0.29
G1	-1	0.00	289.27	12.3	289.77	0.50	23.79	1.89	6.52	134.31	0.27
G2	-2	68.00	285.89	12.3	286.45	0.56	16.51	2.12	5.79	157.05	0.35
F1	-1	0.00	454.10	6.8	454.39	0.29	22.46	1.86	3.66	155.04	0.16
F2	-2	110.80	443.31	6.8	443.85	0.54	9.86	2.52	2.70	240.53	0.27
F3	-3	208.65	428.25	6.8	428.69	0.44	7.73	3.96	1.72	636.94	0.22
F4	-4	344.65	419.12	6.8	419.49	0.37	19.29	1.52	4.46	92.72	0.23
F5	-5	494.65	406.46	6.8	406.75	0.29	16.56	2.78	2.44	359.75	0.15
F6	-6	702.55	390.52	6.8	390.83	0.31	19.55	1.51	4.50	91.49	0.23
F7	-7	888.85	368.50	6.8	368.77	0.27	9.74	5.11	1.33	1245.42	0.14
F8	-8	1,058.45	354.07	6.8	354.83	0.76	9.15	1.96	3.48	129.97	0.37
F9	-9	1,173.75	346.83	6.8	347.35	0.52	8.64	3.02	2.25	349.86	0.26
F10	-10	1,274.35	338.98	6.8	339.49	0.51	12.75	1.93	3.52	140.79	0.27
F11	-11	1,398.85	332.69	6.8	333.31	0.62	11.14	1.97	3.45	141.58	0.31
H1	-1	0.00	276.23	2.1	276.61	0.38	9.26	1.19	1.76	60.66	0.19
H2	-2	86.00	272.95	2.1	273.29	0.34	9.58	1.30	1.61	75.48	0.17
H3	-3	181.00	267.15	2.1	267.50	0.35	6.87	1.77	1.19	138.36	0.17
H4	-4	252.00	261.23	2.1	261.58	0.35	6.65	1.81	1.16	143.47	0.17

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN

Relazione idrologica e idraulica

Tabella 10: Stato di fatto T=200 anni

Stato di fatto - T = 200 anni											
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Fondo (mslm)	Portata (m³/s)	Livello di pelo lib. (mslm)	Altezza d'acqua (m)	Largh. di pelo lib. (m)	Velocità media (m/s)	Area della sezione (m²)	Tensione di parete (N/m²)	Numero di Froude (-)
A1	-1	0.00	269.67	31.4	270.68	1.01	32.96	1.28	24.59	44.15	0.47
A2	-2	89.50	268.77	31.4	269.60	0.83	36.45	1.88	16.74	111.81	0.88
A3	-3	232.80	267.05	31.4	268.27	1.22	43.88	1.09	28.75	33.70	0.43
A4	-4	394.60	265.58	31.4	266.34	0.76	28.37	2.23	14.10	153.68	1.01
A5	-5	530.00	264.11	31.4	265.24	1.13	57.02	0.75	41.77	15.37	0.28
A6	-6	639.90	263.11	31.4	264.35	1.24	20.53	2.47	12.72	175.52	1.00
A7	-7	738.70	261.97	31.4	263.36	1.39	37.97	1.14	27.50	35.62	0.43
A8	-8	862.00	260.82	31.4	261.87	1.05	24.74	2.32	13.54	161.48	1.00
A9	-9	944.80	259.49	31.4	260.22	0.73	87.76	0.66	47.49	13.15	0.29
A10	-10	1,048.50	258.56	31.4	259.93	1.37	42.31	0.90	34.85	21.25	0.32
A11	-11	1,159.20	257.84	31.4	259.45	1.61	24.59	1.41	22.20	50.96	0.48
A12	-12	1,213.42	257.55	31.4	258.62	1.07	22.16	2.42	12.96	172.46	1.01
A13	-13	1,298.32	256.12	31.4	257.52	1.40	48.85	0.84	37.56	18.71	0.30
A14	-14	1,358.32	255.95	31.4	256.88	0.93	23.56	2.37	13.27	166.51	1.01
A15	-15	1,410.32	254.93	31.4	256.03	1.10	27.72	1.45	21.66	56.02	0.52
A16	-16	1,448.32	254.56	31.4	255.67	1.11	26.79	1.63	19.26	72.90	0.61
B1	-1	0.00	248.10	151.7	250.06	1.96	125.65	1.11	136.48	29.47	0.34
B2	-2	229.80	247.39	151.7	249.08	1.69	115.08	1.48	102.32	56.05	0.50
B3	-3	441.10	246.78	151.7	248.69	1.91	230.54	0.65	232.71	10.39	0.21
B4	-4	619.92	246.18	151.7	248.45	2.27	172.47	0.83	182.99	16.52	0.26
B5	-5	824.92	245.69	151.7	247.97	2.28	105.48	1.21	125.49	33.82	0.35
C1	-1	0.00	266.40	4.2	266.62	0.22	18.45	1.62	2.59	123.92	1.38
C2	-2	66.60	260.42	4.2	260.77	0.35	28.57	1.34	3.12	92.77	1.30
C3	-3	137.76	257.58	4.2	257.97	0.39	48.79	0.40	10.62	6.38	0.27
C4	-4	211.19	256.95	4.2	257.32	0.37	16.34	1.37	3.06	80.46	1.01
D1	-1	0.00	273.20	6.8	273.72	0.52	12.78	2.05	3.31	162.22	1.29
D2	-2	65.40	269.02	6.8	269.51	0.49	13.96	1.99	3.41	155.61	1.29
D3	-3	135.40	265.94	6.8	266.68	0.74	9.55	1.93	3.53	127.63	1.01
D4	-4	201.29	261.94	6.8	262.31	0.37	14.90	2.48	2.74	266.04	1.85
E1	-1	0.00	299.82	13.8	300.37	0.55	19.84	1.92	7.18	127.28	1.02
E2	-2	148.61	294.48	13.8	294.82	0.34	37.32	1.54	8.93	94.20	1.01
E3	-3	281.51	286.88	13.8	287.25	0.37	23.90	2.29	6.03	203.65	1.46
E4	-4	492.11	276.96	13.8	277.72	0.76	18.56	1.96	7.06	129.61	1.01
E5	-5	716.43	269.85	13.8	270.54	0.69	23.57	1.32	10.48	55.74	0.63
E6	-6	856.43	266.70	13.8	267.68	0.98	12.78	2.20	6.28	150.56	1.00
E7	-7	929.43	263.51	13.8	264.04	0.53	17.15	2.62	5.27	249.25	1.51
G1	-1	0.00	289.27	13.8	289.79	0.52	24.59	1.95	7.08	141.25	1.16
G2	-2	68.00	285.89	13.8	286.48	0.59	16.90	2.20	6.28	165.08	1.15
F1	-1	0.00	454.10	7.6	454.40	0.30	23.06	1.92	3.95	163.08	1.48
F2	-2	110.80	443.31	7.6	443.88	0.57	10.29	2.59	2.93	250.30	1.55
F3	-3	208.65	428.25	7.6	428.71	0.46	8.06	4.07	1.87	663.70	2.70
F4	-4	344.65	419.12	7.6	419.51	0.39	19.94	1.56	4.87	95.43	1.01
F5	-5	494.65	406.46	7.6	406.76	0.30	17.08	2.92	2.60	392.81	2.39
F6	-6	702.55	390.52	7.6	390.85	0.33	19.99	1.56	4.88	95.21	1.01
F7	-7	888.85	368.50	7.6	368.78	0.28	10.05	5.37	1.42	1359.45	4.57
F8	-8	1,058.45	354.07	7.6	354.87	0.80	9.57	2.00	3.81	133.62	1.01
F9	-9	1,173.75	346.83	7.6	347.37	0.54	8.96	3.13	2.43	373.14	1.92
F10	-10	1,274.35	338.98	7.6	339.51	0.53	12.94	2.00	3.80	147.63	1.18
F11	-11	1,398.85	332.69	7.6	333.33	0.64	11.59	2.04	3.73	149.17	1.15
H1	-1	0.00	276.23	2.4	276.63	0.40	9.70	1.24	1.94	64.52	0.89
H2	-2	86.00	272.95	2.4	273.31	0.36	10.10	1.34	1.79	78.28	1.01
H3	-3	181.00	267.15	2.4	267.51	0.36	7.20	1.84	1.30	147.70	1.38
H4	-4	252.00	261.23	2.4	261.60	0.37	7.02	1.86	1.29	148.63	1.38

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN

Relazione idrologica e idraulica

Tabella 11: Stato di fatto T=500 anni

Stato di fatto - T = 500 anni											
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Fondo (mslm)	Portata (m³/s)	Livello di pelo lib. (mslm)	Altezza d'acqua (m)	Largh. di pelo lib. (m)	Velocità media (m/s)	Area della sezione (m²)	Tensione di parete (N/m²)	Numero di Froude (-)
A1	-1	0.00	269.67	36.0	270.74	1.07	33.75	1.35	26.63	48.55	0.49
A2	-2	89.50	268.77	36.0	269.65	0.88	37.88	1.93	18.69	115.18	0.88
A3	-3	232.80	267.05	36.0	268.33	1.28	45.99	1.13	31.72	35.77	0.44
A4	-4	394.60	265.58	36.0	266.39	0.81	29.63	2.30	15.67	160.21	1.01
A5	-5	530.00	264.11	36.0	265.31	1.20	58.70	0.78	46.18	16.15	0.28
A6	-6	639.90	263.11	36.0	264.41	1.30	21.67	2.54	14.18	182.54	1.00
A7	-7	738.70	261.97	36.0	263.43	1.46	39.88	1.19	30.36	37.79	0.43
A8	-8	862.00	260.82	36.0	261.93	1.11	25.91	2.39	15.06	168.02	1.00
A9	-9	944.80	259.49	36.0	260.29	0.80	89.20	0.67	53.71	13.05	0.28
A10	-10	1,048.50	258.56	36.0	260.02	1.46	43.39	0.93	38.54	22.28	0.32
A11	-11	1,159.20	257.84	36.0	259.53	1.69	25.50	1.48	24.26	55.11	0.49
A12	-12	1,213.42	257.55	36.0	258.68	1.13	23.19	2.50	14.41	179.48	1.01
A13	-13	1,298.32	256.12	36.0	257.60	1.48	52.18	0.86	41.68	19.72	0.31
A14	-14	1,358.32	255.95	36.0	256.94	0.99	24.57	2.45	14.71	174.48	1.01
A15	-15	1,410.32	254.93	36.0	256.10	1.17	28.44	1.52	23.73	60.04	0.53
A16	-16	1,448.32	254.56	36.0	255.74	1.18	27.71	1.70	21.19	77.57	0.62
B1	-1	0.00	248.10	173.7	250.16	2.06	129.24	1.16	149.13	31.72	0.35
B2	-2	229.80	247.39	173.7	249.17	1.78	121.03	1.53	113.72	58.41	0.50
B3	-3	441.10	246.78	173.7	248.80	2.02	240.46	0.67	258.89	10.77	0.21
B4	-4	619.92	246.18	173.7	248.57	2.39	177.67	0.85	203.80	17.02	0.25
B5	-5	824.92	245.69	173.7	248.10	2.41	111.45	1.25	139.16	35.48	0.36
C1	-1	0.00	266.40	4.8	266.64	0.24	19.58	1.67	2.87	129.57	1.39
C2	-2	66.60	260.42	4.8	260.78	0.36	28.78	1.41	3.39	100.07	1.32
C3	-3	137.76	257.58	4.8	257.99	0.41	51.01	0.41	11.71	6.72	0.27
C4	-4	211.19	256.95	4.8	257.34	0.39	17.24	1.41	3.41	83.21	1.01
D1	-1	0.00	273.20	7.7	273.75	0.55	13.39	2.12	3.64	169.95	1.30
D2	-2	65.40	269.02	7.7	269.53	0.51	14.62	2.05	3.75	163.16	1.30
D3	-3	135.40	265.94	7.7	266.72	0.78	10.05	1.97	3.90	131.46	1.01
D4	-4	201.29	261.94	7.7	262.32	0.38	15.48	2.60	2.96	288.62	1.90
E1	-1	0.00	299.82	15.8	300.41	0.59	20.38	2.01	7.87	135.83	1.03
E2	-2	148.61	294.48	15.8	294.84	0.36	38.33	1.61	9.82	99.91	1.01
E3	-3	281.51	286.88	15.8	287.28	0.40	24.73	2.39	6.61	217.51	1.48
E4	-4	492.11	276.96	15.8	277.77	0.81	19.68	1.99	7.94	131.71	1.00
E5	-5	716.43	269.85	15.8	270.58	0.73	24.37	1.37	11.57	58.70	0.63
E6	-6	856.43	266.70	15.8	267.73	1.03	13.44	2.28	6.94	158.82	1.01
E7	-7	929.43	263.51	15.8	264.07	0.56	17.58	2.74	5.78	266.06	1.52
G1	-1	0.00	289.27	15.8	289.82	0.55	25.59	2.02	7.80	149.38	1.17
G2	-2	68.00	285.89	15.8	286.52	0.63	17.37	2.29	6.90	175.40	1.16
F1	-1	0.00	454.10	8.7	454.42	0.32	23.84	2.00	4.34	173.41	1.50
F2	-2	110.80	443.31	8.7	443.91	0.60	10.83	2.67	3.25	262.36	1.56
F3	-3	208.65	428.25	8.7	428.74	0.49	8.48	4.21	2.06	698.96	2.73
F4	-4	344.65	419.12	8.7	419.53	0.41	20.76	1.61	5.40	99.67	1.01
F5	-5	494.65	406.46	8.7	406.78	0.32	17.83	3.07	2.83	427.74	2.46
F6	-6	702.55	390.52	8.7	390.88	0.36	20.56	1.62	5.39	100.06	1.01
F7	-7	888.85	368.50	8.7	368.79	0.29	10.46	5.67	1.53	1497.97	4.73
F8	-8	1,058.45	354.07	8.7	354.91	0.84	10.10	2.06	4.23	139.03	1.01
F9	-9	1,173.75	346.83	8.7	347.40	0.57	9.39	3.27	2.66	399.12	1.96
F10	-10	1,274.35	338.98	8.7	339.54	0.56	13.19	2.09	4.17	157.29	1.19
F11	-11	1,398.85	332.69	8.7	333.36	0.67	12.18	2.12	4.11	157.93	1.16
H1	-1	0.00	276.23	2.7	276.65	0.42	10.12	1.28	2.11	68.13	0.90
H2	-2	86.00	272.95	2.7	273.32	0.37	10.59	1.37	1.97	80.85	1.02
H3	-3	181.00	267.15	2.7	267.53	0.38	7.50	1.91	1.41	156.43	1.41
H4	-4	252.00	261.23	2.7	261.62	0.39	7.35	1.90	1.42	153.50	1.38

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN

Relazione idrologica e idraulica

Nelle figure successive sono mostrate le perimetrazioni della pericolosità idraulica per il tempo di ritorno di 500 anni che, in linea con il PAI Sardegna, corrisponde alle aree a pericolosità Moderata.

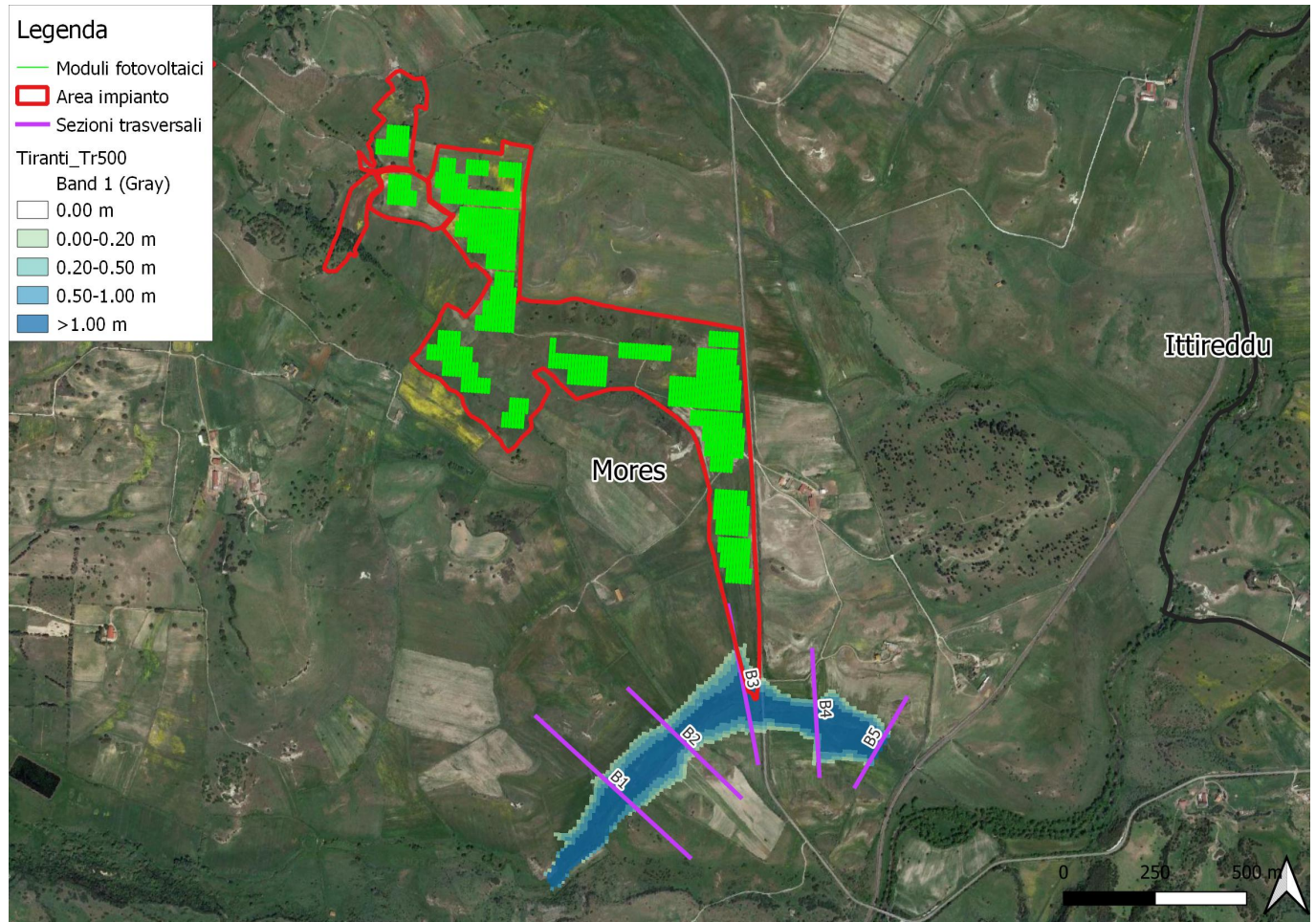


Figura 8: Planimetria delle aree allagabili nella configurazione pre-intervento T=500 anni

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN

Relazione idrologica e idraulica

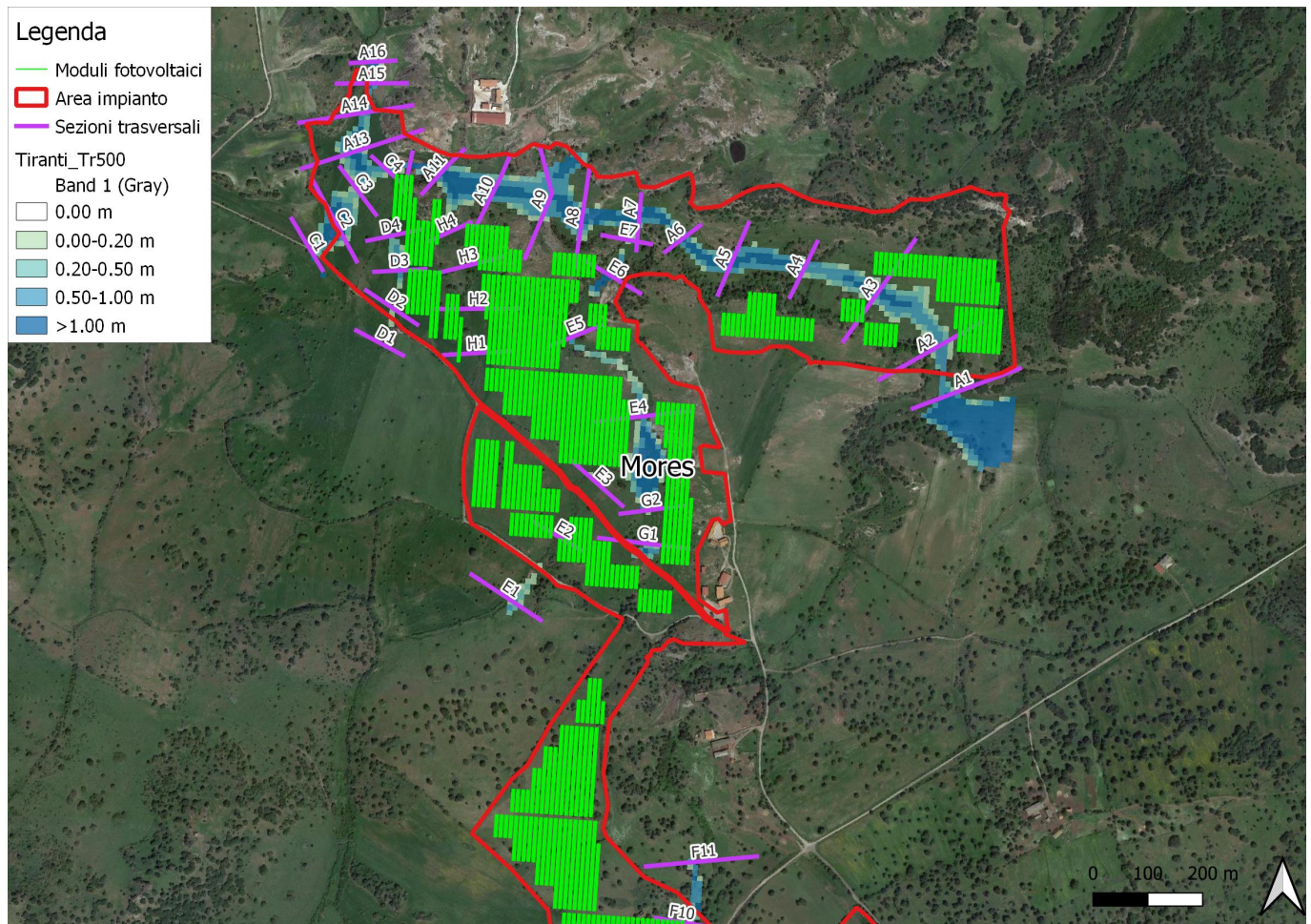


Figura 9: Planimetria delle aree allagabili nella configurazione pre-intervento T=500 anni

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN

Relazione idrologica e idraulica

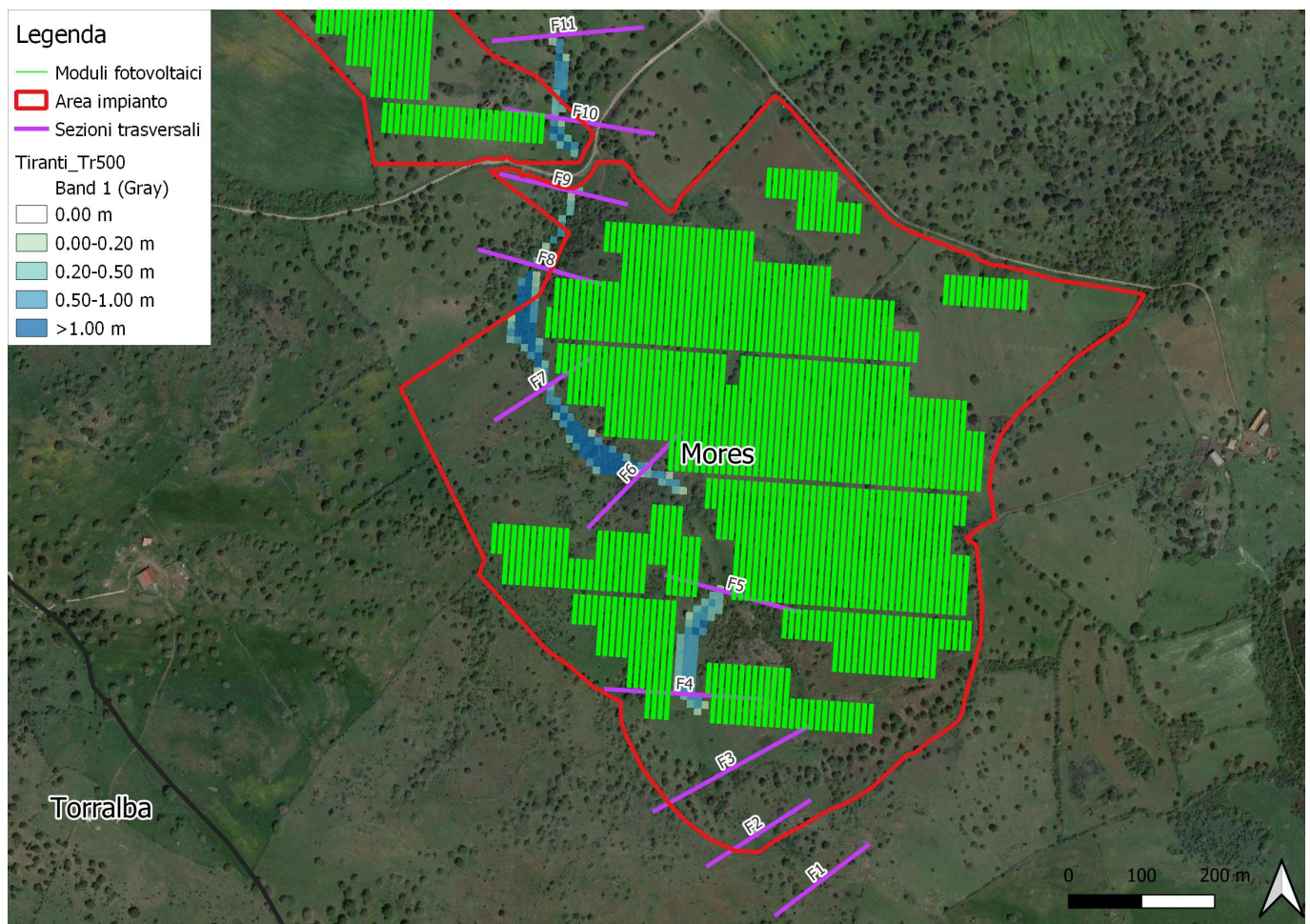


Figura 10: Planimetria delle aree allagabili nella configurazione pre-intervento T=500 anni

Nelle figure precedenti si nota come il lotto di intervento sia interessato dalle aree a pericolosità idraulica e pertanto, nelle aree perimetrate, non saranno predisposte le strutture a sostegno dei moduli fotovoltaici.

4 Interventi in progetto

Nonostante non sia strettamente necessario, si è preferito aumentare il livello di sicurezza idraulica nell'area di intervento mediante la progettazione di un canale deviatore a monte dell'impluvio F. Questo intervento, pertanto, sarà in grado di proteggere ulteriormente le aree di versante situate immediatamente a valle di esso.

Tale progettazione prevede la realizzazione di un canale in terra a sezione trapezoidale di opportune dimensioni in modo da risultare sufficiente a garantire il contenimento della portata al colmo di piena per l'evento con un tempo di ritorno di 200 anni che costituisce l'evento di riferimento per la progettazione idraulica.

Si specifica, tuttavia, che, per ragioni cautelative, è previsto il mantenimento delle funzionalità dell'impluvio F mantenendo comunque gli interventi in progetto all'esterno delle aree allagabili determinate in precedenza.

Per la realizzazione del canale deviatore in progetto si è preso in considerazione, come valore di riferimento per il franco di sicurezza, quello prescritto dalla "Guida alla progettazione di sistemi di collettamento e depurazione delle acque reflue urbane" del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) del 2001 che prevede:

- Il 50% dell'altezza utile se questa non supera i 40 cm;
- 20 cm se l'altezza utile è compresa tra i 40 e 100 cm;
- Il 20% dell'altezza utile se questa è superiore a 100 cm.

Tabella 12: Interventi in progetto

Opera	Input				
	Pendenza (-)	Scabrezza (m ² /s)	Base minore (m)	Base maggiore (m)	Altezza (m)
Sezione L1	0	33	1.20	3.20	1.00
Sezione L2	0.084	33	1.20	3.20	1.00
Sezione L3	0.078	33	1.20	3.20	1.00
Sezione L4	0.059	33	1.20	3.20	1.00
Sezione L5	0.055	33	1.20	3.20	1.00
Sezione L6	0.126	33	1.20	3.20	1.00
Sezione L7	0.175	33	1.20	3.20	1.00
Sezione L8	0.077	33	1.20	3.20	1.00
Sezione L9	0.147	33	1.20	3.20	1.00
Sezione L10	0.092	33	1.20	3.20	1.00

Come si può notare dalla tabella precedente, il canale deviatore L collocato a monte dell'impluvio F nel tratto compreso tra le sezioni L1 e L10, presenta una sezione trapezoidale con altezza utile di 1.00 m e base maggiore di 3.20 m.

5 Analisi idraulica dello stato di progetto

L'analisi idraulica della configurazione di progetto, come per quella pre-intervento, è stata effettuata mediante l'utilizzo del modello idrodinamico monodimensionale HEC-RAS dello *US Army Corps of Engineers*.

Per ragioni cautelative le portate, immesse come condizioni al contorno sono state condotte in moto permanente. Il tempo di ritorno utilizzato è pari a 200 anni dato che risulta l'evento di riferimento per la progettazione.

All'interno del modello di calcolo sono state inserite le seguenti informazioni:

- geometria dei corsi d'acqua;
- portate di piena;
- condizioni al contorno;
- coefficienti di scabrezza.

Le dimensioni delle sezioni risagomate sono state indicate nel capitolo precedente.

5.1 Geometrie del modello idrodinamico

Tabella 13: Geometrie del modello idrodinamico – stato di progetto

Stato di progetto - Sezioni					
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Parz. (m)	Fondo (mslm)	Pendenza (m/m)
L1	-1	0.00	89.50	447.89	0.0629
L2	-2	89.50	143.30	442.26	0.0483
L3	-3	232.80	161.80	435.34	0.0308
L4	-4	394.60	135.40	430.35	0.0403
L5	-5	530.00	109.90	424.90	0.0665
L6	-6	639.90	98.80	417.59	0.1864
L7	-7	738.70	123.30	399.17	0.0753
L8	-8	862.00	82.80	389.89	0.0959
L9	-9	944.80	103.70	381.95	0.1152
L10	-10	1,048.50	0.00	370.00	0.0743

Le sezioni trasversali sono state riportate nella tabella precedente con l'indicazione del nome della sezione inserito nel modello "station" delle distanze parziali e progressive, delle quote di fondo e delle pendenze.

5.2 Portate di piena

Come portate al colmo di piena sono state considerate quelle ricavate nella precedente analisi idrologica. Come precisato in precedenza, le portate sono state considerate per ragioni cautelative, costanti nel tempo e le simulazioni sono state condotte in condizioni di moto permanente.

5.3 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno, necessarie per l'esecuzione di simulazioni idrodinamiche con il modello, sono identiche alla configurazione pre-intervento:

- Condizione al contorno di monte: scala di deflusso in moto uniforme della corrente con una pendenza media pari a quella dei rami rilevati;
- Condizione al contorno di valle: scala di deflusso in moto uniforme della corrente con una pendenza pari a quella media del ramo rilevato.

5.4 Parametri di scabrezza

Come parametro di scabrezza è stato utilizzato un coefficiente di Gauckler-Strickler pari a $33 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, corrispondente ad un valore del coefficiente di Manning pari a $0.03 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$.

Tale valore è stato determinato in base a quanto stabilito nelle tabelle parametriche riportate all'interno del "Manuale dell'Ingegnere" (83a edizione, Nuovo Colombo, Hoepli, 2001) in corrispondenza di "piccoli corsi di pianura, puliti, diritti e senza ristagni d'acqua".

5.5 Risultati della simulazione nella configurazione dello stato di progetto

Come già anticipato in precedenza, le simulazioni sono state effettuate utilizzando il modello di calcolo HEC-RAS dello *US Army Corps of Engineers*. Tali simulazioni sono state effettuate, per ragioni cautelative, in regime di moto permanente della corrente.

Si è anche verificato come tali simulazioni risultino molto cautelative dato che, in caso di simulazioni non stazionarie, i livelli di pelo libero riscontrabili siano nettamente inferiori al fenomeno della laminazione dei colmi di piena. Nelle tabelle successive sono riportati i risultati delle simulazioni effettuate.

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN

Relazione idrologica e idraulica

Tabella 14: Stato di progetto T=200 anni

Stato di progetto - T = 200 anni											
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Fondo (mslm)	Portata (m³/s)	Livello di pelo lib. (mslm)	Altezza d'acqua (m)	Largh. di pelo lib. (m)	Velocità media (m/s)	Area della sezione (m²)	Tensione di parete (N/m²)	Numero di Froude (-)
L1	-1	0.00	447.89	7.6	448.77	0.88	2.25	5.04	1.51	289.70	1.97
L2	-2	89.50	442.26	7.6	443.13	0.87	2.25	5.05	1.51	290.01	1.97
L3	-3	232.80	435.34	7.6	436.11	0.77	2.12	5.95	1.28	414.55	2.45
L4	-4	394.60	430.35	7.6	431.21	0.86	2.23	5.18	1.47	307.11	2.04
L5	-5	530.00	424.90	7.6	425.83	0.93	2.30	4.73	1.61	251.63	1.81
L6	-6	639.90	417.59	7.6	418.48	0.89	2.26	5.00	1.52	283.97	1.94
L7	-7	738.70	399.17	7.6	399.77	0.60	1.91	8.24	0.92	843.70	3.79
L8	-8	862.00	389.89	7.6	390.57	0.68	2.02	6.93	1.10	577.79	3.00
L9	-9	944.80	381.95	7.6	382.87	0.92	2.30	4.74	1.60	252.74	1.81
L10	-10	1,048.50	370.00	7.6	370.73	0.73	1.38	9.60	0.79	1170.46	4.05

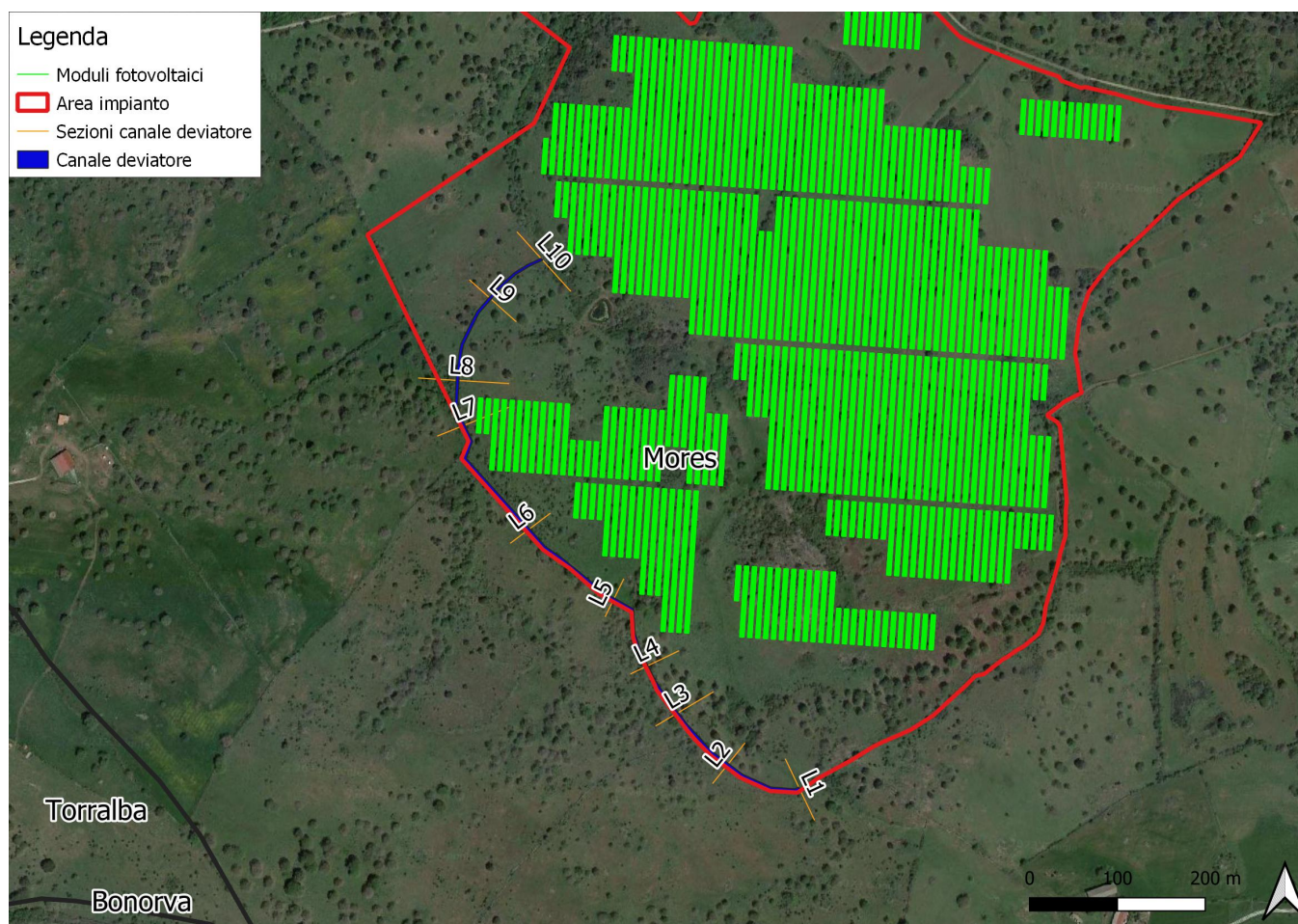


Figura 11: Planimetria post intervento

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN

Relazione idrologica e idraulica



Figura 12: Ingrandimento planimetria post-intervento

Dalla figura precedente si può notare che, nell'intervento in progetto, l'area allagabile risulta contenuta all'interno del canale. Si sottolinea, inoltre, che l'opera progettata risulta in grado di garantire la sicurezza idraulica in quanto è stata dimensionata in funzione dell'evento meteorico con tempo di ritorno di 200 anni e tenendo conto dei franchi di sicurezza minimi indicati dalla normativa.

6 Conclusioni

La presente relazione accompagna il progetto di realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN.

I lotti di interesse sono situati nell'area a sud-est del comune e dista oltre 3 km dal centro del Comune di Mores.

Per le finalità della presente analisi, sono stati considerati diversi impluvi del reticolo idrografico che attraversano e lambiscono l'impianto. Tali impluvi afferiscono al bacino idrografico del fiume Coghinias, come definito dall'Autorità di Bacino regionale della Sardegna.

La presente, pertanto, è stata redatta ai sensi delle Norme di Attuazione del PAI (allegato 2 alla Delib. G.R. n. 2/8 del 20.1.2022) al fine di delimitare l'estensione delle aree allagabili, con particolare riferimento all'art. 21 in merito agli indirizzi per la progettazione, realizzazione e identificazione delle misure di manutenzione delle nuove infrastrutture.

Le analisi idrologiche sono state condotte mediante l'utilizzo del metodo VAPI Sardegna (come previsto all'interno del citato PAI) al fine di stabilire le portate al colmo di piena per eventi con tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni, mentre le analisi idrauliche sono state effettuate grazie all'utilizzo del modello idrodinamico monodimensionale HEC-RAS dello *US Army Corps of Engineers*.

Al fine di ridurre il rischio idraulico risulta necessaria la realizzazione di un canale deviatore in terra a sezione trapezoidale di opportune dimensioni in modo da risultare sufficiente a garantire il contenimento della portata al colmo di piena per l'evento con un tempo di ritorno di 200 anni che costituisce l'evento di riferimento per la progettazione idraulica.

Nonostante non sia strettamente necessario, si è preferito aumentare il livello di sicurezza idraulica nell'area di intervento mediante la progettazione di un canale deviatore a monte dell'impluvio F. Questo intervento, pertanto, sarà in grado di proteggere ulteriormente le aree di versante situate immediatamente a valle di esso.

Per tali scopi, pertanto, è stata effettuata una nuova analisi idraulica nella configurazione di "stato di progetto" tenendo conto di un franco di sicurezza corrispondente a quello prescritto dalla "Guida alla progettazione dei sistemi di collettamento e depurazione delle acque reflue urbane" del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) del 2001 che prevede:

- Il 50% dell'altezza utile se questa non supera i 40 cm;
- 20 cm se l'altezza utile è compresa tra i 40 e i 100 cm;
- Il 20% dell'altezza utile se questa è superiore a 100 cm.

Come mostrato in precedenza, le opere in progetto risultano in grado di garantire la sicurezza idraulica in quanto sono state dimensionate in funzione dell'evento meteorico con tempo di ritorno di 200 anni e garantendo il rispetto di tali franchi di sicurezza minimi.

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN

Relazione idrologica e idraulica

Allegato: Sezioni trasversali di progetto

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN

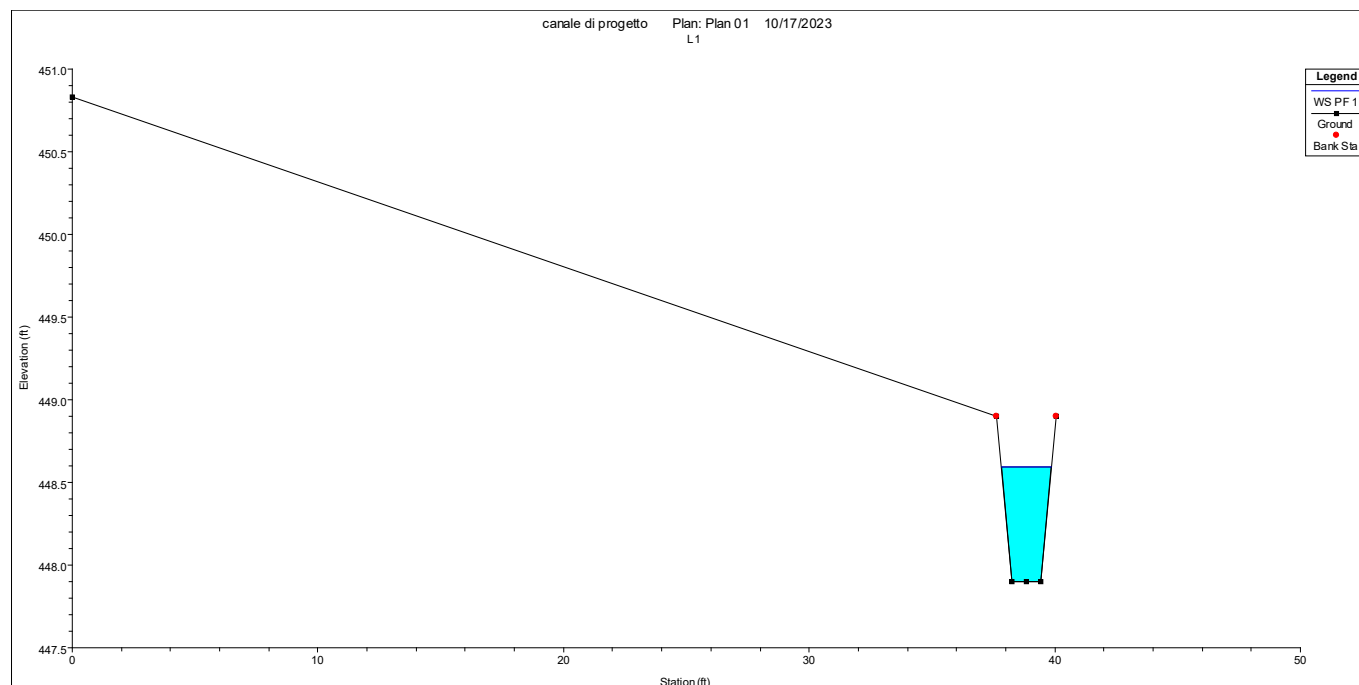
Relazione idrologica e idraulica

Nel presente allegato sono mostrate le sezioni trasversali in progetto utilizzate nelle simulazioni idrauliche con l'indicazione dei livelli idrici di piena in occasione degli eventi con tempi di ritorno di 200 anni.

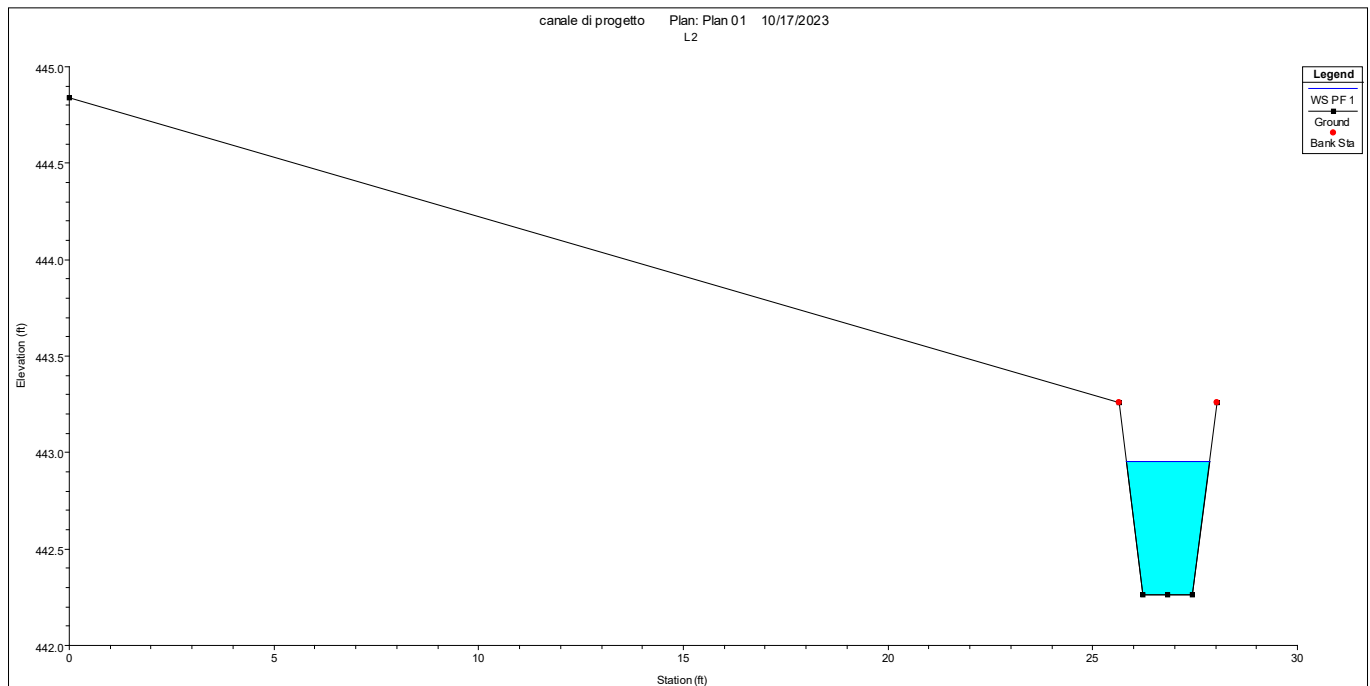
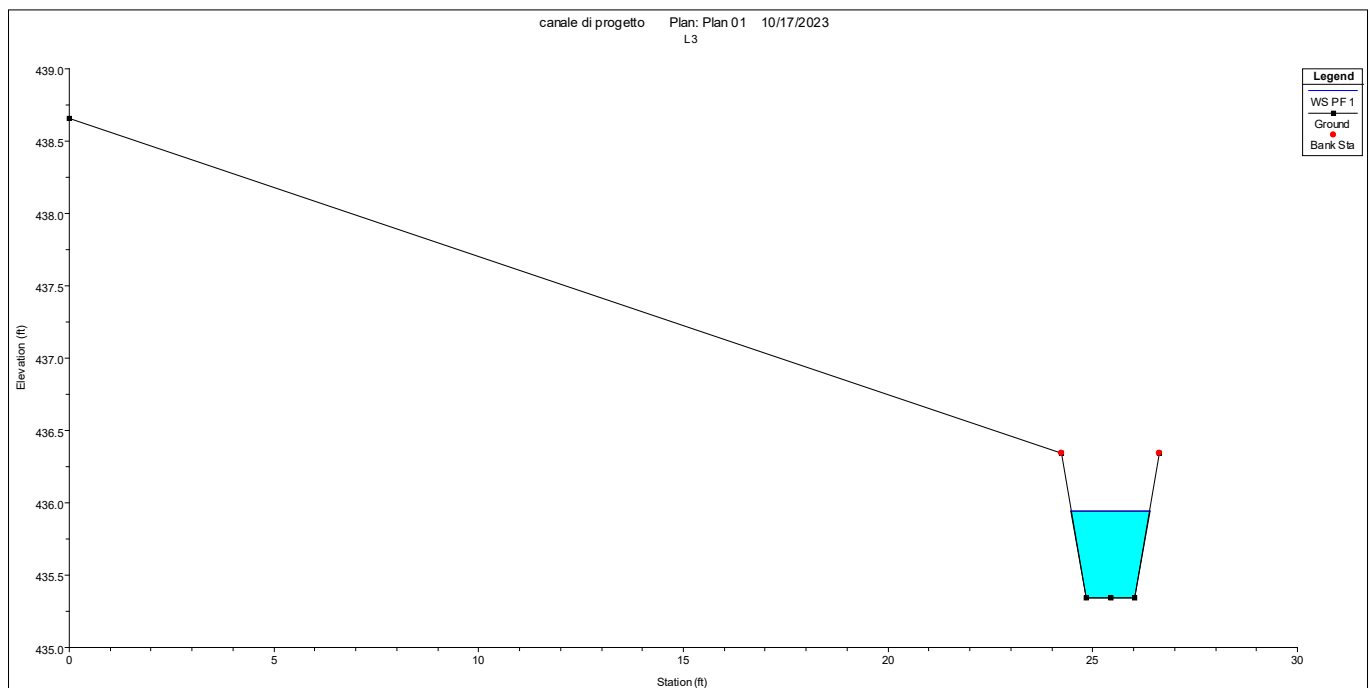
Nella tabella seguente è mostrato l'elenco delle sezioni trasversali utilizzate nella configurazione post intervento.

Tabella 15: Configurazione post intervento

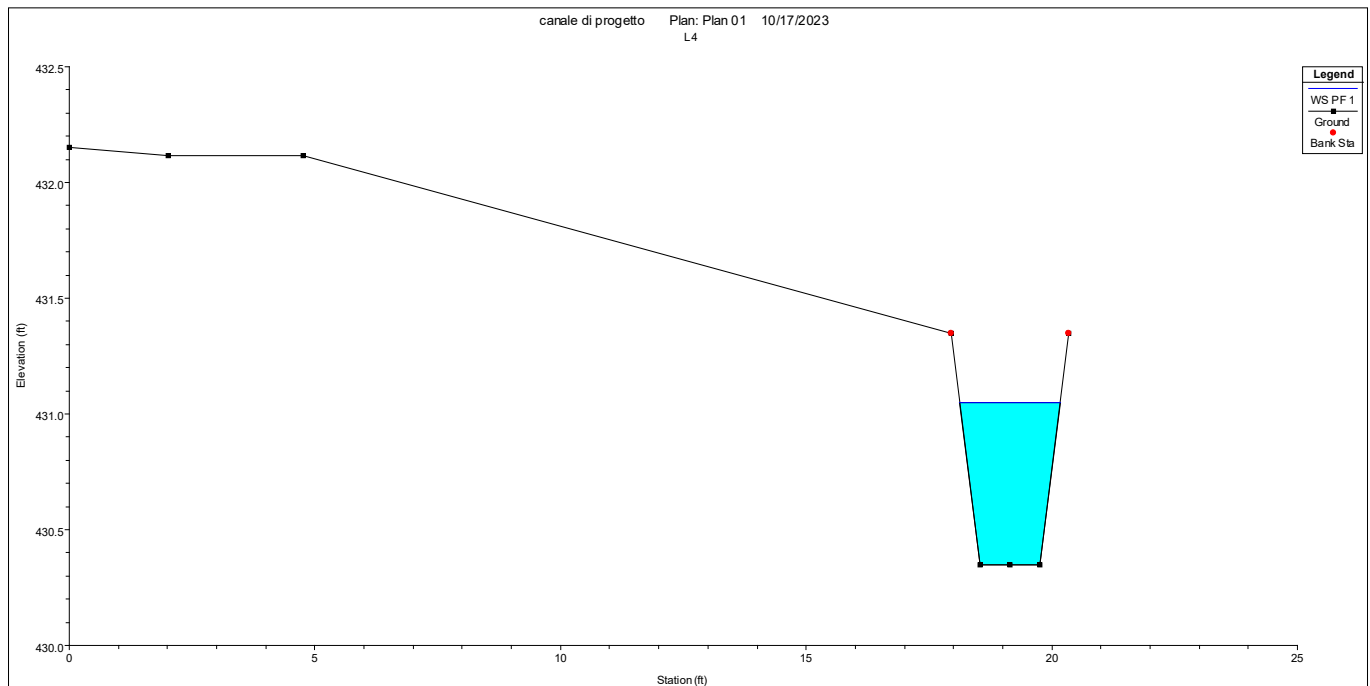
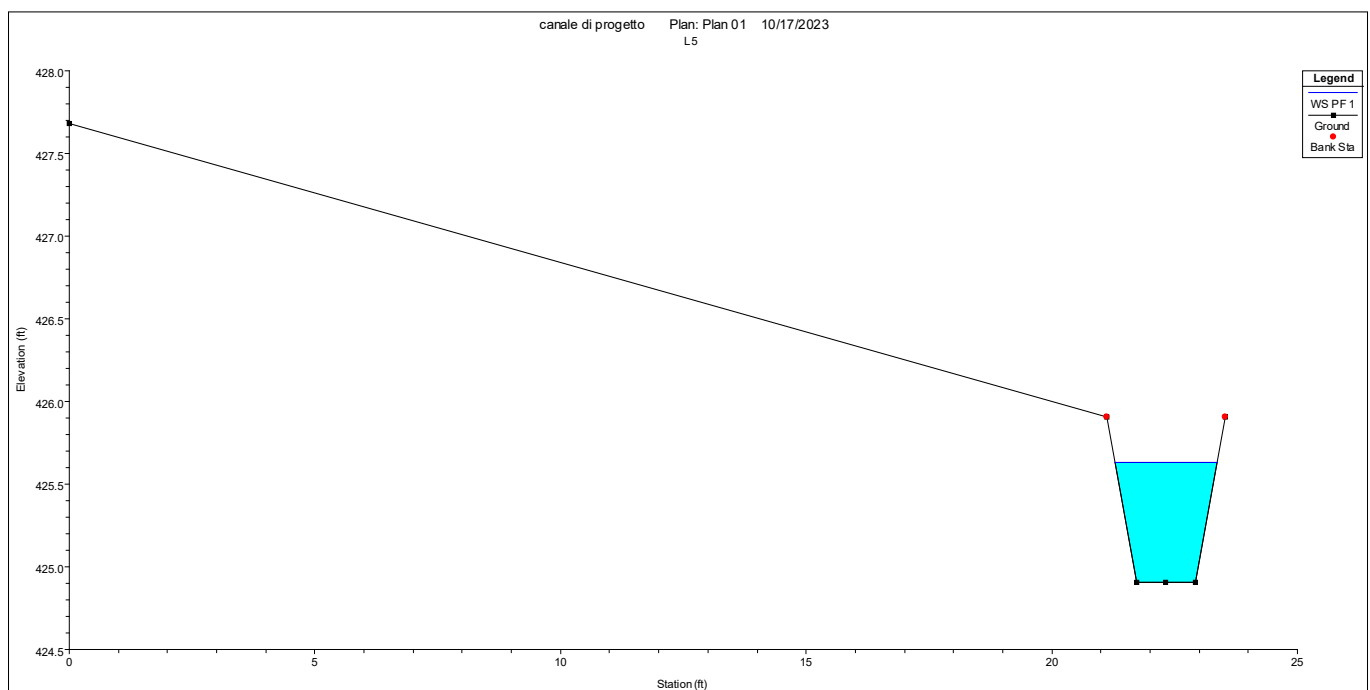
Stato di progetto - Sezioni					
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Parz. (m)	Fondo (mslm)	Pendenza (m/m)
L1	-1	0.00	89.50	447.89	0.0629
L2	-2	89.50	143.30	442.26	0.0483
L3	-3	232.80	161.80	435.34	0.0308
L4	-4	394.60	135.40	430.35	0.0403
L5	-5	530.00	109.90	424.90	0.0665
L6	-6	639.90	98.80	417.59	0.1864
L7	-7	738.70	123.30	399.17	0.0753
L8	-8	862.00	82.80	389.89	0.0959
L9	-9	944.80	103.70	381.95	0.1152
L10	-10	1,048.50	0.00	370.00	0.0743

**Figura 13: Sezione L1**

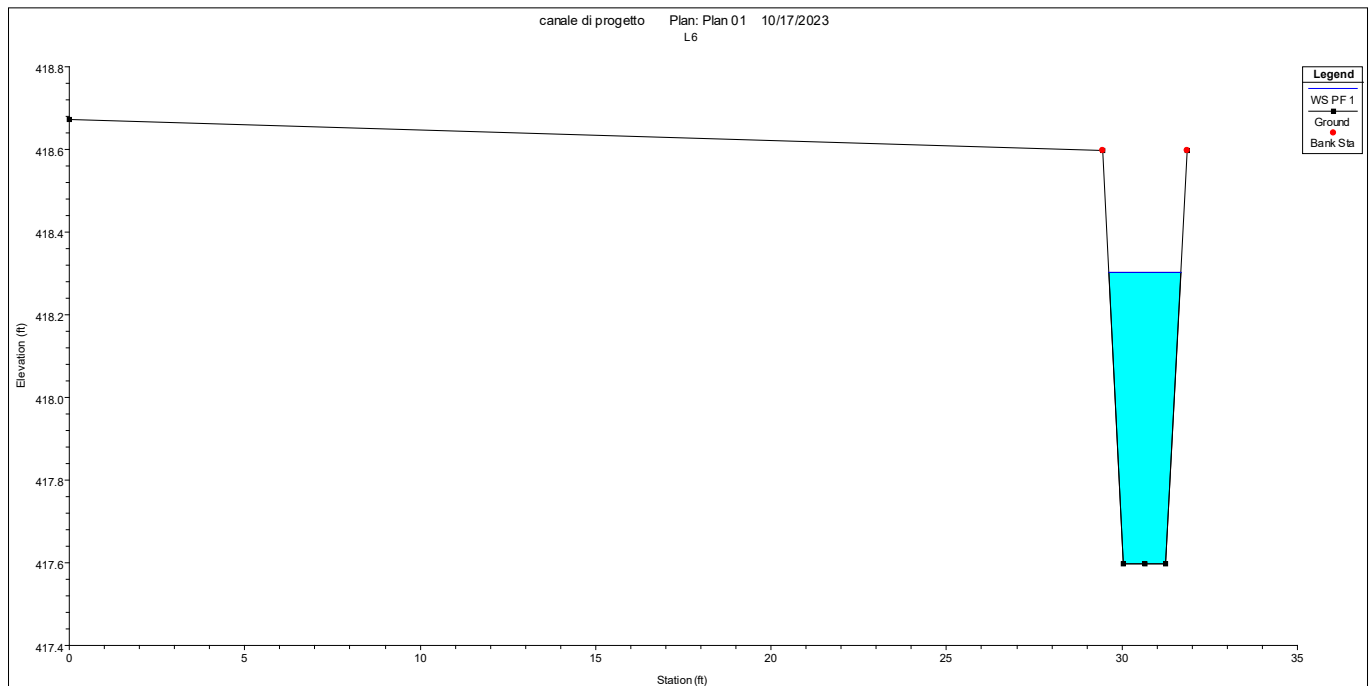
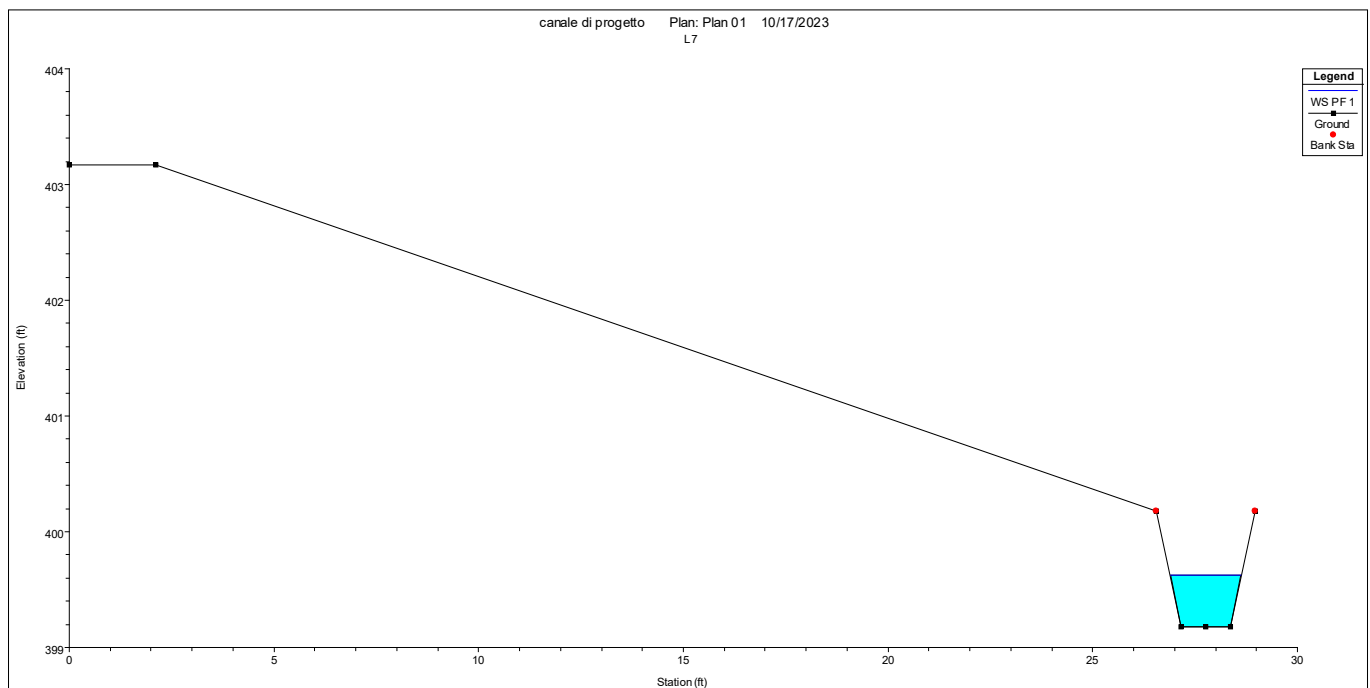
Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN

Relazione idrologica e idraulica**Figura 14: Sezione L2****Figura 15: Sezione L3**

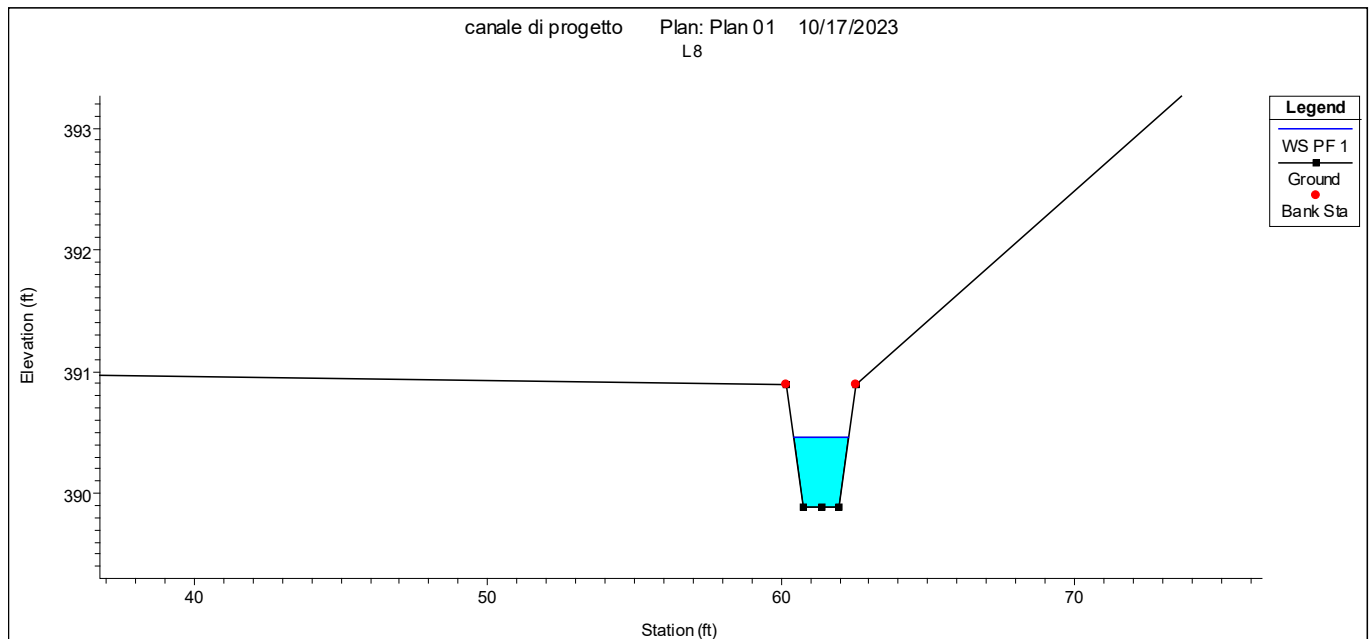
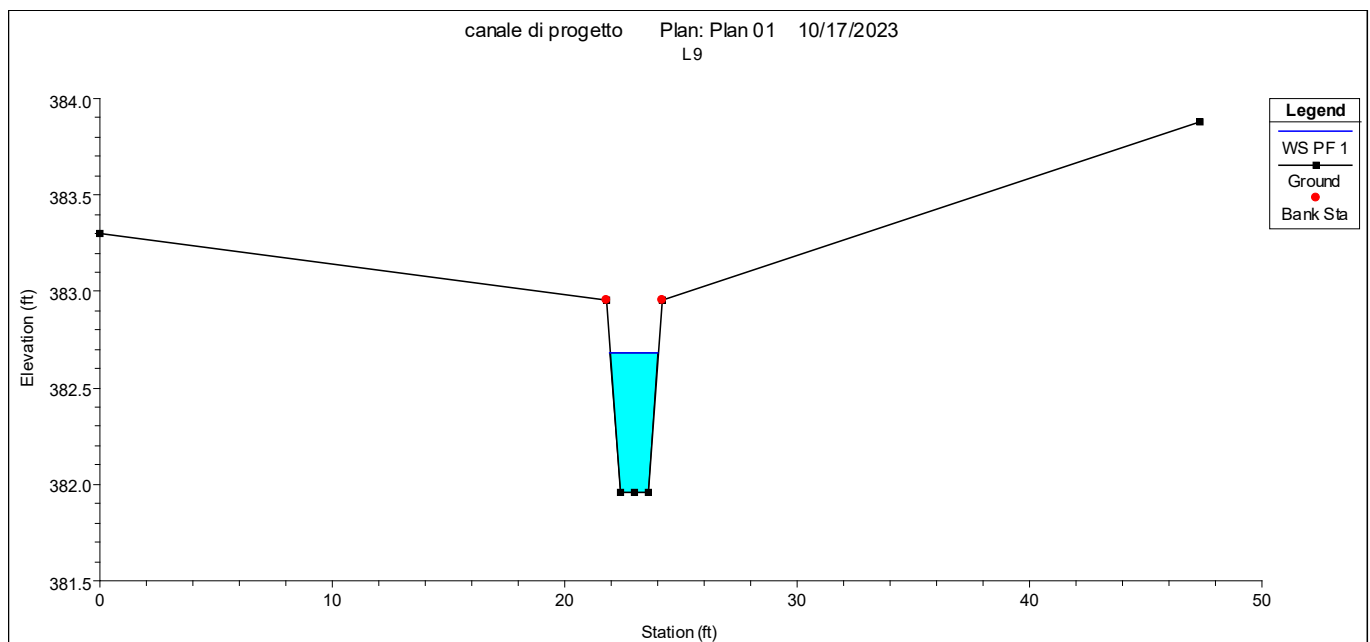
Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN

Relazione idrologica e idraulica**Figura 16: Sezione L4****Figura 17: Sezione L5**

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN

Relazione idrologica e idraulica**Figura 18: Sezione L6****Figura 19: Sezione L7**

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN

Relazione idrologica e idraulica**Figura 20: Sezione L8****Figura 21: Sezione L9**

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN

Relazione idrologica e idraulica

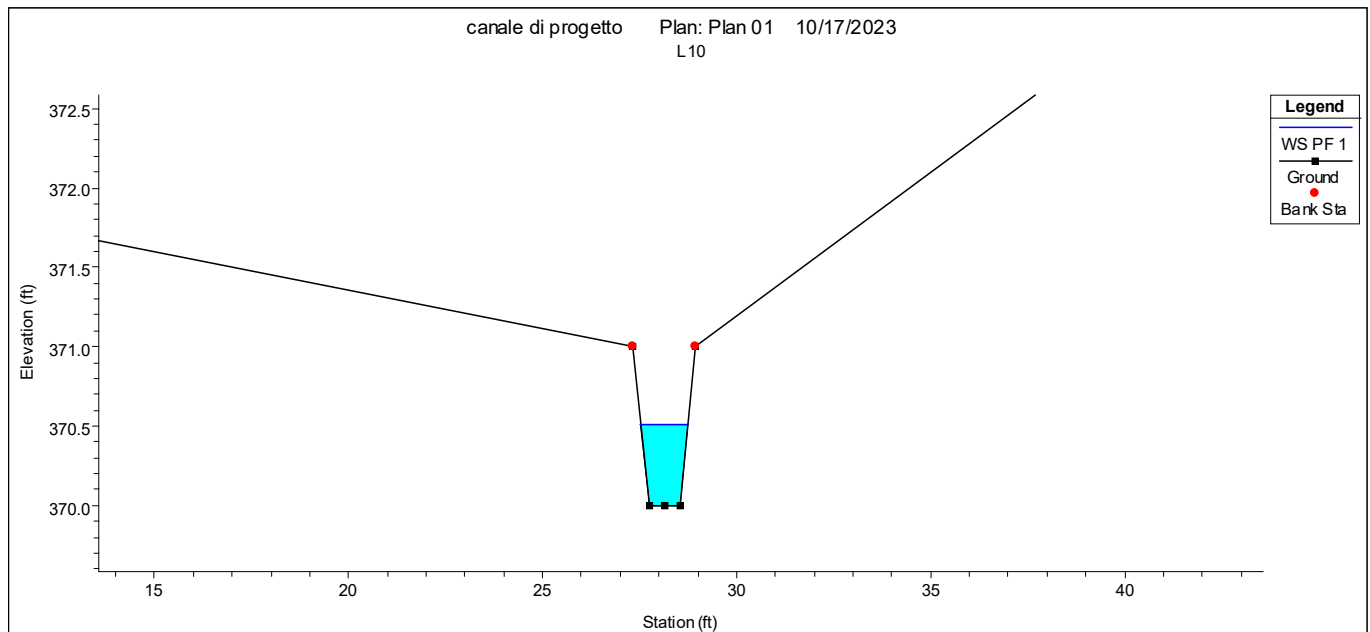


Figura 22: Sezione L10