



REGIONE
BASILICATA



COMUNE DI
BERNALDA



PROVINCIA DI
MATERA

PROGETTO DEFINITIVO

Lavori di realizzazione di un parco agro-fotovoltaico denominato "Bernalda 1" con potenza in immissione pari a 14.1 MW integrato con un sistema di accumulo e relative opere di connessione

Titolo elaborato

A.3. Relazione idrologica e idraulica

Codice elaborato

F0538BR03A

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. Mauro MARELLA)



Gruppo di lavoro

Ing. Giorgio ZUCCARO
Ing. Mauro MARELLA
Dott. for. Luigi ZUCCARO
Ing. Cristina GUGLIELMI
Ing. Manuela NARDOZZA
Ing. Giuseppina D'AGROSA GRIECO
Dr. agr. Maria Rosaria MONTANARELLA
Vito PIERRI



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

APOLLO Solar 1 srl

Viale della Stazione 7, 39100 Bolzano (BZ)

Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
Aprile 2023	Prima emissione	MNA	GZU	MMA

Relazione idrologica e idraulica

Sommario

1	Premessa	4
2	Analisi idrologica dello stato di fatto	6
2.1	Bacini idrografici	6
2.2	Portate al colmo di piena in base al metodo VAPI applicato all'idrometria	7
2.2.1	Piena indice	8
2.2.2	Portate al colmo di piena	8
3	Analisi idraulica dello stato di fatto	10
3.1	Geometria del modello idrodinamico	11
3.2	Portate di piena	12
3.3	Condizioni al contorno	12
3.4	Parametri di scabrezza	13
3.5	Risultati delle simulazioni nella configurazione pre intervento	13
4	Analisi idraulica semplificata	18
5	Interventi in progetto	22
6	Analisi idraulica dello stato di progetto	23
6.1	Geometria del modello idrodinamico	23
6.2	Portate di piena	24
6.3	Condizioni al contorno	24
6.4	Parametri di scabrezza	24
6.5	Risultati della simulazione nella configurazione dello stato di progetto	24
7	Conclusioni	28

1 Premessa

La presente relazione accompagna il progetto di realizzazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare a carattere agrivoltaico, con potenza nominale di 14.1 MW da realizzare nel comune di Bernalda (MT).

Per le finalità della presente analisi appare opportuno ricordare che il sito di interesse è attraversato da un fosso mappato anche da IGM in scala 1:25.000 e lambito da un canale di bonifica, risulta però esterno rispetto alle aree perimetrate dall'attuale Piano Stralcio per la Difesa del Rischio Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale (ex AdB Basilicata).

Il sito di realizzazione dell'impianto fotovoltaico ricade nel territorio di Bernalda (MT), mentre il punto di consegna finale ricade nel comune di Montescaglioso (MT). Le coordinate dell'area di impianto sono le seguenti:

- 40° 26'31.87" N;
- 16°39'26.73" E;
- Altitudine: circa 198 m s.l.m.

Il progetto si caratterizza per l'installazione a terra di pannelli fotovoltaici montati su strutture metalliche di supporto, denominate "tracker", in quanto in grado di variare l'angolazione e orientare i pannelli in modo da "inseguire" la fonte solare durante il suo moto apparente sulla volta celeste per massimizzare l'efficienza dell'impianto.

I pannelli, che trasformano l'irraggiamento solare in corrente elettrica continua, saranno collegati in serie formando una "stringa" che, a sua volta, sarà collegata in parallelo con le altre per convogliare tutta l'energia prodotta verso gli inverter che la trasformano in corrente alternata. A valle dell'ultima cabina l'energia verrà trasferita mediante un unico cavidotto al punto di connessione a 36 kV.

Inoltre, sarà risagomato il fosso esistente e sarà rivestito con biostuoia antiersiva ancorata al terreno.

Per tali scopi, pertanto, nel presente studio è stata effettuata sia un'analisi idrologica volta alla determinazione delle portate al colmo di piena mediante il metodo VAPI Basilicata per tempi di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni e due analisi idrauliche:

- una in moto permanente 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;
- un'analisi idraulica semplificata per la valutazione della profondità di escavazione del ramo in corrispondenza dell'interferenza con il cavidotto.

Come valore di riferimento per il franco di sicurezza è stato considerato 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.

Nelle figure seguenti sono mostrate la planimetria dell'impianto agrivoltaico e del suo cavidotto con la sua posizione in relazione al reticolo idrografico desunto dalla cartografia IGM in scala 1:25'000. Come è possibile osservare, il cavidotto non interferisce con la perimetrazione del PAI.

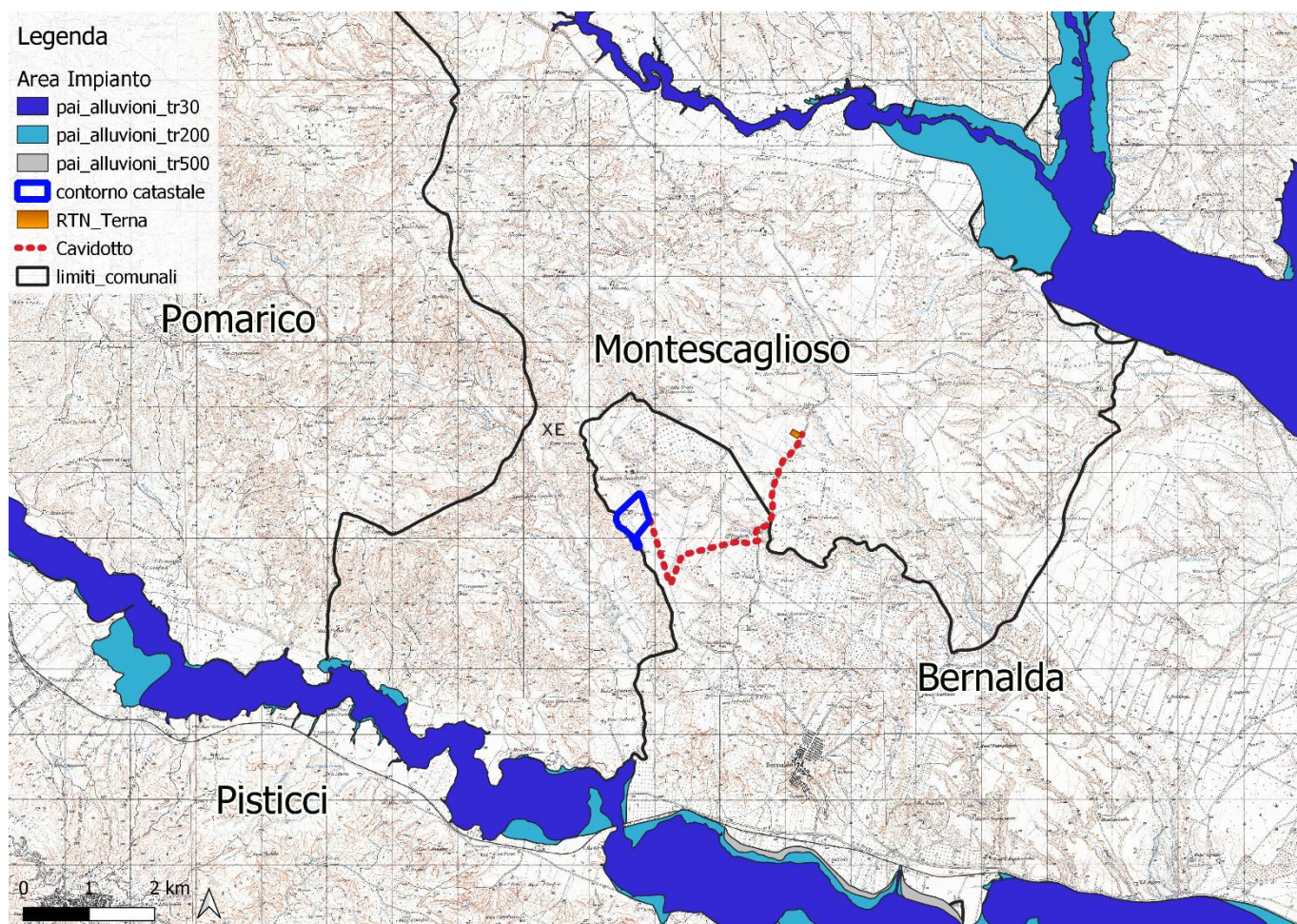


Figura 1: Planimetria dell'area di interesse su base IGM con individuazione delle aree PAI.

2 Analisi idrologica dello stato di fatto

Nella presente analisi idrologica sono state determinate le portate al colmo di piena mediante l'utilizzo del metodo VAPI Basilicata come illustrato all'interno della Relazione di Piano del PAI, redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale (ex AdB Basilicata).

Per tali scopi, sono state individuate le caratteristiche dei bacini idrografici che, successivamente, sono state utilizzate per la definizione dei parametri per il calcolo delle portate al colmo di piena.

2.1 Bacini idrografici

Nella figura seguente sono mostrati i due impluvi citati con i bacini idrografici sottesi alle rispettive sezioni di chiusura. Le delimitazioni dei bacini idrografici sono state effettuate utilizzando sia la cartografia IGM in scala 1:25'000 che il Modello Digitale del Terreno (*Digital Terrain Model, DTM*) con dimensione di cella 5x5 m ottenuto dal geoportale cartografico della Regione Basilicata (RSDI).

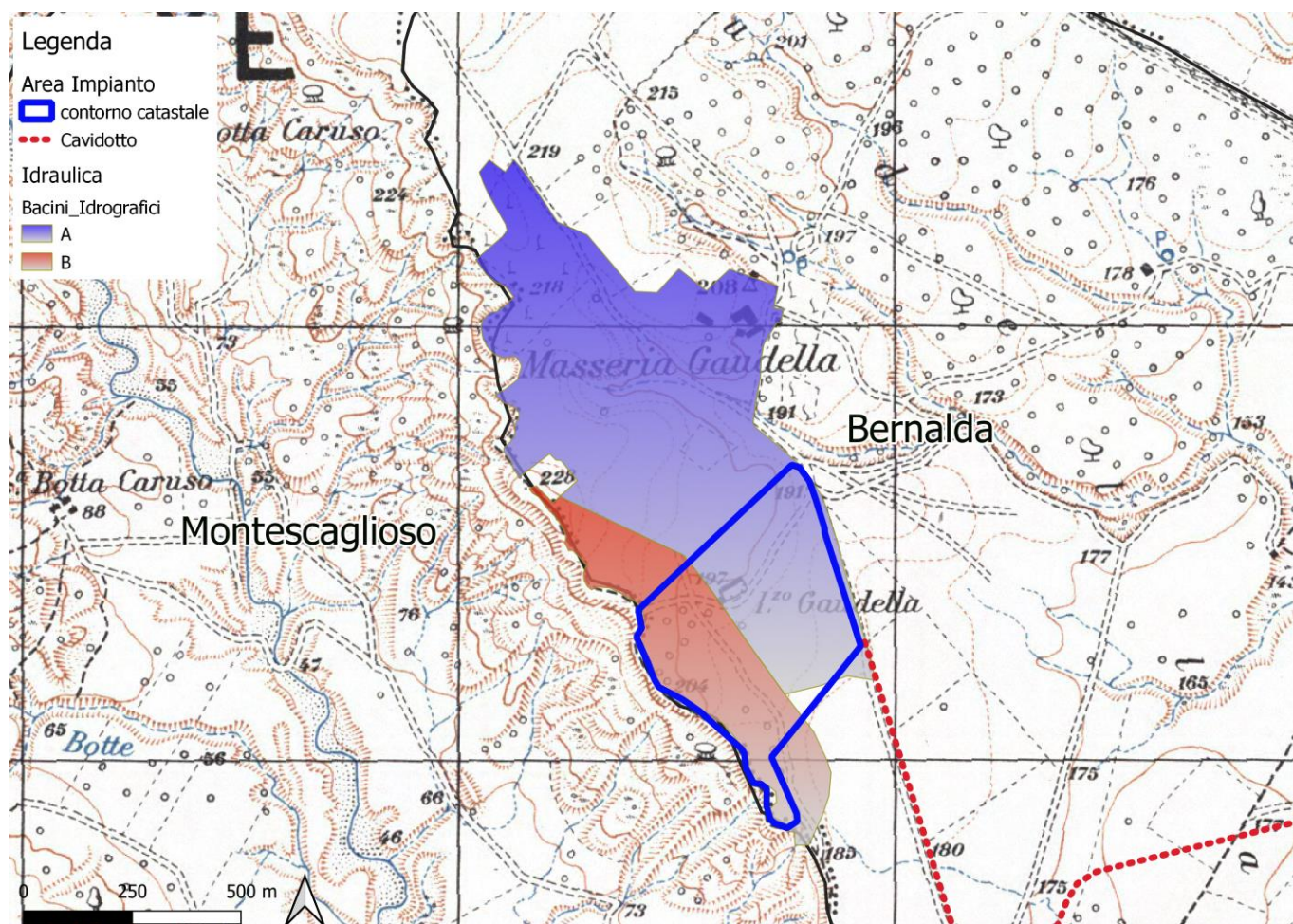


Figura 2: Corografia dei bacini idrografici afferenti agli impluvi in esame

2.2 Portate al colmo di piena in base al metodo VAPI applicato all'idrometria

Ai fini del calcolo delle portate al colmo di piena è stato utilizzato il metodo VAPI Basilicata così come consigliato dalla Relazione di Piano del PAI (redatto dall'ex AdB Basilicata).

Nella figura seguente è mostrata una corografia della Basilicata con l'individuazione delle zone omogenee del metodo VAPI. Il sito di interesse, in particolare, è situato nella "zona omogenea B", in cui ricadono i bacini del Basso Basento al secondo livello di regionalizzazione.

Il metodo scelto prevede il calcolo del fattore di crescita " K_T " che varia in funzione del tempo di ritorno, con la seguente espressione:

$$K_T = a + b \times \ln(T)$$

Di conseguenza l'equazione precedente assume la seguente espressione per l'area di interesse:

$$SZO B K_T = -0.2407 + 0.8004 \ln(T)$$

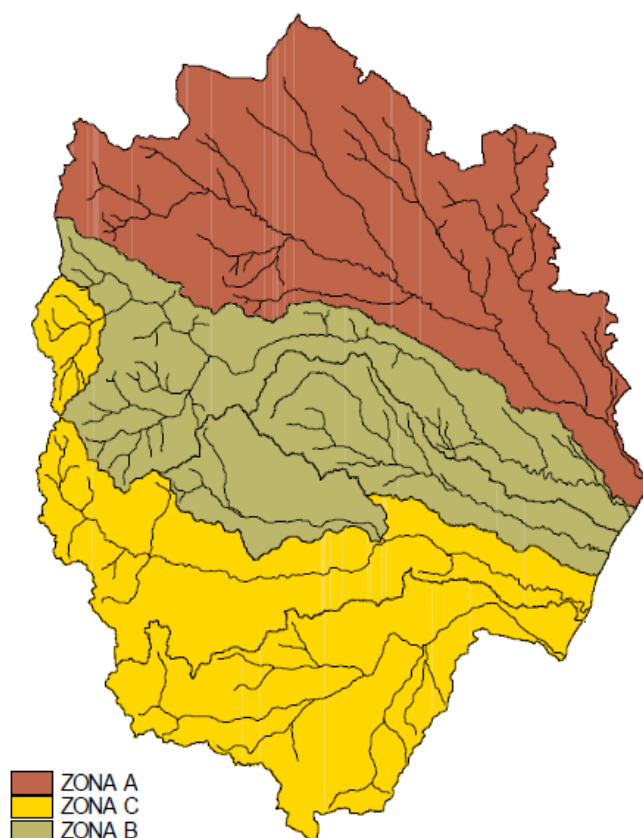


Figura 3: Corografia della Basilicata con la delimitazione delle zone pluviometriche omogenee del VAPI

Nella seguente tabella, pertanto, si riportano i valori del K_T per i tre tempi di ritorno considerati.

Fattori di crescita			
Sezione di chiusura	K30 (-)	K200 (-)	K500 (-)
Bacino A	2.5	4.0	4.7

Tabella 1

2.2.1 Piena indice

Per il calcolo della piena indice "Q" è necessario utilizzare la seguente espressione in funzione dell'area del bacino "A":

$$Q = k \times A^\alpha$$

I parametri di tale equazione dipendono dal terzo livello di regionalizzazione. Il bacino idrografico in esame, in particolare, appartiene all'area omogenea "1". Di conseguenza l'equazione precedente assume la seguente espressione:

$$Q = 2.13 \times A^{0.766}$$

Tenuto conto della superficie dei bacini sottesi, pertanto, è possibile stimare i valori della piena indice, i cui risultati sono riportati di seguito.

Superficie e piena indice		
Sezione di chiusura	S (km ²)	Q (m ³ /s)
Bacino A	0.497	1.2
Bacino B	0.153	0.5

Tabella 2

2.2.2 Portate al colmo di piena

Come precisato nel citato rapporto VAPI Basilicata, il valore della portata al colmo di piena "QT" per il fissato tempo di ritorno "T" è dato dal prodotto tra il fattore di crescita "KT" e la piena indice "Q" secondo l'espressione seguente:

$$QT = KT \times Q$$

Nella tabella seguente sono presenti i valori delle portate al colmo di piena relativi ai tre tempi di ritorno di riferimento.

Portate al colmo di piena (VAPI idrometria)			
Sezione di chiusura	Q30 (m ³ /s)	Q200 (m ³ /s)	Q500 (m ³ /s)
Bacino A	3.1	5.0	5.9
Bacino B	1.3	2.0	2.4

Tabella 3

Una volta calcolate le portate al colmo è possibile calcolare i coefficienti udometrici dividendo tali portate per le superfici dei bacini idrografici.

Nella tabella seguente sono presenti i valori dei coefficienti udometrici.

Lavori di realizzazione di un parco agro-fotovoltaico denominato "Bernalda 1" con potenza in immissione pari a 14.1 MW integrato con un sistema di accumulo e relative opere di connessione

A.3. Relazione idrologica e idraulica

Coefficienti udometrici			
Sezione di chiusura	u30 (m ³ /s·km ²)	u200 (m ³ /s·km ²)	u500 (m ³ /s·km ²)
Bacino A	6.2	10.0	11.9
Bacino B	8.2	13.2	15.7

Tabella 4

3 Analisi idraulica dello stato di fatto

Nella presente analisi idraulica sono illustrate le condizioni di deflusso dei corsi d'acqua che lambiscono 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 30, 200 e 500 anni, corrispondono ai tempi di ritorno di riferimento per la delimitazione delle aree a Pericolosità Molto elevata, Elevata e Moderata del 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

Stato di fatto - Sezioni					
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Parz. (m)	Fondo (mslm)	Pendenza (m/m)
A1	-1	0.00	71.48	193.60	0.0079
A2	-2	71.48	58.18	193.04	0.0106
A3	-3	129.66	62.44	192.43	0.0185
A4	-4	192.10	63.17	191.27	0.0228
A5	-5	255.27	40.72	189.83	0.0250
A6	-6	295.99	33.81	188.81	0.0218
A7	-7	329.80	50.53	188.08	0.0223
A8	-8	380.33	50.15	186.95	0.0175
A9	-9	430.48	50.03	186.07	0.0143
A10	-10	480.51	50.00	185.36	0.0111
A11	-11	530.51	50.81	184.80	0.0127
A12	-12	581.32	49.49	184.16	0.0108
A13	-13	630.81	0.00	183.63	0.0158
B1	-1	0.00	43.93	207.85	0.0669
B2	-2	43.93	52.94	204.91	0.0574
B3	-3	96.87	47.24	201.88	0.0380
B4	-4	144.11	50.13	200.08	0.0430
B5	-5	194.24	50.18	197.93	0.0501
B6	-6	244.42	50.98	195.41	0.0329
B7	-7	295.40	50.48	193.74	0.0330
B8	-8	345.88	50.64	192.07	0.0321
B9	-9	396.52	51.30	190.45	0.0221
B10	-10	447.82	50.49	189.31	0.0320
B11	-11	498.31	50.75	187.70	0.0200
B12	-12	549.06	41.87	186.68	0.0264
B13	-13	590.93	58.38	185.57	0.0218
B14	-14	649.31	52.46	184.30	0.1440
B15	-15	701.77	47.70	176.74	0.2355
B16	-16	749.47	60.82	165.51	0.3183
B17	-17	810.29	52.29	146.15	0.4796
B18	-18	862.58	0.00	121.08	0.1006

Tabella 5

Nella figura seguente è presente la planimetria 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.

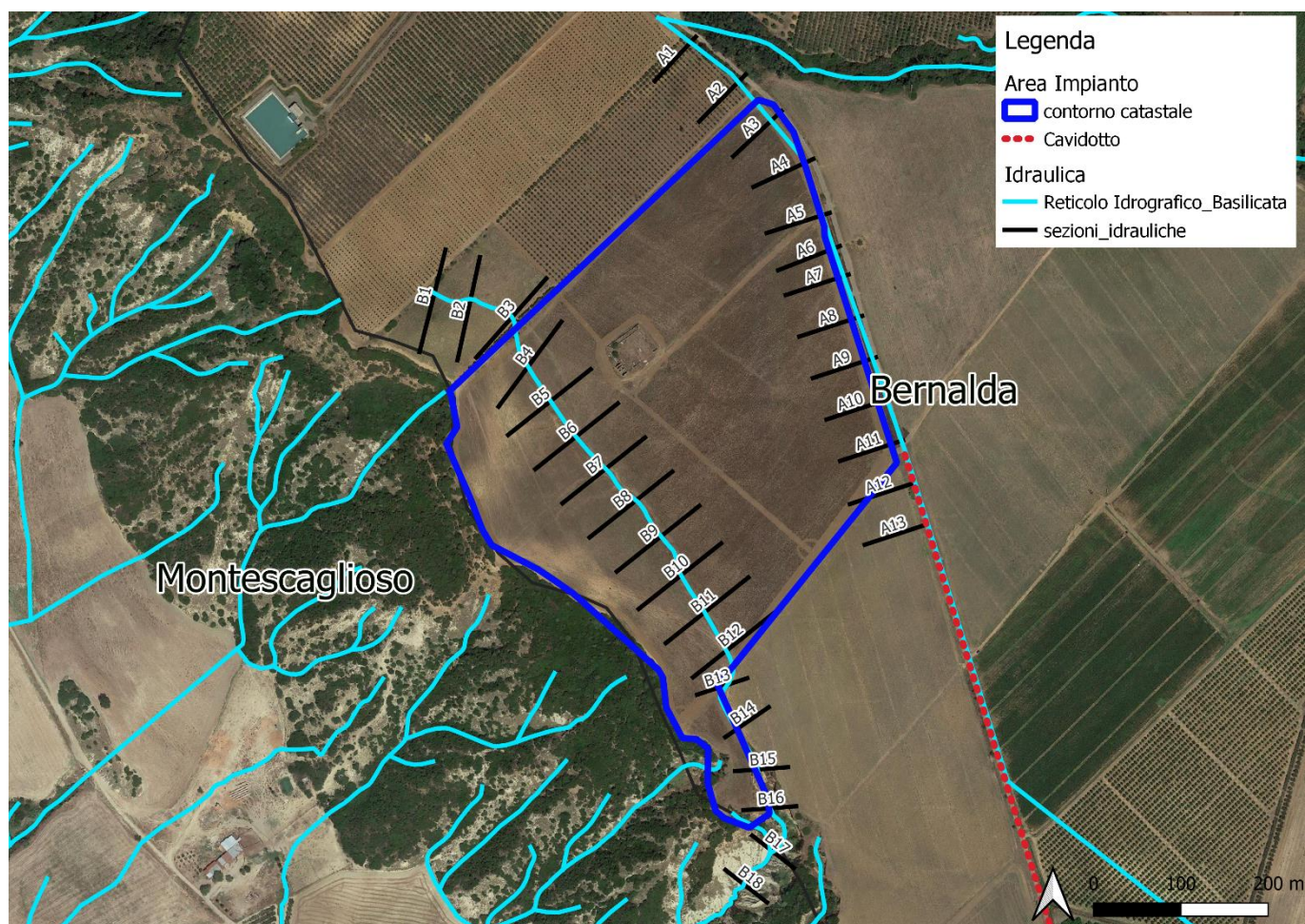


Figura 4: Planimetria dei corsi d'acqua analizzati con l'individuazione delle sezioni trasversali rilevate

3.2 Portate di piena

Come portate al colmo di piena sono state considerate quelle ricavate nella precedente analisi idrologica (cfr. la precedente Tabella 3).

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 nella 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.

Nella figura seguente, in particolare, è mostrata la planimetria delle aree allagabili dei tratti di impluvi analizzati, 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 30, 200 e 500 anni, in particolare, è stato utilizzato il DTM della Regione Basilicata e i valori in termini di tiranti massimi, velocità e aree allagabili elaborati dallo stesso modello di calcolo.

Lavori di realizzazione di un parco agro-fotovoltaico denominato "Bernalda 1" con potenza in immissione pari a 14.1 MW integrato con un sistema di accumulo e relative opere di connessione

A.3. Relazione idrologica e idraulica

Stato di fatto - T = 30 anni											
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Fondo (mslm)	Portata (m ³ /s)	Livello di pelo lib. (mslm)	Altezza d'acqua (m)	Largh. di pelo lib. (m)	Velocità media (m/s)	Area della sezione (m ²)	Tensione di parete (N/m ²)	Numero di Froude (-)
A1	-1	0.00	193.60	3.1	194.13	0.53	18.50	0.78	4.88	13.26	0.38
A2	-2	71.48	193.04	3.1	193.63	0.59	11.53	0.87	3.57	27.69	0.50
A3	-3	129.66	192.43	3.1	192.95	0.52	14.44	1.05	3.30	31.17	0.61
A4	-4	192.10	191.27	3.1	191.66	0.39	7.95	1.42	2.19	76.46	0.86
A5	-5	255.27	189.83	3.1	190.11	0.28	21.18	0.90	3.46	35.05	0.70
A6	-6	295.99	188.81	3.1	189.17	0.36	17.32	1.17	3.02	39.64	0.76
A7	-7	329.80	188.08	3.1	188.41	0.33	24.48	0.84	3.67	32.96	0.70
A8	-8	380.33	186.95	3.1	187.36	0.41	14.83	1.00	3.10	38.26	0.68
A9	-9	430.48	186.07	3.1	186.41	0.34	17.23	0.93	3.34	36.42	0.67
A10	-10	480.51	185.36	3.1	185.78	0.42	27.11	0.62	4.96	16.86	0.47
A11	-11	530.51	184.80	3.1	185.12	0.32	22.13	0.83	3.73	30.70	0.65
A12	-12	581.32	184.16	3.1	184.58	0.42	20.25	0.64	4.85	16.13	0.42
A13	-13	630.81	183.63	3.1	184.07	0.44	18.55	0.85	3.65	30.37	0.61
B1	-1	0.00	207.85	1.3	208.06	0.21	13.27	1.06	1.23	60.61	1.11
B2	-2	43.93	204.91	1.3	205.18	0.27	8.07	1.27	1.03	78.34	1.13
B3	-3	96.87	201.88	1.3	202.02	0.14	18.24	0.76	1.71	31.41	0.80
B4	-4	144.11	200.08	1.3	200.42	0.34	17.72	0.77	1.70	31.44	0.79
B5	-5	194.24	197.93	1.3	198.29	0.36	11.97	1.03	1.26	55.31	1.01
B6	-6	244.42	195.41	1.3	195.69	0.28	7.40	1.22	1.07	69.16	1.02
B7	-7	295.40	193.74	1.3	194.03	0.29	10.86	0.82	1.58	31.73	0.69
B8	-8	345.88	192.07	1.3	192.41	0.34	10.24	1.06	1.23	55.98	0.98
B9	-9	396.52	190.45	1.3	190.94	0.49	6.10	0.92	1.41	34.38	0.61
B10	-10	447.82	189.31	1.3	189.61	0.30	7.00	1.23	1.05	70.19	1.01
B11	-11	498.31	187.70	1.3	188.15	0.45	9.15	0.75	1.74	23.81	0.55
B12	-12	549.06	186.68	1.3	186.96	0.28	6.13	1.29	1.01	74.70	1.02
B13	-13	590.93	185.57	1.3	185.98	0.41	6.22	0.85	1.54	28.15	0.54
B14	-14	649.31	184.30	1.3	184.70	0.40	3.33	1.57	0.83	98.13	1.01
B15	-15	701.77	176.74	1.3	177.14	0.40	1.18	5.54	0.23	1372.01	3.97
B16	-16	749.47	165.51	1.3	166.22	0.71	2.46	2.26	0.58	217.12	1.49
B17	-17	810.29	146.15	1.3	146.50	0.35	1.14	6.63	0.20	2102.93	5.10
B18	-18	862.58	121.08	1.3	121.49	0.41	1.31	3.48	0.37	498.96	2.09

Tabella 6

Lavori di realizzazione di un parco agro-fotovoltaico denominato "Bernalda 1" con potenza in immissione pari a 14.1 MW integrato con un sistema di accumulo e relative opere di connessione

A.3. Relazione idrologica e idraulica

Stato di fatto - T = 200 anni											
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Fondo (mslm)	Portata (m ³ /s)	Livello di pelo lib. (mslm)	Altezza d'acqua (m)	Largh. di pelo lib. (m)	Velocità media (m/s)	Area della sezione (m ²)	Tensione di parete (N/m ²)	Numero di Froude (-)
A1	-1	0.00	193.60	5.0	194.25	0.65	26.20	0.88	7.54	13.45	0.38
A2	-2	71.48	193.04	5.0	193.72	0.68	11.82	1.09	4.59	40.35	0.56
A3	-3	129.66	192.43	5.0	193.05	0.62	15.75	1.16	4.87	35.02	0.58
A4	-4	192.10	191.27	5.0	191.74	0.47	8.52	1.79	2.80	113.34	0.99
A5	-5	255.27	189.83	5.0	190.17	0.34	24.31	1.01	5.01	38.80	0.69
A6	-6	295.99	188.81	5.0	189.23	0.42	21.43	1.38	4.27	50.84	0.83
A7	-7	329.80	188.08	5.0	188.47	0.39	27.90	0.95	5.29	38.19	0.69
A8	-8	380.33	186.95	5.0	187.44	0.49	19.64	1.11	4.59	43.66	0.70
A9	-9	430.48	186.07	5.0	186.48	0.41	18.53	1.09	4.58	46.72	0.70
A10	-10	480.51	185.36	5.0	185.84	0.48	28.21	0.75	6.67	22.26	0.49
A11	-11	530.51	184.80	5.0	185.20	0.40	27.98	0.90	5.59	33.65	0.64
A12	-12	581.32	184.16	5.0	184.67	0.51	22.56	0.75	6.70	20.49	0.44
A13	-13	630.81	183.63	5.0	184.14	0.51	20.47	0.99	5.06	38.15	0.63
B1	-1	0.00	207.85	2.0	208.09	0.24	15.14	1.19	1.68	72.52	1.14
B2	-2	43.93	204.91	2.0	205.22	0.31	8.83	1.45	1.38	95.14	1.17
B3	-3	96.87	201.88	2.0	202.06	0.18	23.13	0.82	2.45	34.60	0.80
B4	-4	144.11	200.08	2.0	200.46	0.38	20.94	0.86	2.33	37.52	0.82
B5	-5	194.24	197.93	2.0	198.34	0.41	17.09	1.05	1.90	56.39	1.01
B6	-6	244.42	195.41	2.0	195.74	0.33	8.79	1.35	1.48	80.84	1.05
B7	-7	295.40	193.74	2.0	194.07	0.33	11.70	0.97	2.06	41.39	0.74
B8	-8	345.88	192.07	2.0	192.46	0.39	10.96	1.19	1.68	64.65	0.97
B9	-9	396.52	190.45	2.0	191.01	0.56	6.92	1.07	1.87	43.57	0.66
B10	-10	447.82	189.31	2.0	189.67	0.36	8.86	1.29	1.55	73.47	0.99
B11	-11	498.31	187.70	2.0	188.21	0.51	10.06	0.86	2.32	29.78	0.57
B12	-12	549.06	186.68	2.0	187.03	0.35	7.51	1.38	1.44	81.66	1.01
B13	-13	590.93	185.57	2.0	186.07	0.50	7.09	0.95	2.10	33.47	0.56
B14	-14	649.31	184.30	2.0	184.80	0.50	4.15	1.69	1.18	108.13	1.01
B15	-15	701.77	176.74	2.0	177.22	0.48	1.40	6.06	0.33	1553.28	3.99
B16	-16	749.47	165.51	2.0	166.30	0.79	2.79	2.59	0.77	268.67	1.57
B17	-17	810.29	146.15	2.0	146.57	0.42	1.72	6.60	0.30	2038.67	5.02
B18	-18	862.58	121.08	2.0	121.58	0.50	1.37	4.00	0.50	619.36	2.12

Tabella 7

Lavori di realizzazione di un parco agro-fotovoltaico denominato "Bernalda 1" con potenza in immissione pari a 14.1 MW integrato con un sistema di accumulo e relative opere di connessione

A.3. Relazione idrologica e idraulica

Stato di fatto - T = 500 anni											
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Fondo (mslm)	Portata (m ³ /s)	Livello di pelo lib. (mslm)	Altezza d'acqua (m)	Largh. di pelo lib. (m)	Velocità media (m/s)	Area della sezione (m ²)	Tensione di parete (N/m ²)	Numero di Froude (-)
A1	-1	0.00	193.60	5.9	194.29	0.69	26.80	0.90	8.59	14.47	0.38
A2	-2	71.48	193.04	5.9	193.76	0.72	12.58	1.16	5.11	41.78	0.56
A3	-3	129.66	192.43	5.9	193.08	0.65	16.05	1.24	5.36	39.50	0.60
A4	-4	192.10	191.27	5.9	191.78	0.51	10.82	1.84	3.26	93.98	0.96
A5	-5	255.27	189.83	5.9	190.20	0.37	25.41	1.06	5.64	40.88	0.69
A6	-6	295.99	188.81	5.9	189.25	0.44	22.28	1.44	4.79	56.33	0.85
A7	-7	329.80	188.08	5.9	188.49	0.41	28.01	1.00	5.89	41.46	0.70
A8	-8	380.33	186.95	5.9	187.47	0.52	21.70	1.17	5.21	45.09	0.71
A9	-9	430.48	186.07	5.9	186.51	0.44	19.31	1.14	5.15	49.94	0.71
A10	-10	480.51	185.36	5.9	185.86	0.50	28.77	0.80	7.36	24.85	0.51
A11	-11	530.51	184.80	5.9	185.23	0.43	30.24	0.91	6.46	34.19	0.63
A12	-12	581.32	184.16	5.9	184.70	0.54	23.41	0.79	7.48	22.37	0.45
A13	-13	630.81	183.63	5.9	184.17	0.54	20.79	1.05	5.63	41.72	0.64
B1	-1	0.00	207.85	2.4	208.10	0.25	16.10	1.25	1.92	78.05	1.16
B2	-2	43.93	204.91	2.4	205.24	0.33	9.23	1.52	1.58	102.71	1.18
B3	-3	96.87	201.88	2.4	202.07	0.19	23.60	0.88	2.73	38.84	0.82
B4	-4	144.11	200.08	2.4	200.47	0.39	23.30	0.88	2.74	38.45	0.82
B5	-5	194.24	197.93	2.4	198.36	0.43	20.54	1.06	2.26	57.81	1.02
B6	-6	244.42	195.41	2.4	195.77	0.36	9.45	1.40	1.71	85.55	1.05
B7	-7	295.40	193.74	2.4	194.10	0.36	12.05	1.03	2.33	44.93	0.75
B8	-8	345.88	192.07	2.4	192.48	0.41	11.29	1.27	1.89	71.51	0.99
B9	-9	396.52	190.45	2.4	191.06	0.61	8.59	1.05	2.28	42.62	0.65
B10	-10	447.82	189.31	2.4	189.70	0.39	10.24	1.33	1.80	78.00	1.02
B11	-11	498.31	187.70	2.4	188.24	0.54	10.57	0.91	2.63	32.50	0.58
B12	-12	549.06	186.68	2.4	187.06	0.38	8.20	1.43	1.68	84.65	1.00
B13	-13	590.93	185.57	2.4	186.11	0.54	7.56	0.99	2.42	35.47	0.56
B14	-14	649.31	184.30	2.4	184.84	0.54	4.52	1.77	1.36	116.08	1.03
B15	-15	701.77	176.74	2.4	177.26	0.52	1.53	6.10	0.39	1526.15	3.84
B16	-16	749.47	165.51	2.4	166.33	0.82	2.93	2.76	0.87	299.85	1.62
B17	-17	810.29	146.15	2.4	146.61	0.46	2.04	6.48	0.37	1931.17	4.85
B18	-18	862.58	121.08	2.4	121.63	0.55	1.40	4.27	0.56	689.33	2.15

Tabella 8

Nella figura successiva è mostrata la mappa relativa alla pericolosità idraulica per i tre tempi di ritorno. Tali tempi di ritorno, in linea con il PAI Basilicata, corrispondono rispettivamente alle aree a Pericolosità Molto elevata (T = 30 anni), Pericolosità Elevata (T = 200 anni) e Pericolosità Moderata (T = 500 anni).

Lavori di realizzazione di un parco agro-fotovoltaico denominato "Bernalda 1" con potenza in immissione pari a 14.1 MW integrato con un sistema di accumulo e relative opere di connessione

A.3. Relazione idrologica e idraulica

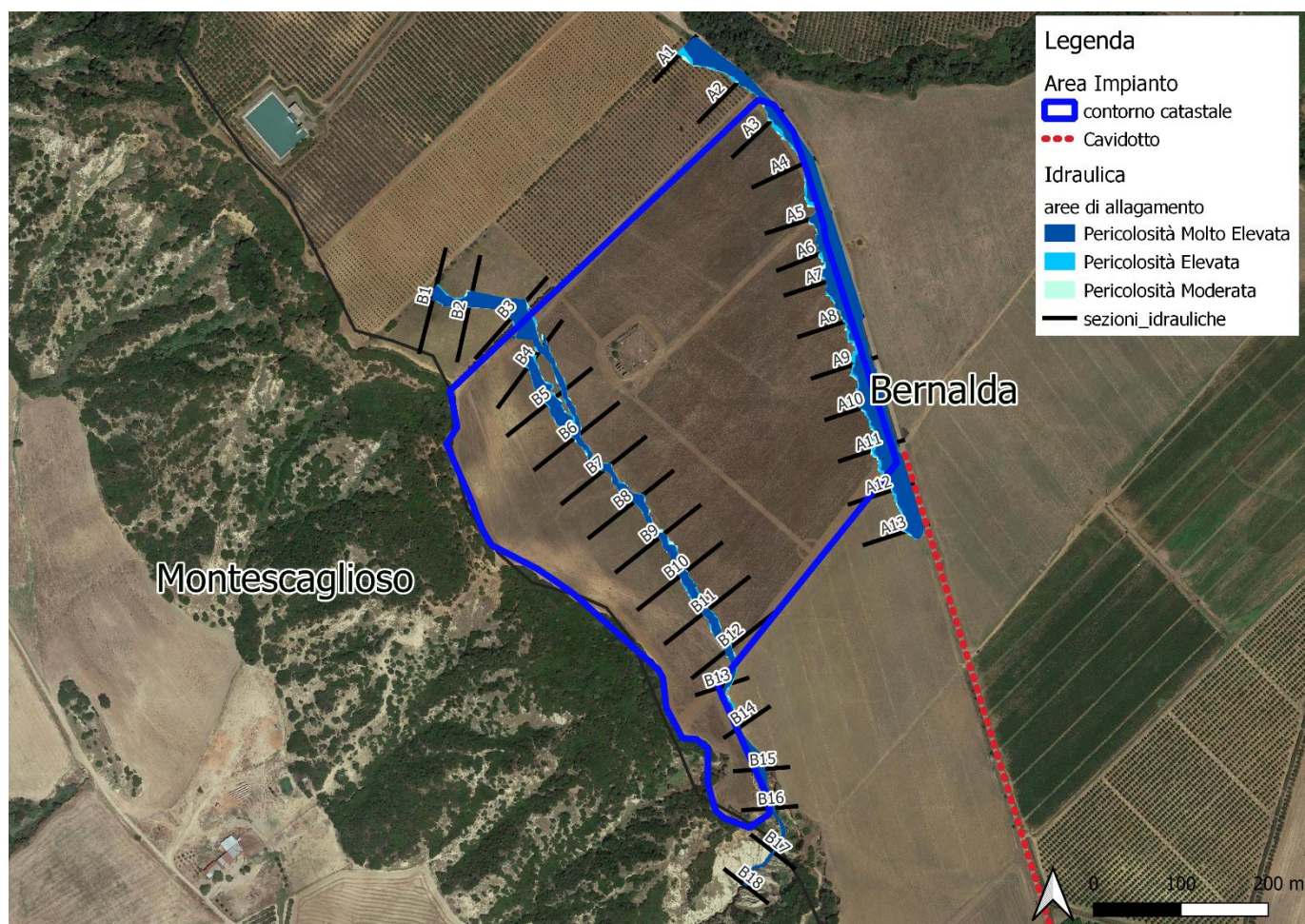


Figura 5: Delimitazione delle aree allagabili

Nella figura precedente si nota come le aree allagabili siano all'interno dei lotti di intervento e per tal motivo, pertanto, è possibile affermare che gli interventi in progetto non si trovano attualmente in area in sicurezza idraulica ai sensi delle NTA del PAI.

4 Analisi idraulica semplificata

Il cavidotto in progetto presenta interferenze con il reticolo idrografico. Per la risoluzione dell'interferenza è stata predisposta un'analisi idraulica "semplificata", preceduta da una idraulica in moto permanente, mediante l'utilizzo del modello monodimensionale HEC-RAS dello *US Army Corps of Engineers*, con lo scopo di determinare le caratteristiche idrodinamiche necessarie per la valutazione della massima profondità di erosione.

L'analisi idraulica semplificata è rivolta infatti principalmente ai punti di intersezione degli impluvi esistenti con i cavidotti in caso di assenza di un attraversamento esistente o di un attraversamento non asfaltato ed è caratterizzata dalle seguenti fasi:

AS1) analisi idrologica in base al metodo VAPI Basilicata;

AS2) **verifica di erosione dell'intersezione a guado** finalizzata alla determinazione della profondità di posa in opera del cavidotto in progetto.

Il cavidotto in progetto verrà quindi posizionato ad una profondità pari a quella massima di escavazione più un franco di sicurezza di 1.00 m.

Si riporta di seguito una mappa con le interferenze individuate.

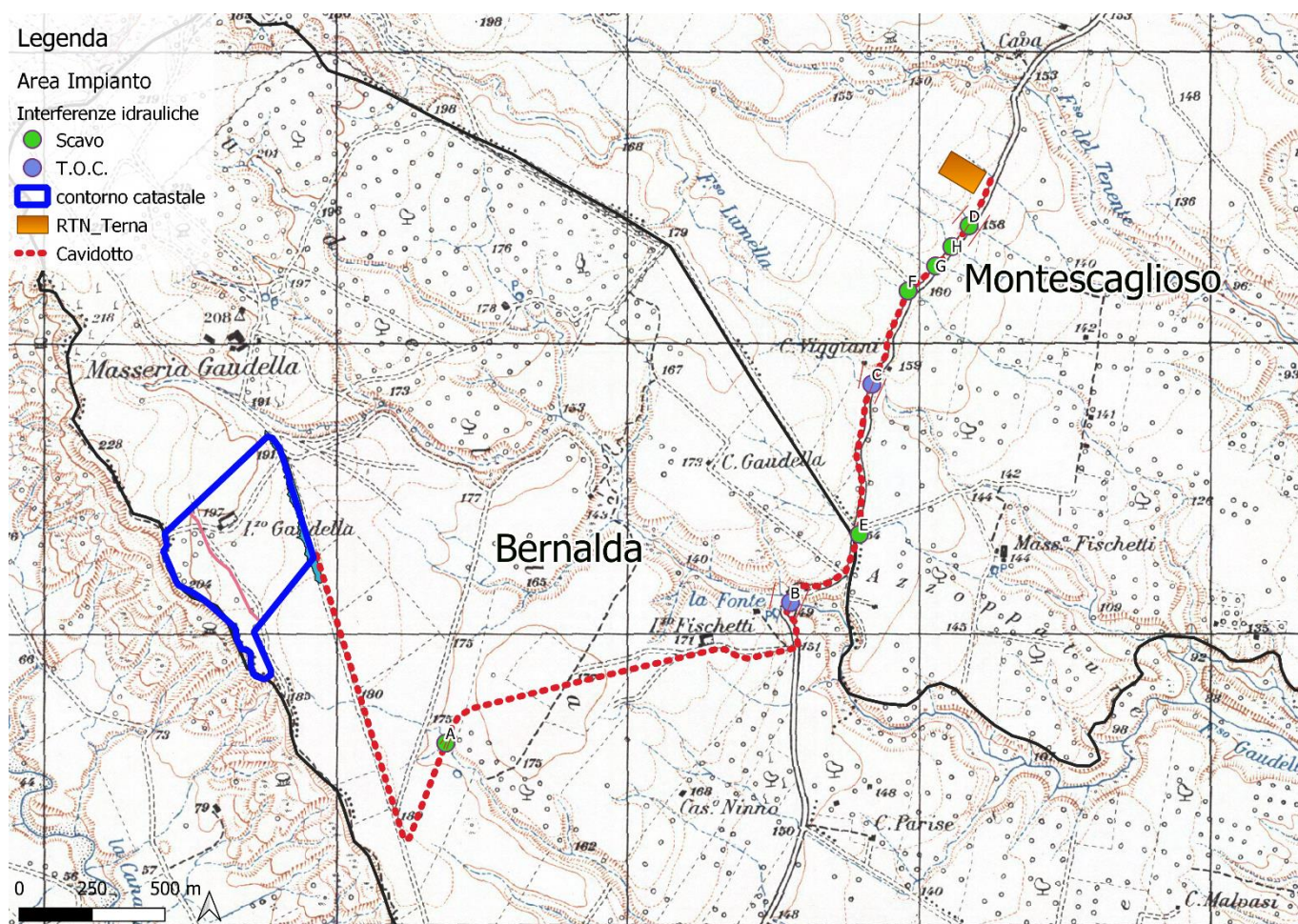


Figura 6: Individuazione delle interferenze idrauliche

Per dimensionare adeguatamente la quota di posa del cavidotto, pertanto, è stata calcolata la profondità massima di escavazione da parte della corrente e, per tali scopi, sono stati utilizzati i risultati dell'analisi idraulica per l'evento con tempo di ritorno di 200 anni sopra descritti.

Il calcolo della massima profondità di erosione viene effettuato mediante l'utilizzo della seguente formula di Meyer-Peter e Müller espressa nell'ipotesi di "alveo largo" ed esplicitata da Chien (Montuori, "Complementi di Idraulica", Liguori, 1997):

$$\Psi = 8 \cdot (\Theta - 0.047)^{\frac{3}{2}}$$

dove:

- " Ψ " (-): parametro di trasporto;
- " Θ " (-): parametro di stabilità.
- Tali parametri sono definiti dalle espressioni seguenti:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Psi = \frac{q_s}{\sqrt{g \cdot d^3 \cdot \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}}} \\ \Theta = \frac{\gamma \cdot R \cdot j}{(\gamma_s - \gamma) \cdot d} \end{array} \right.$$

dove:

- " q_s " (m²/s): portata solida (volumetrica) per unità di larghezza;
- " g " (m/s²): accelerazione di gravità;
- " d " (m): diametro caratteristico del sedimento;
- " γ_s " (N/m³): peso specifico del sedimento;
- " γ " (N/m³): peso specifico dell'acqua;
- " R " (m): raggio idraulico;
- " j " (-): cadente piezometrica.

Grazie a tale formula è possibile calcolare la portata solida trasportabile dalla corrente una volta noti:

- alcuni parametri caratteristici del deflusso come la portata liquida, il raggio idraulico, la larghezza del pelo libero e la cadente piezometrica che sono stati calcolati nella precedente analisi idraulica;
- alcuni parametri caratteristici del sedimento come il diametro e il peso specifico.

Dopo aver determinato il valore della portata solida, infine, è possibile calcolare la concentrazione volumetrica del sedimento dividendo la portata solida per quella liquida.

Per i parametri caratteristici del sedimento si è scelto di considerare il diametro di separazione tra "limo a grana grossa" e "limo a grana media", pari a 0.02 mm, ed un peso specifico di 25'000 N/m³, date le caratteristiche del terreno.

Nella tabella seguente sono presenti i calcoli effettuati per il calcolo della concentrazione del sedimento utilizzando la formula di Meyer-Peter e Müller per i tratti dell'impiuvio in esame.

Lavori di realizzazione di un parco agro-fotovoltaico denominato "Bernalda 1" con potenza in immissione pari a 14.1 MW integrato con un sistema di accumulo e relative opere di connessione

A.3. Relazione idrologica e idraulica

Analisi del trasporto solido - Tr200						
Sezione	γ	γ_s	d	j	R	θ
	(N/m ³)	(N/m ³)	(m)	(-)	(m)	(-)
A2	9810	25000	0.00002	0.0568	0.100	183.5
B2	9810	25000	0.00002	0.0248	0.640	513.0
C2	9810	25000	0.00002	0.0698	0.510	1149.1
D2	9810	25000	0.00002	0.1352	0.070	305.5
E2	9810	25000	0.00002	0.0429	0.130	179.9
F2	9810	25000	0.00002	0.0577	0.110	205.1
G2	9810	25000	0.00002	0.0895	0.100	289.0
H2	9810	25000	0.00002	0.0318	0.150	153.8
Sezione	Ψ	q_s	b	Q	C	C
	(-)	(m ² /s)	(m)	(m ³ /s)	(-)	(ppm)
A2	19881	0.0069	23.05	2.2	0.073	72613
B2	92933	0.0324	11.58	19.5	0.019	19238
C2	311589	0.1086	23.07	27.3	0.092	91789
D2	42715	0.0149	9.86	0.6	0.245	244699
E2	19293	0.0067	16.17	2.5	0.044	43501
F2	23492	0.0082	4.14	0.5	0.068	67806
G2	39297	0.0137	14.30	0.8	0.245	244867
H2	15259	0.0053	3.68	0.6	0.033	32626

Tabella 9

Come mostrato nella tabella precedente, pertanto, la concentrazione volumetrica "C" è strettamente legata al tempo di ritorno considerato. Tali valori sono stati utilizzati come parametri di ingresso per il modulo "Hydraulic design - Stable Channel Design" del modello HEC-RAS dello *US Army Corps of Engineers* (modello già utilizzato all'interno per il calcolo delle caratteristiche idrodinamiche).

Nella tabella seguente sono presenti i risultati del calcolo della massima profondità di erosione effettuato con tale modulo e, in particolare, utilizzando il metodo "Regime".

Massima profondità di erosione - Tr200			
Sezione	Regime	Regime	Regime
	depth	width	slope
	(m)	(m)	(-)
A2	0.02	92.01	0.00065
B2	0.10	141.22	0.00052
C2	0.04	364.37	0.00042
D2	0.01	88.17	0.00068
E2	0.03	75.95	0.00068
F2	0.01	42.39	0.00084
G2	0.01	101.85	0.00064
H2	0.02	32.23	0.00089

Tabella 10

Come è possibile osservare nella tabella precedente, i risultati dell'applicazione di tale metodologia indicano una profondità di escavazione massima della corrente di 10 cm, mentre la profondità di escavazione minima è pari a 1 cm.

Al fine di tenere conto del franco minimo di sicurezza pari a 1.00 m, previsto dalle norme dell'Autorità di Bacino della Basilicata, si prevede di porre in opera il cavidotto in progetto ad almeno 1.10 m dal fondo alveo, parametri comunque già rispettati perché il cavidotto verrà posato a 1.30 m dal piano campagna.

Ad ogni modo, si può concludere che per il punto B e il punto C è necessario procedere con una tecnica di posa del tipo T.O.C. in quanto si attraversano due corsi d'acqua di entità maggiore rispetto agli altri, per i quali è necessaria una semplice attività di scavo.

5 Interventi in progetto

Come è possibile osservare dalla Figura 5, l'impianto in progetto risulta interessato da aree a pericolosità idraulica generate dalla presenza del fosso interno all'impianto e dal canale di bonifica perimetrale allo stesso. Al fine di ridurre il rischio idraulico nella suddetta area, si è proceduto tramite una risagomatura delle sezioni idrauliche trasversali del fosso interno all'impianto, con modellazione di nuove sezioni trapezoidali in terra di opportune dimensioni, in modo che risulti sufficiente a garantire un contenimento delle portate.

Per il canale di bonifica perimetrale all'impianto, non potendo intervenire in quanto al di fuori delle particelle in disponibilità del proponente, si sono escluse le aree interessate da allagamenti per il posizionamento dei moduli fotovoltaici.

Per tali scopi, pertanto, si è considerato un valore di riferimento per il 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.

Per l'impianto B gli interventi saranno realizzati dalla sezione B3 alla B13 con altezze delle sezioni pari a 0.8 m, per cui sarà adottato un franco di sicurezza di almeno 20 cm.

Per quanto riguarda l'analisi idrologica si fa riferimento a quella condotta nei paragrafi precedenti.

Nella tabella successiva sono riportate le sezioni sulle quali effettuare gli interventi di risagomatura con le dimensioni di progetto che verranno verificate di seguito.

Opera	Input				
	Pendenza (-)	Scabrezza (m ² /s)	Base minore (m)	Base maggiore (m)	Altezza (m)
Sezione B3	0	33	2.00	3.60	0.80
Sezione B4	0.027	33	2.00	3.60	0.80
Sezione B5	0.041	33	2.00	3.60	0.80
Sezione B6	0.053	33	2.00	3.60	0.80
Sezione B7	0.037	33	2.00	3.60	0.80
Sezione B8	0.029	33	2.00	3.60	0.80
Sezione B9	0.030	33	2.00	3.60	0.80
Sezione B10	0.019	33	2.00	3.60	0.80
Sezione B11	0.036	33	2.00	3.60	0.80
Sezione B12	0.015	33	2.00	3.60	0.80
Sezione B13	0.037	33	2.00	3.60	0.80

Tabella 11

6 Analisi idraulica dello stato di progetto

Nella presente analisi idraulica sono illustrate le condizioni di deflusso dei corsi d'acqua che considerano l'area di interesse in seguito agli interventi di progetto.

L'analisi idraulica, come per il 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 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 30, 200 e 500 anni, corrispondono ai tempi di ritorno di riferimento per la delimitazione delle aree a pericolosità idraulica "molto elevata", "elevata" e "moderata" secondo il 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.

6.1 Geometria del modello idrodinamico

Stato di progetto - Sezioni					
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Parz. (m)	Fondo (mslm)	Pendenza (m/m)
B1	-1	0.00	43.93	207.85	0.0669
B2	-2	43.93	52.94	204.91	0.0574
B3	-3	96.87	47.24	201.88	0.0380
B4	-4	144.11	50.13	200.08	0.0430
B5	-5	194.24	50.18	197.93	0.0501
B6	-6	244.42	50.98	195.41	0.0329
B7	-7	295.40	50.48	193.74	0.0330
B8	-8	345.88	50.64	192.07	0.0321
B9	-9	396.52	51.30	190.45	0.0221
B10	-10	447.82	50.49	189.31	0.0320
B11	-11	498.31	50.75	187.70	0.0200
B12	-12	549.06	41.87	186.68	0.0264
B13	-13	590.93	58.38	185.57	0.0218
B14	-14	649.31	52.46	184.30	0.1440
B15	-15	701.77	47.70	176.74	0.2355
B16	-16	749.47	60.82	165.51	0.3183
B17	-17	810.29	52.29	146.15	0.4796
B18	-18	862.58	0.00	121.08	0.1006

Tabella 12

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.

6.2 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.

6.3 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.

6.4 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".

6.5 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 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.

Nella figura seguente, in particolare, è mostrata la planimetria delle aree allagabili. Nella tabella seguente sono presenti tutti i valori numerici ottenuti dal modello nella configurazione post intervento.

Per la delimitazione delle aree allagabili per gli eventi con i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, in particolare, è stato utilizzato il DTM della Regione Basilicata e i valori in termini di tiranti massimi, velocità e aree allagabili elaborati dallo stesso modello di calcolo.

Lavori di realizzazione di un parco agro-fotovoltaico denominato "Bernalda 1" con potenza in immissione pari a 14.1 MW integrato con un sistema di accumulo e relative opere di connessione

A.3. Relazione idrologica e idraulica

Stato di progetto - T = 30 anni											
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Fondo (mslm)	Portata (m ³ /s)	Livello di pelo lib. (mslm)	Altezza d'acqua (m)	Largh. di pelo lib. (m)	Velocità media (m/s)	Area della sezione (m ²)	Tensione di parete (N/m ²)	Numero di Froude (-)
B1	-1	0.00	207.85	1.3	208.06	0.21	13.27	1.06	1.23	60.61	1.11
B2	-2	43.93	204.91	1.3	205.18	0.27	8.07	1.27	1.03	78.34	1.13
B3	-3	96.87	201.88	1.3	202.05	0.17	15.91	1.32	1.33	45.56	1.07
B4	-4	144.11	200.08	1.3	200.41	0.33	14.19	1.24	1.46	23.18	0.75
B5	-5	194.24	197.93	1.3	198.19	0.26	2.66	2.12	0.61	184.19	1.41
B6	-6	244.42	195.41	1.3	195.75	0.34	3.54	1.60	0.82	80.55	0.95
B7	-7	295.40	193.74	1.3	194.05	0.31	6.80	1.39	1.12	47.61	0.85
B8	-8	345.88	192.07	1.3	192.39	0.32	6.36	1.51	1.00	51.61	0.91
B9	-9	396.52	190.45	1.3	190.89	0.44	3.11	1.14	1.14	46.28	0.60
B10	-10	447.82	189.31	1.3	189.64	0.33	2.81	1.67	0.78	107.01	1.01
B11	-11	498.31	187.70	1.3	188.14	0.44	5.59	1.15	1.17	28.56	0.61
B12	-12	549.06	186.68	1.3	187.02	0.34	4.68	1.50	0.95	62.19	0.90
B13	-13	590.93	185.57	1.3	186.03	0.46	3.14	1.11	1.17	43.21	0.58
B14	-14	649.31	184.30	1.3	184.70	0.40	3.33	1.57	0.83	98.13	1.01
B15	-15	701.77	176.74	1.3	177.14	0.40	1.18	5.54	0.23	1376.19	3.97
B16	-16	749.47	165.51	1.3	166.22	0.71	2.46	2.26	0.58	216.93	1.49
B17	-17	810.29	146.15	1.3	146.50	0.35	1.14	6.63	0.20	2107.60	5.11
B18	-18	862.58	121.08	1.3	121.49	0.41	1.31	3.48	0.37	498.63	2.09

Tabella 13

Stato di progetto - T = 200 anni											
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Fondo (mslm)	Portata (m ³ /s)	Livello di pelo lib. (mslm)	Altezza d'acqua (m)	Largh. di pelo lib. (m)	Velocità media (m/s)	Area della sezione (m ²)	Tensione di parete (N/m ²)	Numero di Froude (-)
B1	-1	0.00	207.85	2.0	208.09	0.24	15.14	1.19	1.68	72.52	1.14
B2	-2	43.93	204.91	2.0	205.22	0.31	8.83	1.45	1.38	95.14	1.17
B3	-3	96.87	201.88	2.0	202.08	0.20	18.52	1.48	1.85	56.04	1.11
B4	-4	144.11	200.08	2.0	200.46	0.38	17.13	1.32	2.18	28.04	0.75
B5	-5	194.24	197.93	2.0	198.27	0.34	6.52	2.36	0.91	105.34	1.39
B6	-6	244.42	195.41	2.0	195.84	0.43	6.30	1.74	1.27	65.09	0.94
B7	-7	295.40	193.74	2.0	194.10	0.36	7.70	1.61	1.50	63.73	0.92
B8	-8	345.88	192.07	2.0	192.47	0.40	7.47	1.57	1.52	57.72	0.87
B9	-9	396.52	190.45	2.0	190.95	0.50	3.26	1.52	1.32	78.71	0.76
B10	-10	447.82	189.31	2.0	189.78	0.47	8.12	1.52	1.53	41.98	0.79
B11	-11	498.31	187.70	2.0	188.23	0.53	7.27	1.27	1.80	33.20	0.62
B12	-12	549.06	186.68	2.0	187.09	0.41	5.79	1.70	1.33	73.37	0.93
B13	-13	590.93	185.57	2.0	186.14	0.57	4.92	1.28	1.63	40.71	0.61
B14	-14	649.31	184.30	2.0	184.80	0.50	4.15	1.69	1.18	108.13	1.01
B15	-15	701.77	176.74	2.0	177.22	0.48	1.40	6.04	0.33	1542.43	3.97
B16	-16	749.47	165.51	2.0	166.30	0.79	2.79	2.59	0.77	269.18	1.57
B17	-17	810.29	146.15	2.0	146.57	0.42	1.73	6.59	0.30	2029.34	5.01
B18	-18	862.58	121.08	2.0	121.58	0.50	1.37	4.00	0.50	620.20	2.12

Tabella 14

Lavori di realizzazione di un parco agro-fotovoltaico denominato "Bernalda 1" con potenza in immissione pari a 14.1 MW integrato con un sistema di accumulo e relative opere di connessione

A.3. Relazione idrologica e idraulica

Stato di progetto- T = 500 anni											
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Fondo (mslm)	Portata (m ³ /s)	Livello di pelo lib. (mslm)	Altezza d'acqua (m)	Largh. di pelo lib. (m)	Velocità media (m/s)	Area della sezione (m ²)	Tensione di parete (N/m ²)	Numero di Froude (-)
B1	-1	0.00	207.85	2.4	208.10	0.25	16.10	1.25	1.92	78.05	1.16
B2	-2	43.93	204.91	2.4	205.24	0.33	9.23	1.52	1.58	102.71	1.18
B3	-3	96.87	201.88	2.4	202.09	0.21	19.13	1.54	2.09	62.34	1.13
B4	-4	144.11	200.08	2.4	200.48	0.40	19.26	1.35	2.56	28.92	0.75
B5	-5	194.24	197.93	2.4	198.30	0.37	10.06	2.46	1.14	86.67	1.40
B6	-6	244.42	195.41	2.4	195.88	0.47	7.45	1.82	1.52	65.81	0.94
B7	-7	295.40	193.74	2.4	194.13	0.39	8.00	1.69	1.72	70.72	0.93
B8	-8	345.88	192.07	2.4	192.50	0.43	7.94	1.63	1.77	62.30	0.87
B9	-9	396.52	190.45	2.4	190.99	0.54	3.36	1.65	1.46	91.33	0.80
B10	-10	447.82	189.31	2.4	189.82	0.51	9.98	1.55	1.90	40.33	0.77
B11	-11	498.31	187.70	2.4	188.15	0.45	5.82	2.04	1.25	88.43	1.07
B12	-12	549.06	186.68	2.4	187.16	0.48	8.94	1.54	1.90	47.84	0.79
B13	-13	590.93	185.57	2.4	186.20	0.63	6.03	1.34	1.92	39.41	0.61
B14	-14	649.31	184.30	2.4	184.84	0.54	4.52	1.77	1.36	116.08	1.03
B15	-15	701.77	176.74	2.4	177.25	0.51	1.51	6.25	0.38	1609.66	3.96
B16	-16	749.47	165.51	2.4	166.33	0.82	2.94	2.74	0.87	295.31	1.61
B17	-17	810.29	146.15	2.4	146.61	0.46	2.01	6.60	0.36	2005.48	4.95
B18	-18	862.58	121.08	2.4	121.63	0.55	1.40	4.25	0.57	680.75	2.13

Tabella 15

Lavori di realizzazione di un parco agro-fotovoltaico denominato "Bernalda 1" con potenza in immissione pari a 14.1 MW integrato con un sistema di accumulo e relative opere di connessione

A.3. Relazione idrologica e idraulica

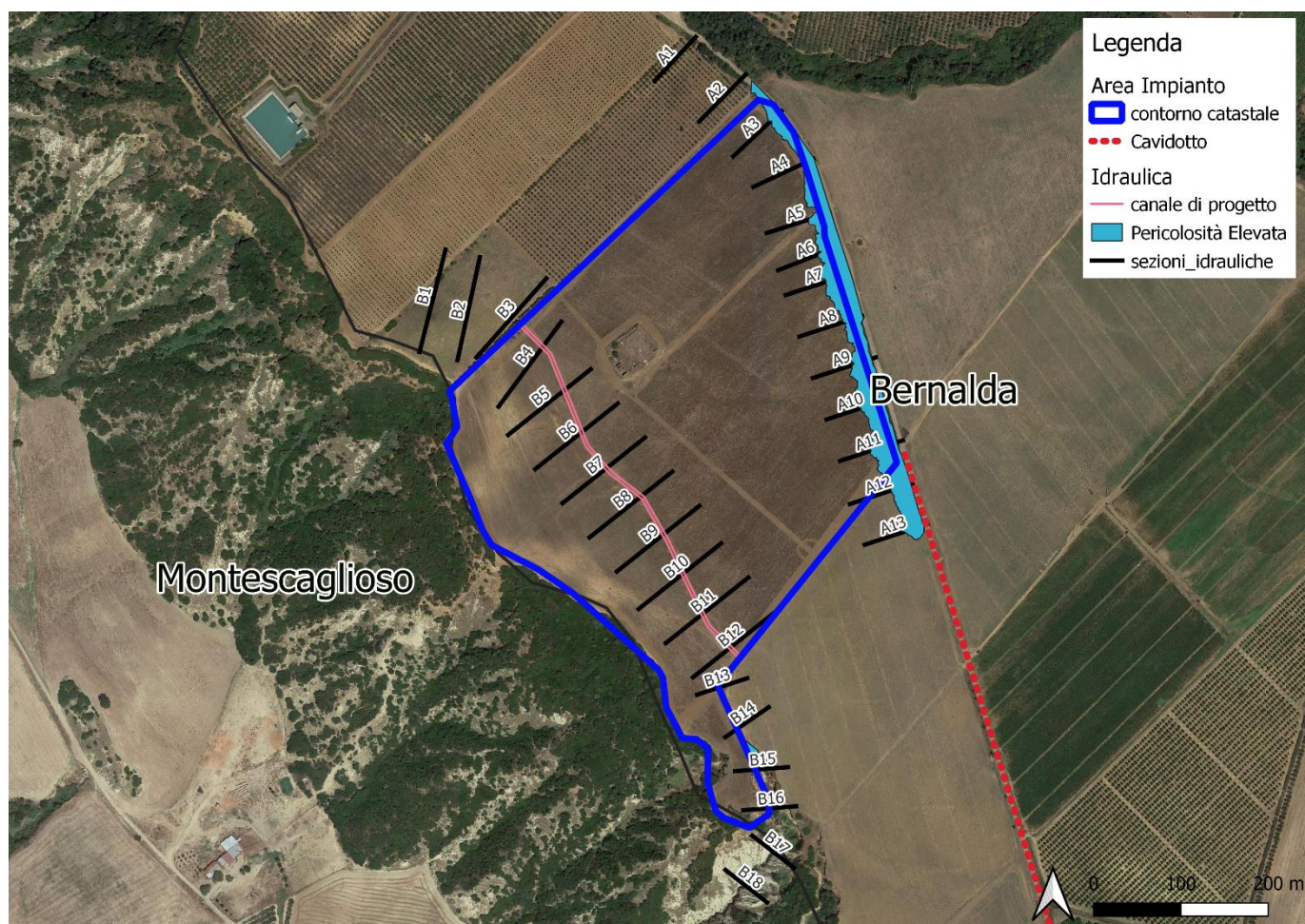


Figura 7: Configurazione dell'area con la realizzazione del canale in progetto

Dalla figura precedente si può notare che, a seguito dell'intervento in progetto, le aree allagabili si siano notevolmente ridotte, infatti solo l'impluvio A presenta una notevole espansione dell'area allagabile, ma l'impianto si trova in sicurezza idraulica.

Si sottolinea, inoltre, che le opere progettate 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.

7 Conclusioni

La presente relazione accompagna il progetto di realizzazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare a carattere agrivoltaico, con potenza nominale di 14.1 MW da realizzare nel comune di Bernalda (MT).

Per le finalità della presente analisi appare opportuno ricordare che il sito di interesse è attraversato da un fosso mappato anche da IGM in scala 1:25.000 e lambito da un canale di bonifica, risulta però esterno rispetto alle aree perimetrate dall'attuale Piano Stralcio per la Difesa del Rischio Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale (ex AdB Basilicata).

Il sito di realizzazione dell'impianto fotovoltaico ricade nel territorio di Bernalda (MT), mentre il punto di consegna finale ricade nel comune di Montescaglioso (MT). Le coordinate dell'area di impianto sono le seguenti:

- 40° 26'31.87" N;
- 16°39'26.73" E;
- Altitudine: circa 198 m s.l.m.

Il progetto si caratterizza per l'installazione a terra di pannelli fotovoltaici montati su strutture metalliche di supporto, denominate "tracker", in quanto in grado di variare l'angolazione e orientare i pannelli in modo da "inseguire" la fonte solare durante il suo moto apparente sulla volta celeste per massimizzare l'efficienza dell'impianto.

Per tali scopi, pertanto, nel presente studio è stata effettuata sia un'analisi idrologica volta alla determinazione delle portate al colmo di piena mediante il metodo VAPI Basilicata per tempi di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni e due analisi idrauliche:

- una in moto permanente 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;
- un'analisi idraulica semplificata per la valutazione della profondità di escavazione del ramo in corrispondenza dell'interferenza con il cavidotto.

Dallo studio idraulico relativo alla condizione di stato di fatto è emerso che l'impianto in progetto risulta interessato da aree a pericolosità idraulica generate dalla presenza degli impluvi A e B. Al fine di ridurre il rischio idraulico nella suddetta area e poter procedere alla messa in sicurezza del lotto in progetto, pertanto, risulta necessario ricalibrare le sezioni del canale B interno all'impianto mediante una sezione trapezoidale in terra di opportune dimensioni in modo che risulti sufficiente a garantire un contenimento delle portate.

Per tali scopi, pertanto, si è considerato un valore di riferimento per il 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.

Per l'impluvio B gli interventi saranno realizzati dalla sezione B3 alla B13 con altezze delle stesse pari a 0.8 m; per cui sarà adottato un franco di sicurezza di almeno 20 cm.

L'impianto A, invece, risulta esterno dall'area in disponibilità del proponente, per tanto la sicurezza idraulica verrà garantita tramite l'esclusione delle aree a rischio per il posizionamento dei moduli fotovoltaici.

Il cavidotto in progetto, invece, risulta interferente con alcuni rami del reticolo idrografico, ma la profondità di scavo per garantire una corretta posa del cavidotto, comprensiva di franco di sicurezza idraulico, non supera 1.10 m.

Allegato: Sezioni trasversali di progetto

Lavori di realizzazione di un parco agro-fotovoltaico denominato "Bernalda 1" con potenza in immissione pari a 14.1 MW integrato con un sistema di accumulo e relative opere di connessione

A.3. Relazione idrologica e idraulica

Nel presente allegato sono mostrate le sezioni trasversali di progetto utilizzate nelle simulazioni (viste da monte verso valle) con l'indicazione dei livelli idrici di piena in occasione dell'evento con i tempi di ritorno di 50, 100 e 300 anni.

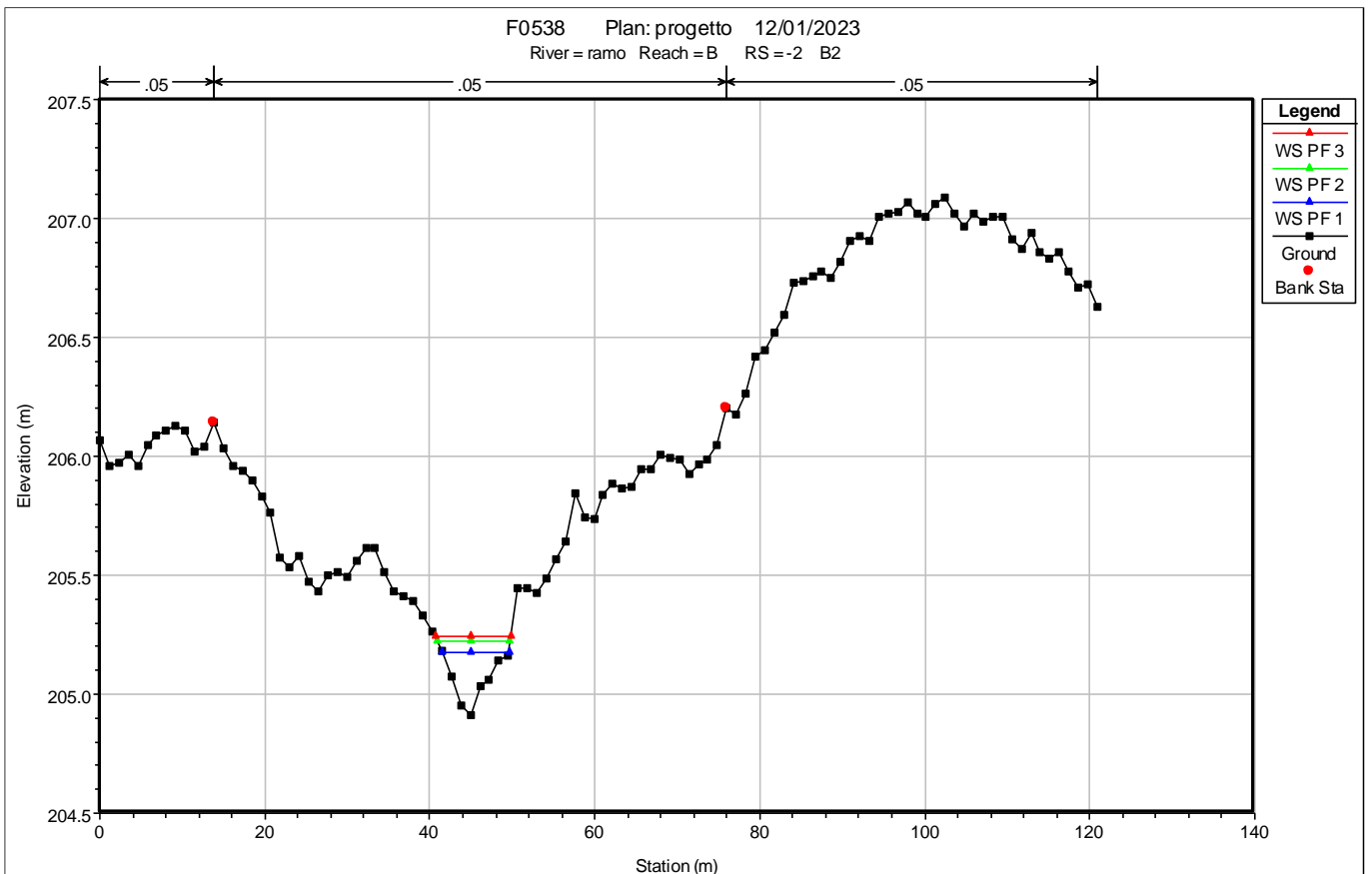
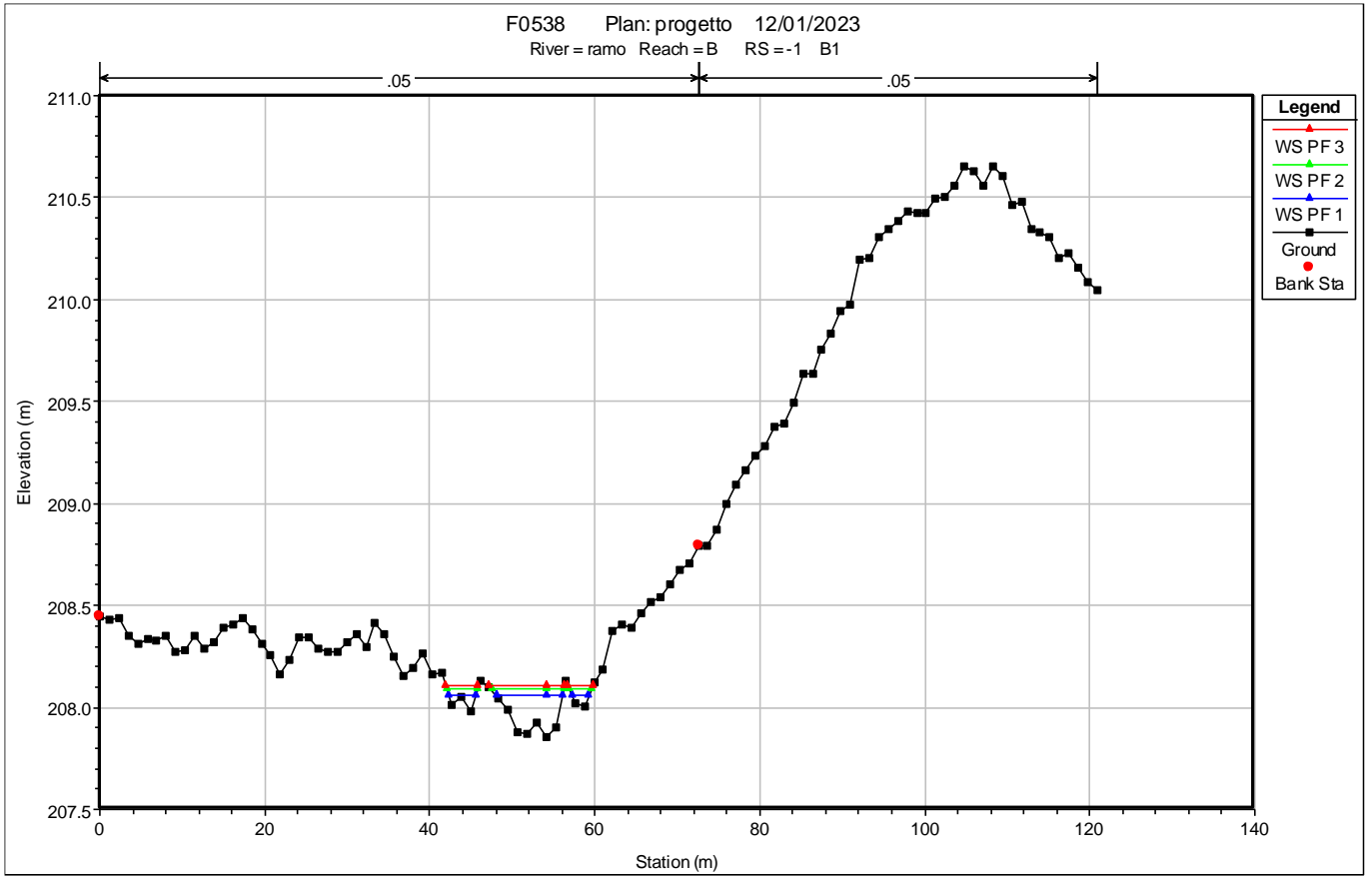
Nella tabella seguente è mostrato l'elenco delle sezioni trasversali utilizzate.

Stato di progetto - Sezioni					
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Parz. (m)	Fondo (mslm)	Pendenza (m/m)
B1	-1	0.00	43.93	207.85	0.0669
B2	-2	43.93	52.94	204.91	0.0574
B3	-3	96.87	47.24	201.88	0.0380
B4	-4	144.11	50.13	200.08	0.0430
B5	-5	194.24	50.18	197.93	0.0501
B6	-6	244.42	50.98	195.41	0.0329
B7	-7	295.40	50.48	193.74	0.0330
B8	-8	345.88	50.64	192.07	0.0321
B9	-9	396.52	51.30	190.45	0.0221
B10	-10	447.82	50.49	189.31	0.0320
B11	-11	498.31	50.75	187.70	0.0200
B12	-12	549.06	41.87	186.68	0.0264
B13	-13	590.93	58.38	185.57	0.0218
B14	-14	649.31	52.46	184.30	0.1440
B15	-15	701.77	47.70	176.74	0.2355
B16	-16	749.47	60.82	165.51	0.3183
B17	-17	810.29	52.29	146.15	0.4796
B18	-18	862.58	0.00	121.08	0.1006

Tabella 16

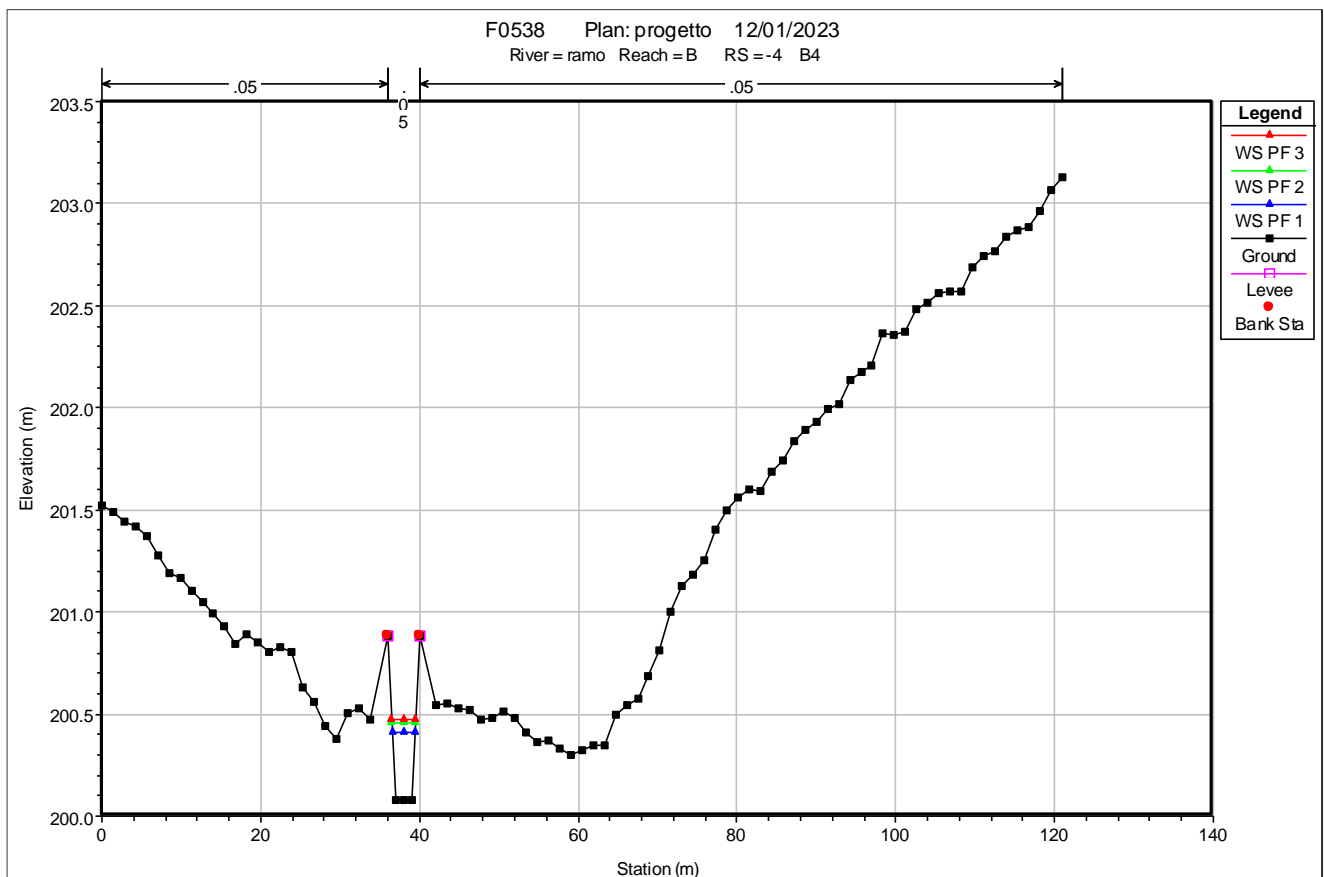
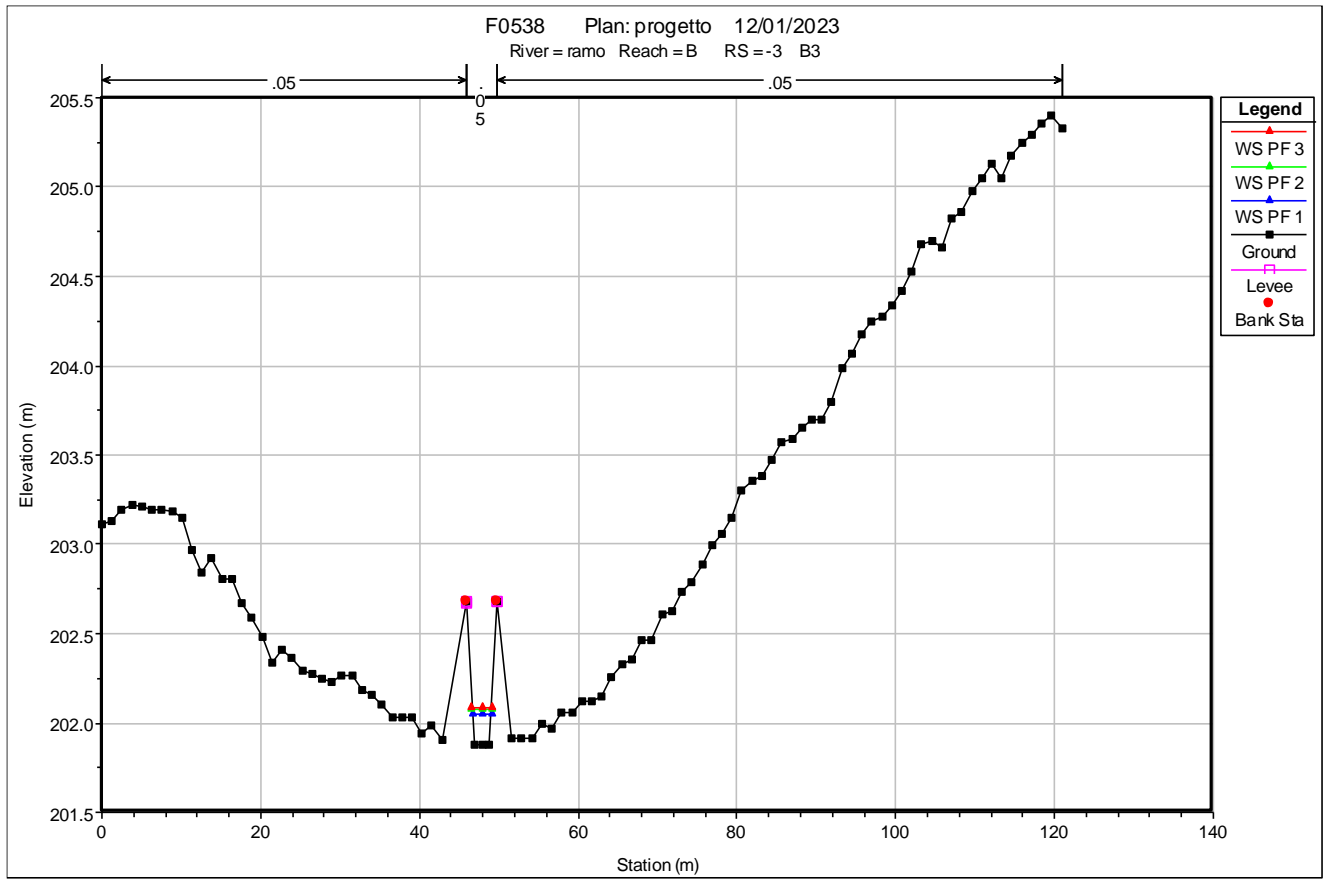
Lavori di realizzazione di un parco agro-fotovoltaico denominato "Bernalda 1" con potenza in immissione pari a 14.1 MW integrato con un sistema di accumulo e relative opere di connessione

A.3. Relazione idrologica e idraulica



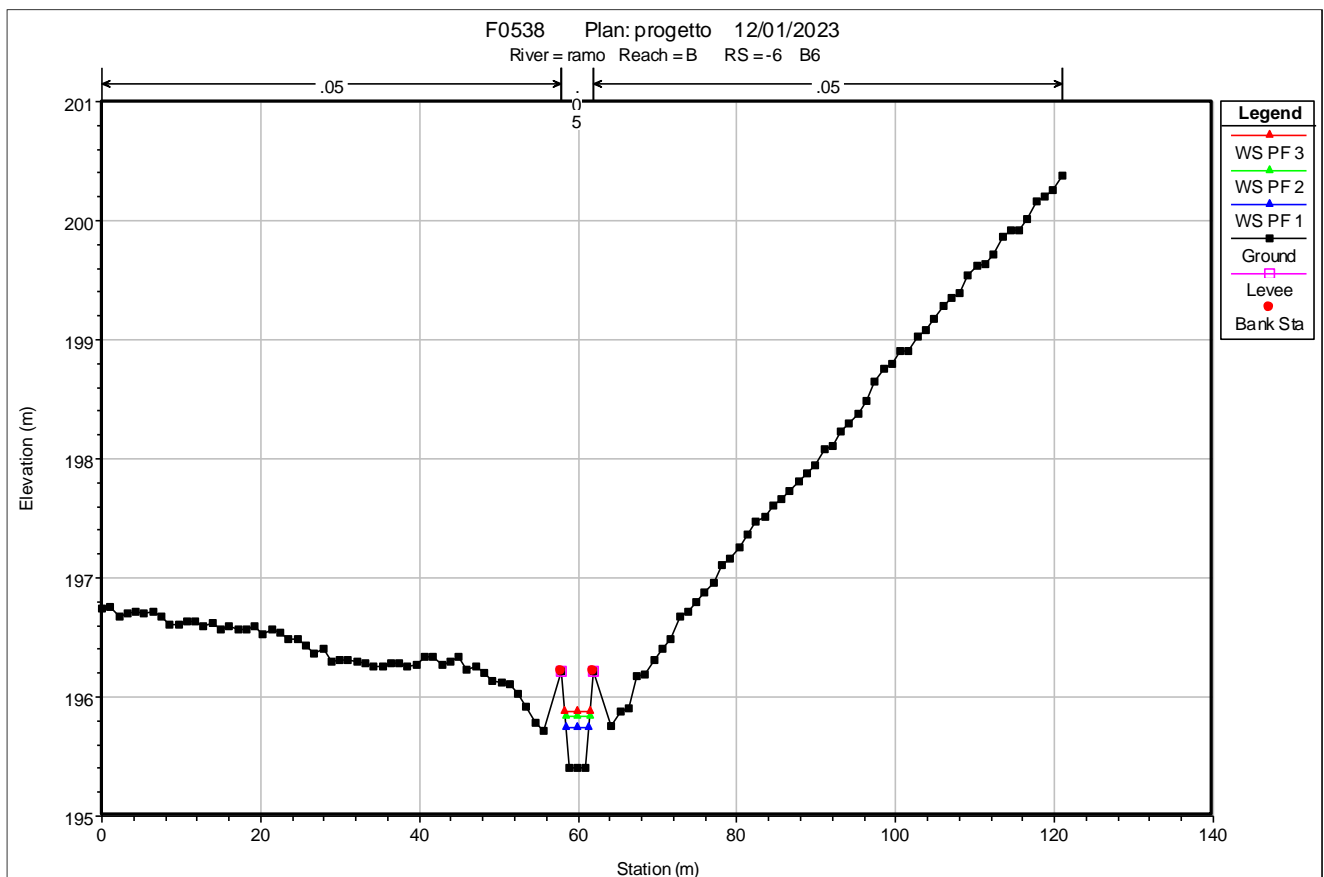
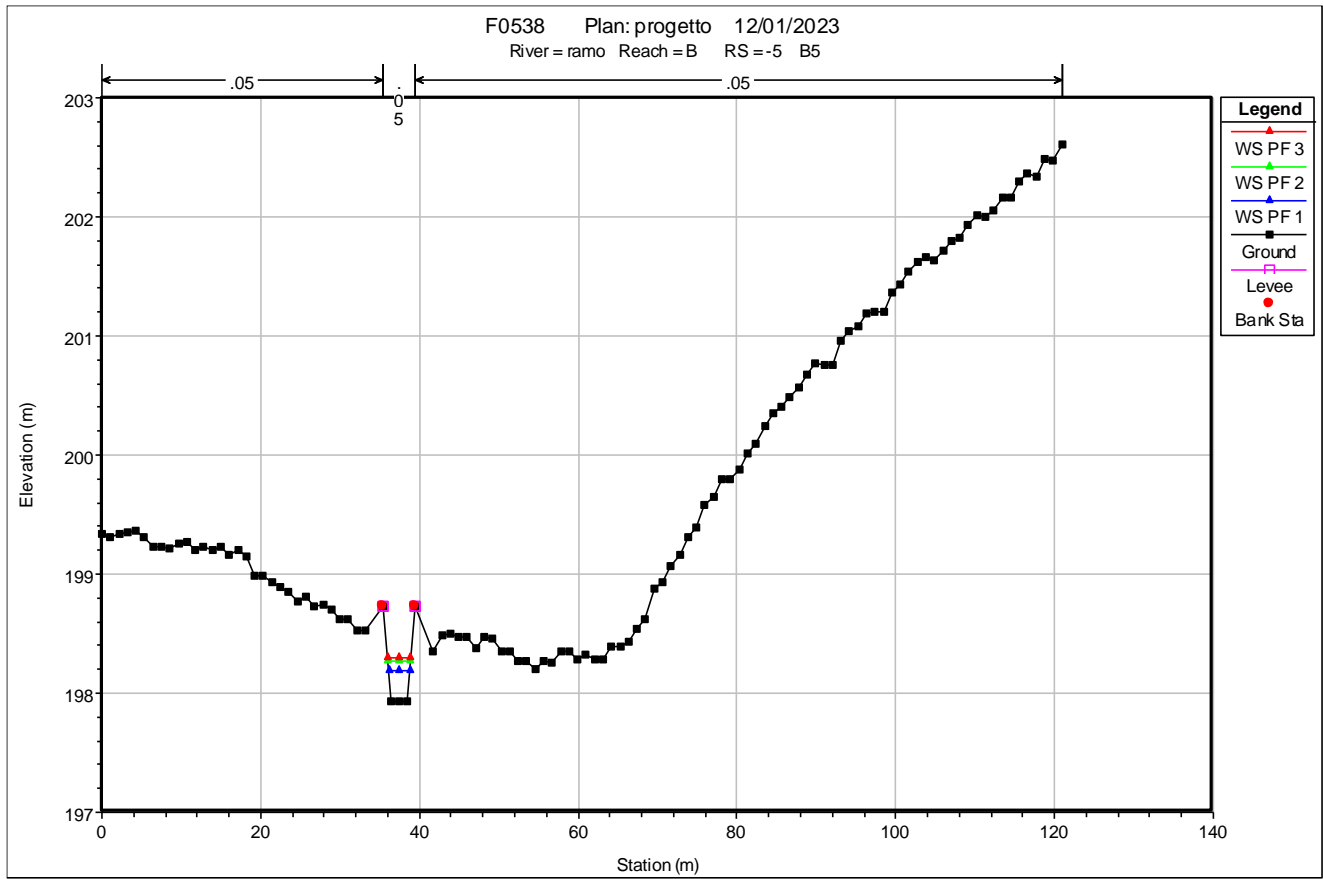
Lavori di realizzazione di un parco agro-fotovoltaico denominato "Bernalda 1" con potenza in immissione pari a 14.1 MW integrato con un sistema di accumulo e relative opere di connessione

A.3. Relazione idrologica e idraulica



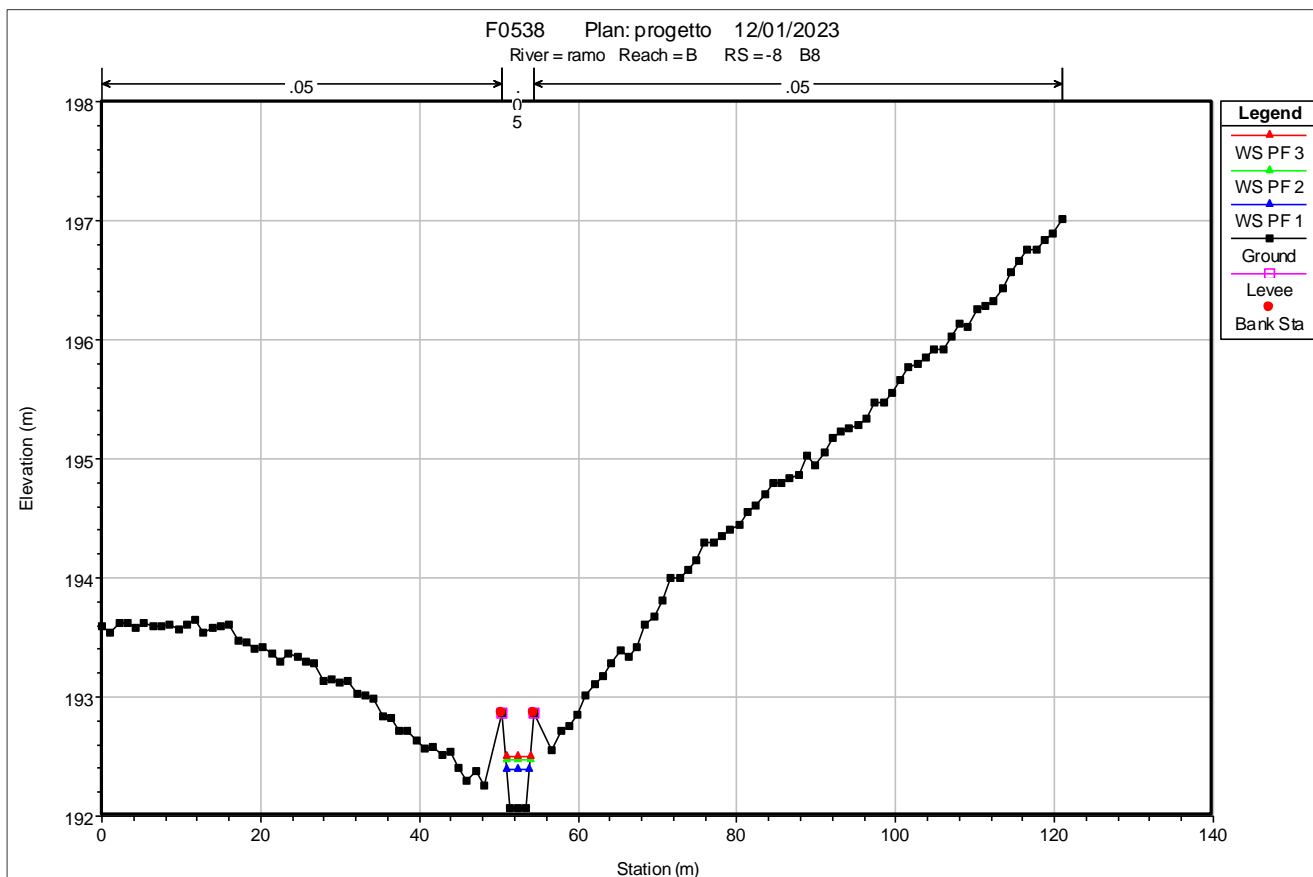
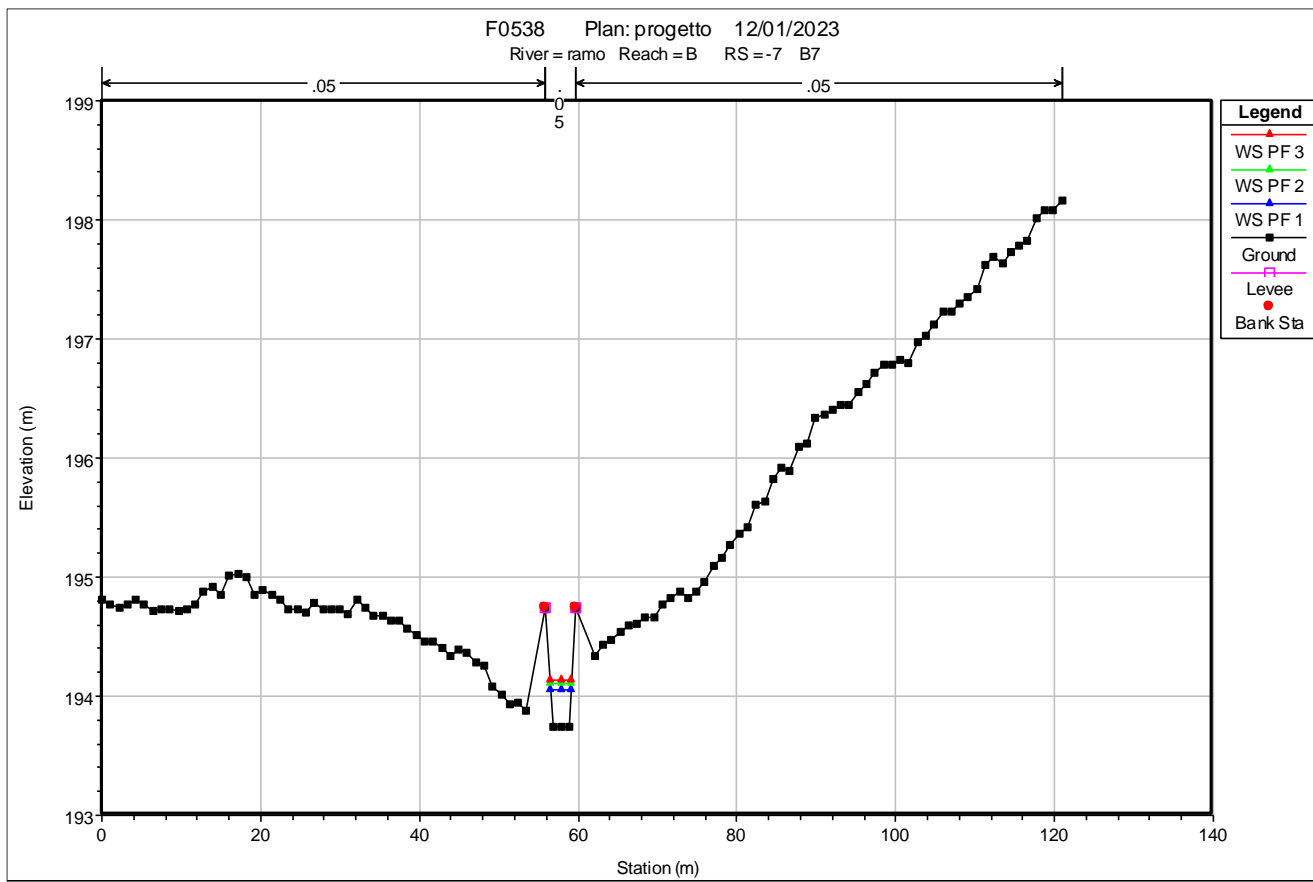
Lavori di realizzazione di un parco agro-fotovoltaico denominato "Bernalda 1" con potenza in immissione pari a 14.1 MW integrato con un sistema di accumulo e relative opere di connessione

A.3. Relazione idrologica e idraulica



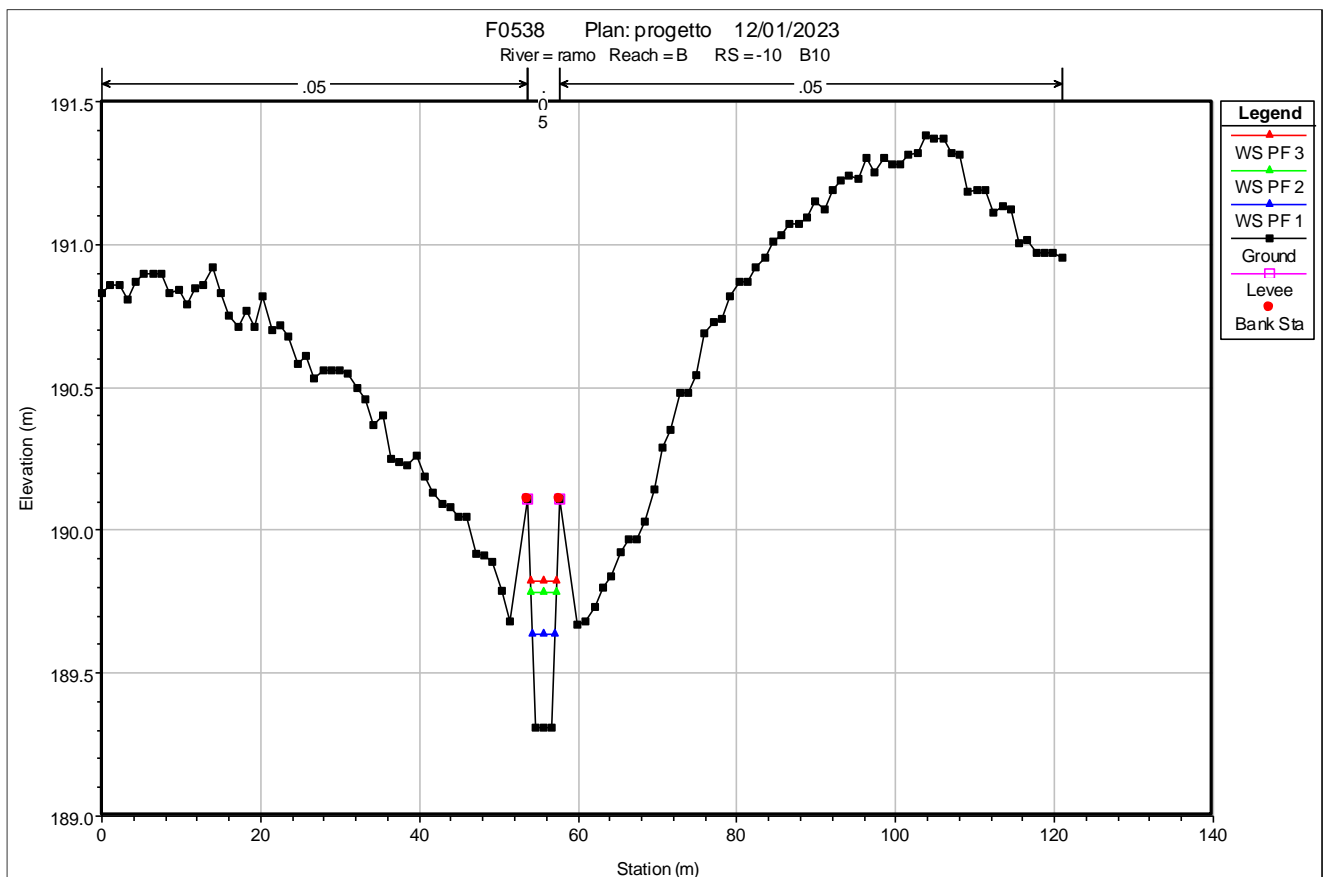
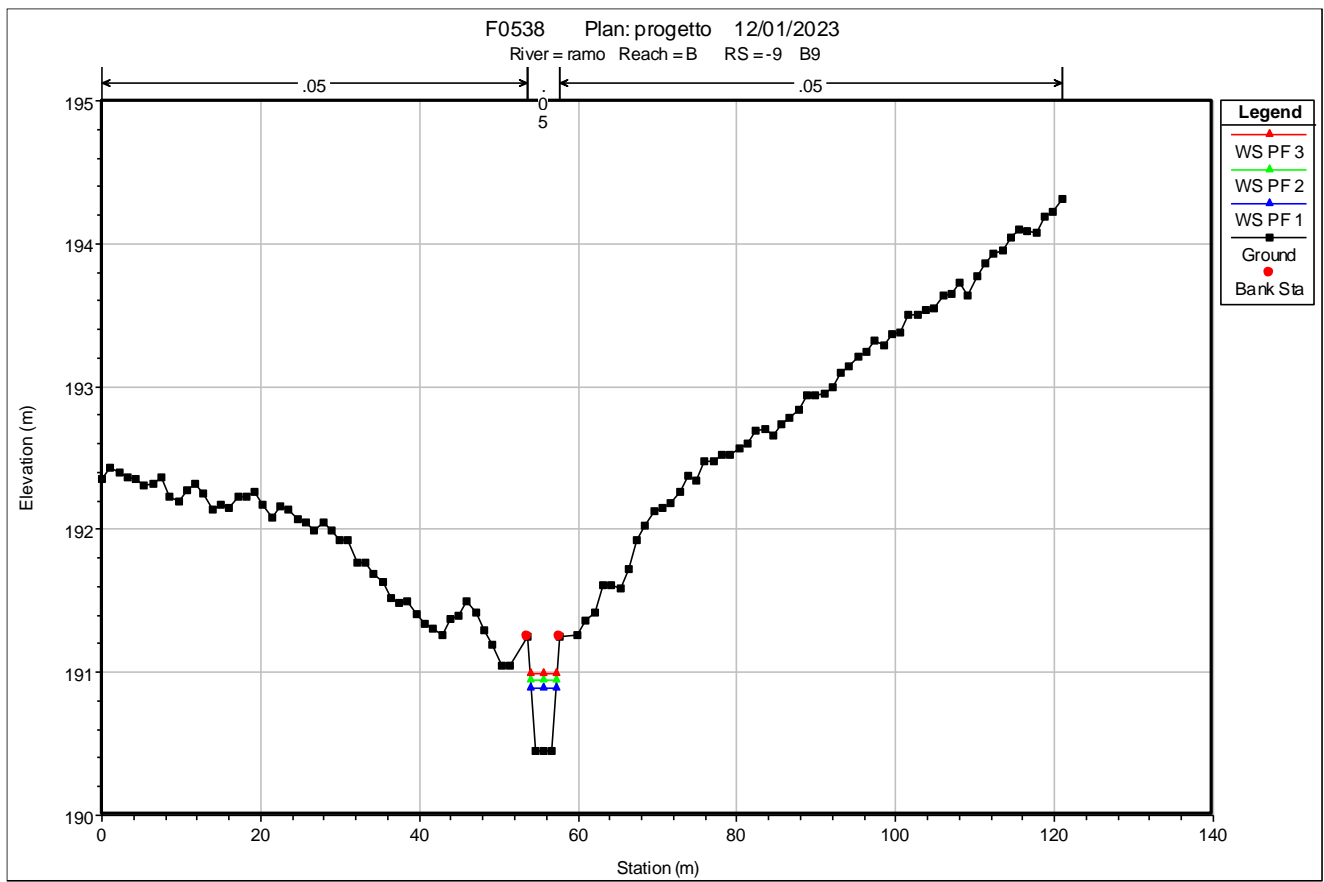
Lavori di realizzazione di un parco agro-fotovoltaico denominato "Bernalda 1" con potenza in immissione pari a 14.1 MW integrato con un sistema di accumulo e relative opere di connessione

A.3. Relazione idrologica e idraulica



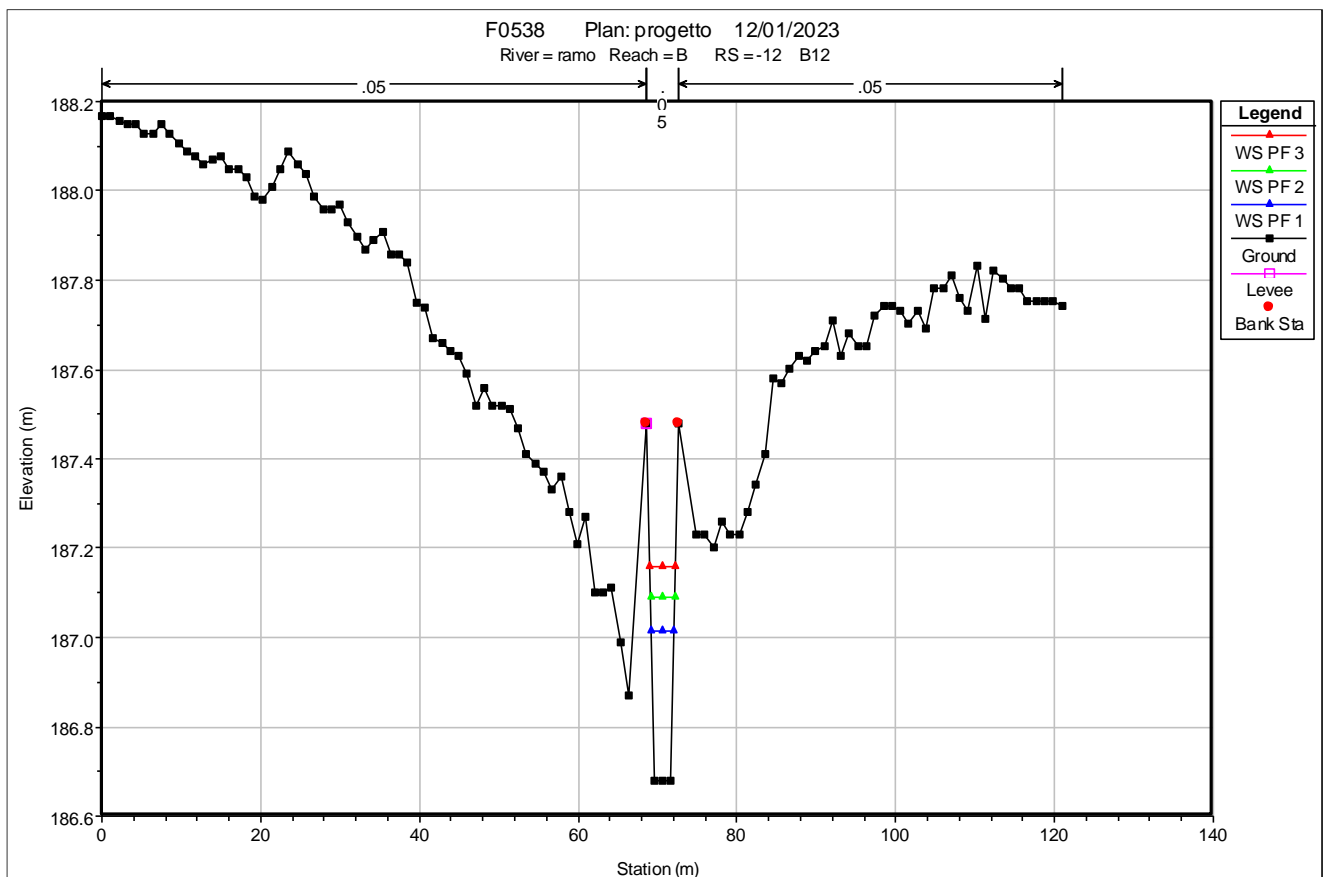
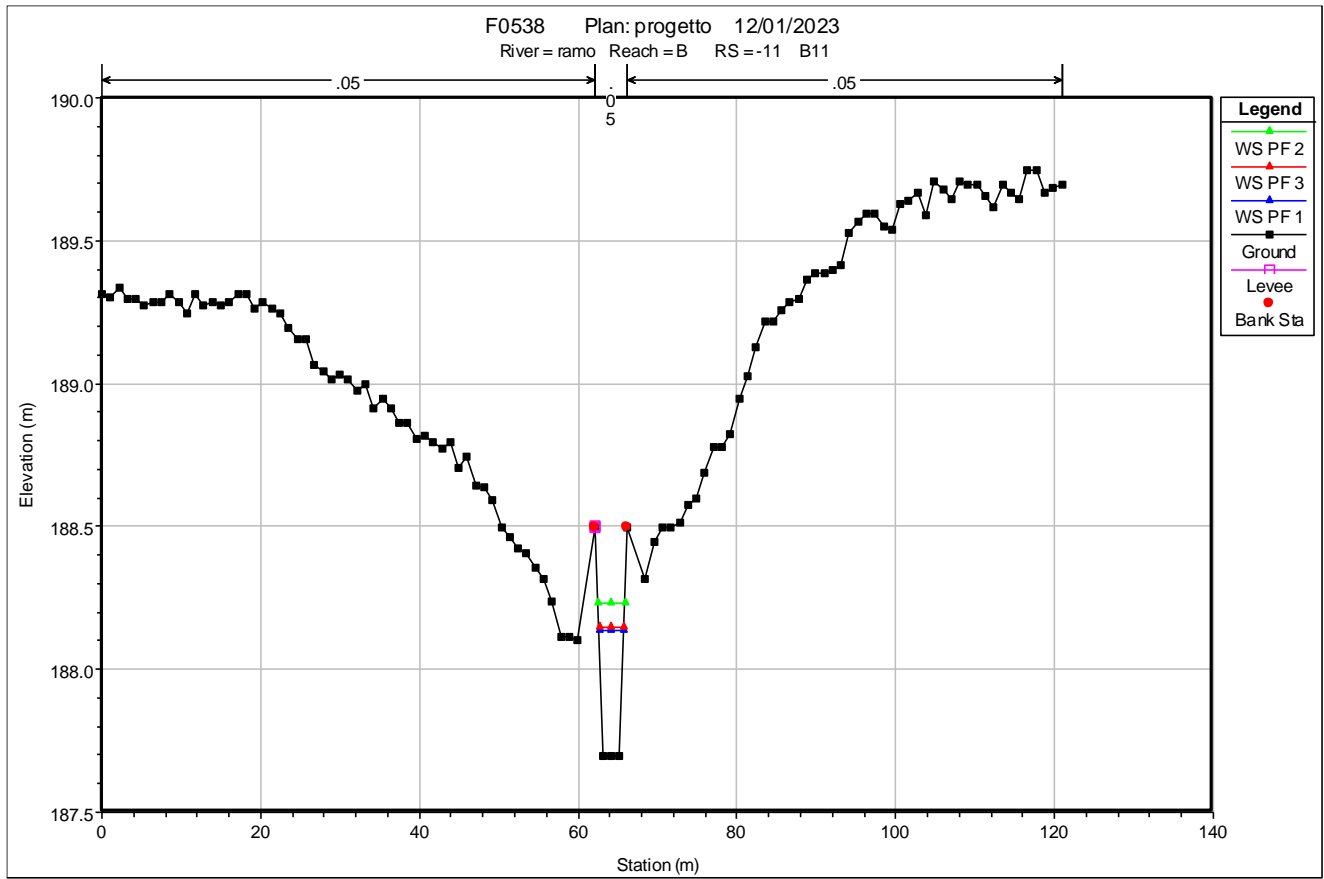
Lavori di realizzazione di un parco agro-fotovoltaico denominato "Bernalda 1" con potenza in immissione pari a 14.1 MW integrato con un sistema di accumulo e relative opere di connessione

A.3. Relazione idrologica e idraulica



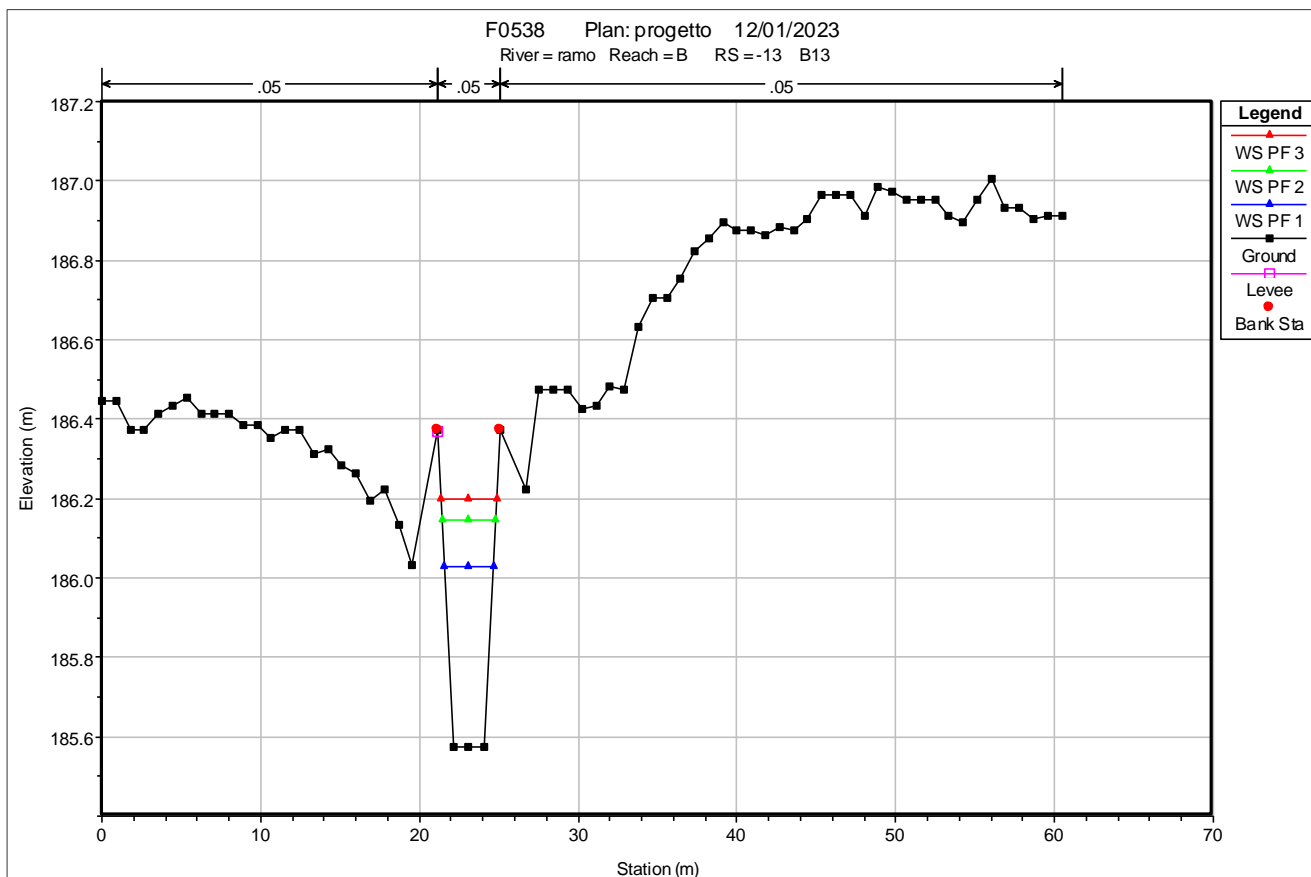
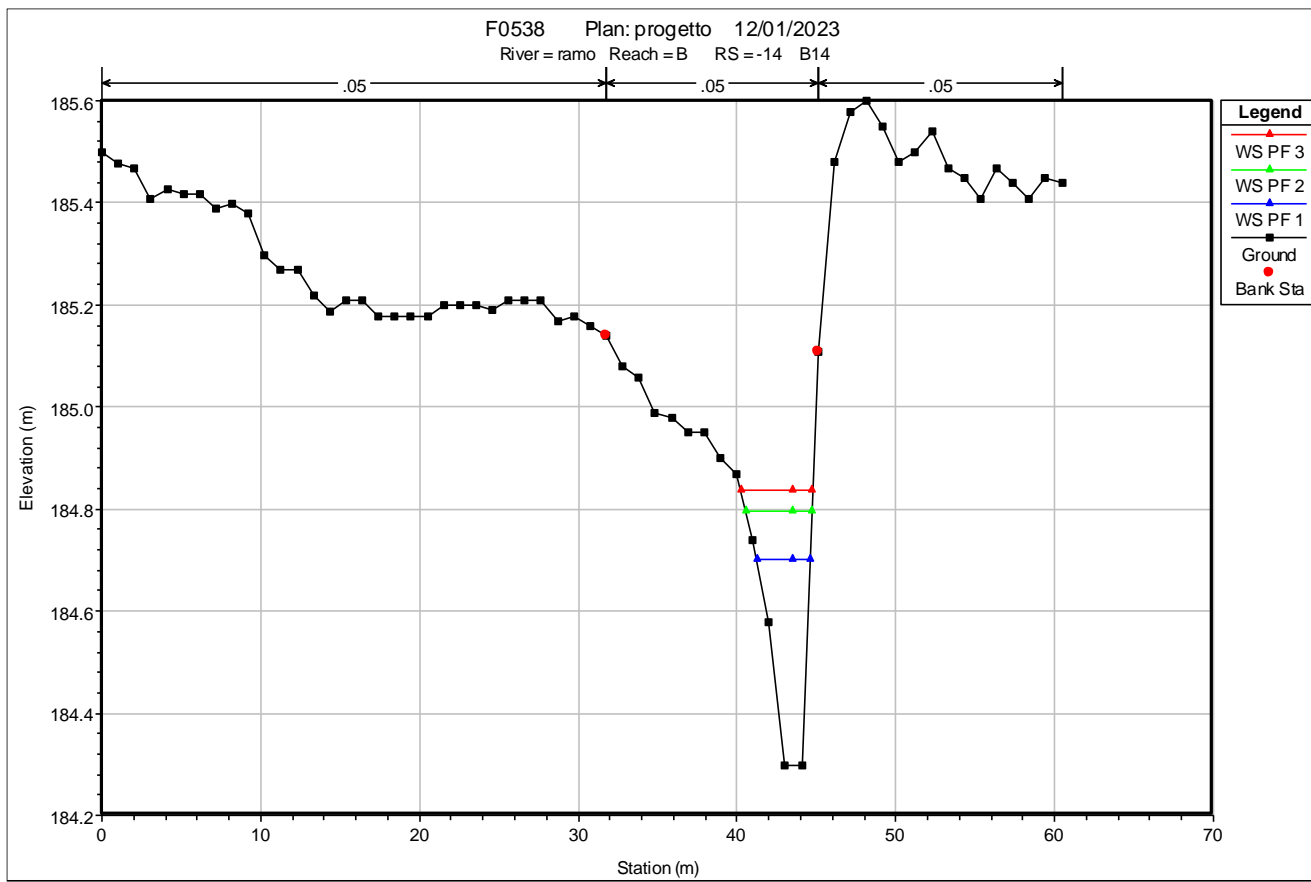
Lavori di realizzazione di un parco agro-fotovoltaico denominato "Bernalda 1" con potenza in immissione pari a 14.1 MW integrato con un sistema di accumulo e relative opere di connessione

A.3. Relazione idrologica e idraulica



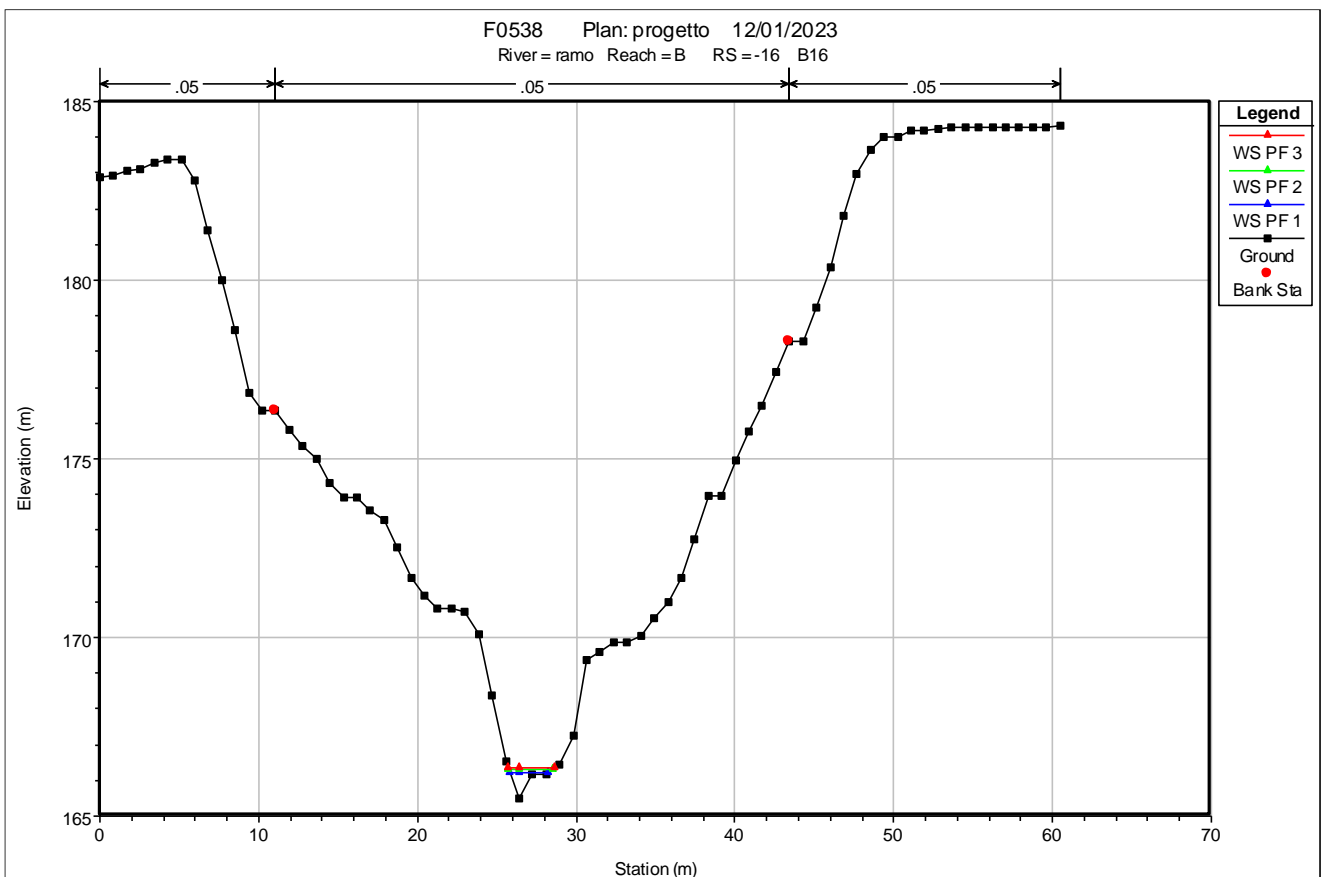
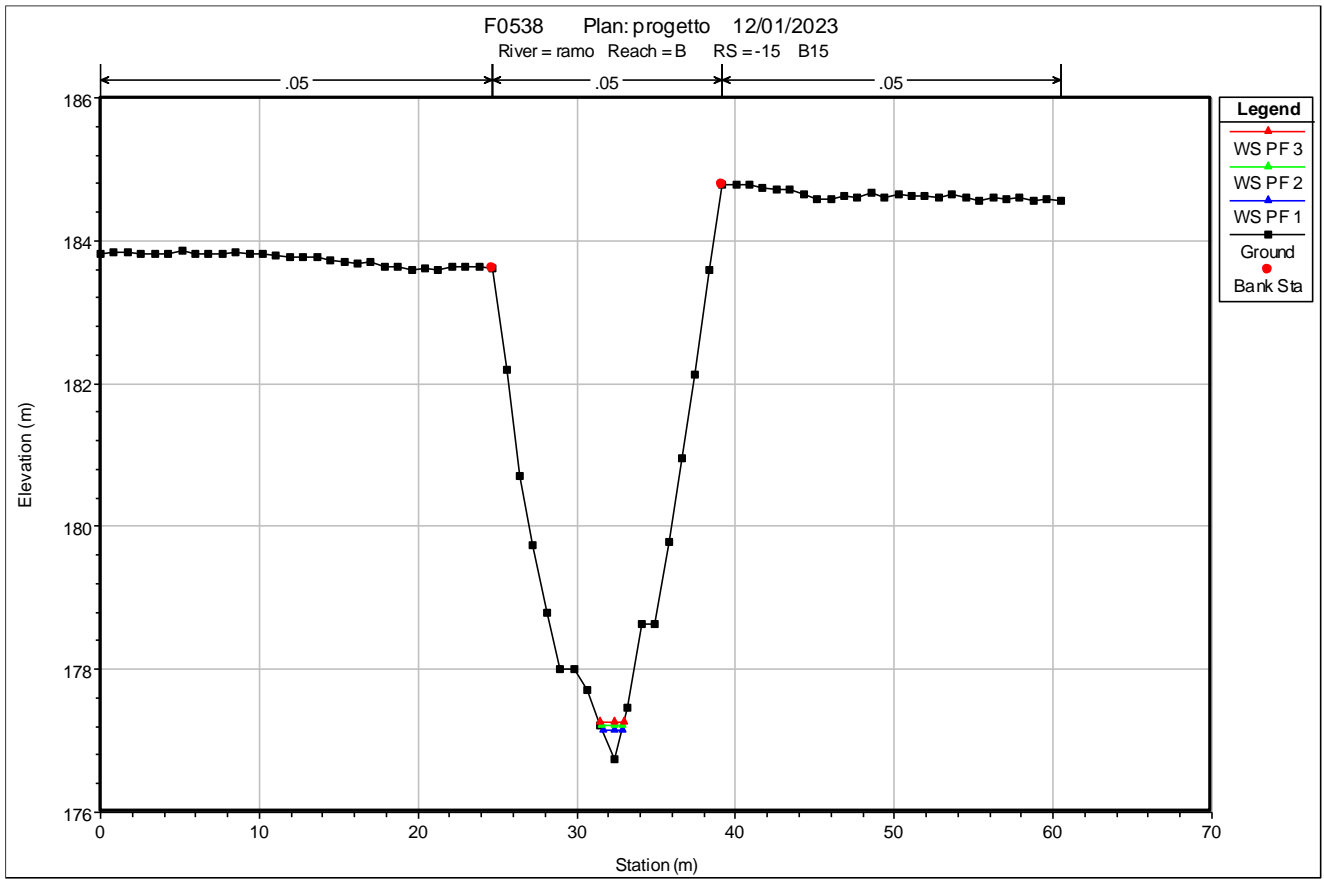
Lavori di realizzazione di un parco agro-fotovoltaico denominato "Bernalda 1" con potenza in immissione pari a 14.1 MW integrato con un sistema di accumulo e relative opere di connessione

A.3. Relazione idrologica e idraulica



Lavori di realizzazione di un parco agro-fotovoltaico denominato "Bernalda 1" con potenza in immissione pari a 14.1 MW integrato con un sistema di accumulo e relative opere di connessione

A.3. Relazione idrologica e idraulica



Lavori di realizzazione di un parco agro-fotovoltaico denominato "Bernalda 1" con potenza in immissione pari a 14.1 MW integrato con un sistema di accumulo e relative opere di connessione

A.3. Relazione idrologica e idraulica

