



REGIONE
CAMPANIA



COMUNE DI
ARIANO



PROVINCIA DI
AVELLINO

PROGETTO DEFINITIVO

Lavori di realizzazione di un parco agrovoltaiico della potenza di 103 MW con annesso impianto di storage e delle relative opere connesse nel comune di Ariano Irpino (AV)

Titolo elaborato

PD_1_02_CA_Relazione idrologica e idraulica

Codice elaborato

F0500AR02B

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. Mauro MARELLA
ing. Pierfrancesco ZIRPOLI
dr. for. Luigi ZUCCARO
arch. Gaia TELESCA
arch. Luciana TELESCA
ing. Cristina GUGLIELMI
ing. Manuela NARDOZZA
ing. Giovanni FORTUNATO
ing. Angelo CORRADO
dr. agr. Maria Rosaria MONTANARELLA
dr. for. Stefano ZACCARO



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).



EPF srl - Via Cesare Battisti, 116 83053 S. Andrea di Conza (AV)
Tel e Fax+39 0827 35687

Consulenze specialistiche

Committente

WEB PV Ariano S.r.l.

Via Leonardo Da Vinci 15, 39100 Bolzano

Presidente Consiglio di Amministrazione
KAINZ REINHARD

Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
Gennaio 2023	Prima emissione	MNA	CGU	GZU
Luglio 2024	Revisione	MNA	CGU	GZU

Relazione idrologica e idraulica

Sommario

1	Premessa	4
2	Analisi idrologica dello stato di fatto	6
2.1	Bacini idrografici	6
2.2	Tempi di corrivazione	7
2.3	Portate al colmo di piena	8
3	Analisi idraulica dello stato di fatto	12
3.1	Geometria del modello idrodinamico	12
3.2	Portate di piena	14
3.3	Condizioni al contorno	14
3.4	Parametri di scabrezza	15
3.5	Risultati della simulazione	15
4	Analisi idraulica semplificata	21
5	Analisi idrologica dello stato di progetto	24
6	Analisi idraulica dello stato di progetto	32
7	Criteri di invarianza idrologica e idraulica	36
7.1	Interventi in progetto	37
8	Conclusioni	41

1 Premessa

La presente relazione idrologica e idraulica accompagna il progetto di realizzazione di un impianto fotovoltaico a carattere agrovoltaico e relative opere di connessione da situare nel comune di Ariano Irpino (AV).

In particolare, si prevede un aggiornamento della relazione idrologica e idraulica redatta in sede di Valutazione di Impatto Ambientale (ID_VIP 9610), a fronte delle richieste di integrazione pervenute dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica in data 20.03.2024.

In particolare, con la presente si intende rispondere ai seguenti punti:

“2.2 Identificare le interferenze dell'impianto e del cavidotto esterno con il reticolo idrografico, indicando le modalità di risoluzione e nel caso si preveda l'utilizzo delle tecnologie trenchless (ad esempio TOC) svolgere il calcolo della massima profondità di erosione;

2.4 Tenuto conto che nella relazione F0500BR01A_PD_1_51_CA_Relazione geologica.pdf, a pag. 29, è scritto che “Particolare attenzione deve essere posta alla regimazione delle acque meteoriche per evitare che, il loro ruscellamento selvaggio e la loro infiltrazione negli strati più superficiali possa innescare fenomeni di instabilità” effettuare la verifica dell'invarianza idraulica indotta dalla realizzazione dell'opera e individuare il progetto di regimazione delle acque superficiali, utilizzando tecniche di ingegneria naturalistica se applicabili;

2.6 Tenuto conto che l'area di impianto, particella catastale 30, foglio 51, dalla cartografia fornita sembra interferire con un fosso, si chiede di rivedere il layout di impianto lasciando un opportuno margine tra i pannelli fotovoltaici e il fosso, al fine di salvaguardare il fosso stesso.”

Pertanto, nella presente, è stato effettuato un aggiornamento relativo alla valutazione dell'estensione delle aree allagabili per i rami del reticolo idrografico, in particolare per quelli cartografati da Carta Tecnica Regionale.

Per la finalità del presente studio, si ricorda che i rami di interesse risultano essere affluenti del Fiume Cervaro e pertanto ricadono nell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale della Regione Puglia (oggi Autorità Distrettuale di Bacino dell'Appennino Meridionale –Sede Puglia).

Per tali ragioni, sono stati analizzati compiutamente i regimi di deflusso a monte e a valle dell'area di interesse, nonché l'effettiva estensione delle aree allagabili con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, secondo le metodologie del VAPI Puglia. 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 stata 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, incluso il fosso segnalato al punto 2.6.

Inoltre, al fine di risolvere le interferenze tra il cavidotto in progetto e i rami del reticolo idrografico, è stata condotta un'analisi idraulica semplificata, preceduta da una 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. Tali interferenze saranno risolte mediante la citata tecnica T.O.C.

Al fine di assolvere al punto 2.4, a corredo del progetto di realizzazione dell'impianto fotovoltaico, nell'area di interesse è prevista anche la realizzazione di canalette di drenaggio in terra, finalizzate a una corretta gestione delle acque meteoriche. Tali opere sono atte a garantire, insieme alla progettazione delle vasche, il principio di invarianza idrologica e idraulica, come riportato nei paragrafi di seguito.

Nell'immagine di seguito è riportato un inquadramento dell'area di interesse.

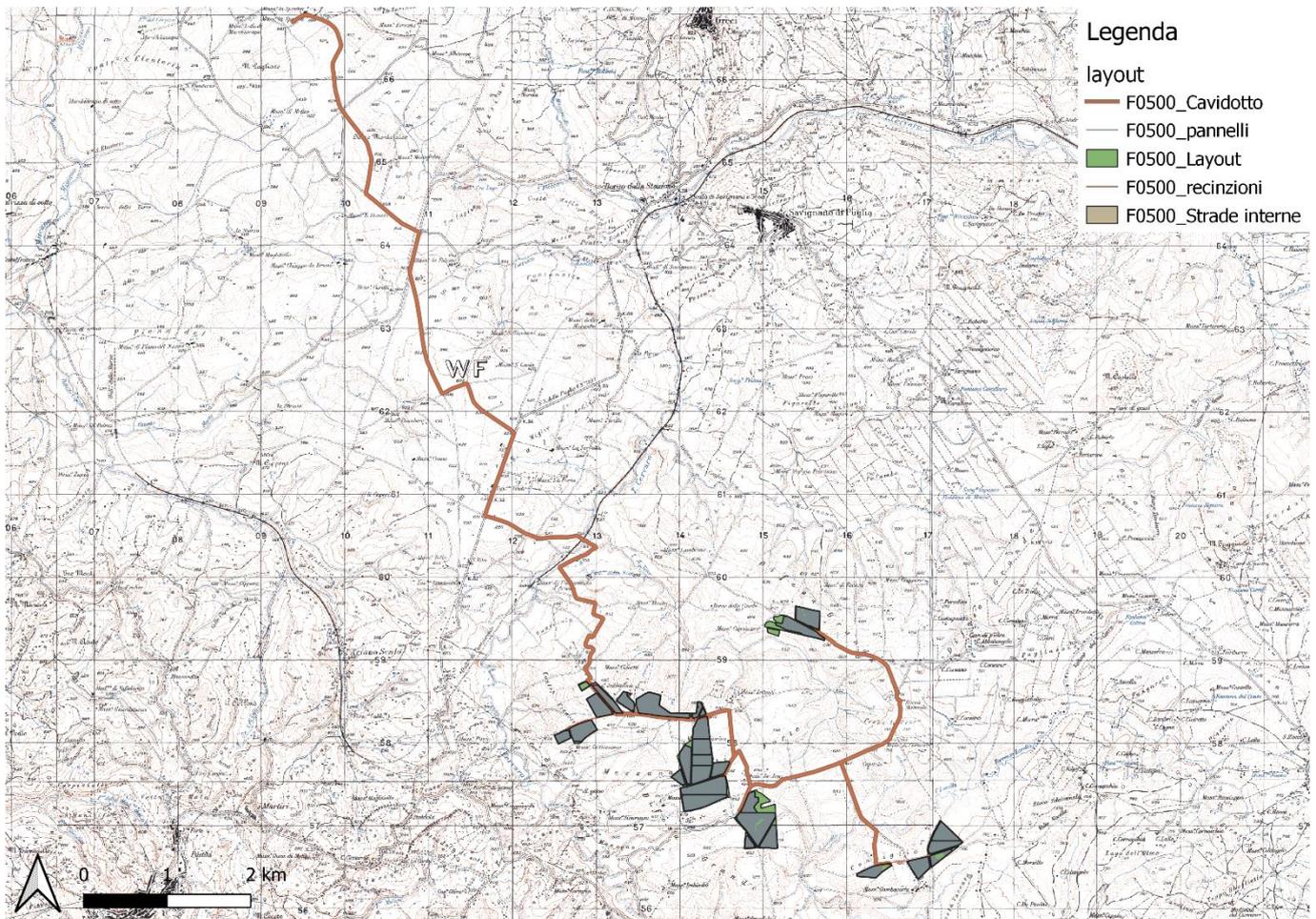


Figura 1: Inquadramento dell'impianto su base IGM in scala 1:25.000

2 Analisi idrologica dello stato di fatto

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

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 gli impluvi in esame con i bacini idrografici sottesi alla sezione di chiusura. 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*).

Nella tabella seguente sono indicate le caratteristiche fisiografiche del bacino idrografico. In rosso sono evidenziati i bacini idrografici aggiunti all'analisi precedente.

Tabella 1: Caratteristiche fisiografiche dei bacini idrografici

Caratteristiche fisiografiche									
Bacino idrografico	S (km ²)	Hmax (mslm)	Hmed (mslm)	Hmin (mslm)	L (km)	i (%)	y (%)	CN (-)	c (-)
Zona 4 (Bacino D)	18,550	929,00	727,66	623,00	6,59	4,64	1,42	55	0,30
Zona 4 (Bacino E)	0,711	687,00	653,23	566,00	1,26	9,64	9,77	55	0,30
Zona 4 (Bacino F)	1,298	701,00	671,54	581,00	1,70	7,07	9,95	55	0,30
Zona 4 (Bacino G)	1,261	701,00	659,16	566,00	2,04	6,62	12,43	55	0,30
Zona 4 (Bacino H)	0,804	679,00	634,85	574,00	1,03	10,23	7,60	55	0,30
Zona 4 (Bacino I)	5,762	712,00	664,68	573,00	5,53	2,51	9,08	55	0,30
Zona 4 (Bacino L)	0,577	693,00	674,17	648,00	1,03	4,38	6,50	55	0,30
Zona 4 (Bacino M)	0,069	682,60	672,21	657,62	0,28	8,92	5,89	55	0,30
Zona 4 (Bacino O)	0,037	661,13	647,98	630,88	0,24	12,61	7,99	55	0,30

Nella precedente tabella sono state indicate le seguenti grandezze:

- "S" (km²): superficie del bacino;
- "Hmax" (mslm): quota massima;
- "Hmed" (mslm): quota media;
- "Hmin" (mslm): quota minima;
- "L" (km): lunghezza dell'asta principale;
- "i" (%): pendenza dell'asta principale;
- "y" (%): pendenza media di versante;
- "c" (-): coefficiente di deflusso.

Come valore per il coefficiente di deflusso, in particolare, è stato scelto 0,30 per via del tipo di uso del suolo dei bacini idrografici considerati che risulta, secondo la Carta CORINE, essenzialmente agricolo (ad esclusione della sola area di interesse) con prevalenza di "seminativi".

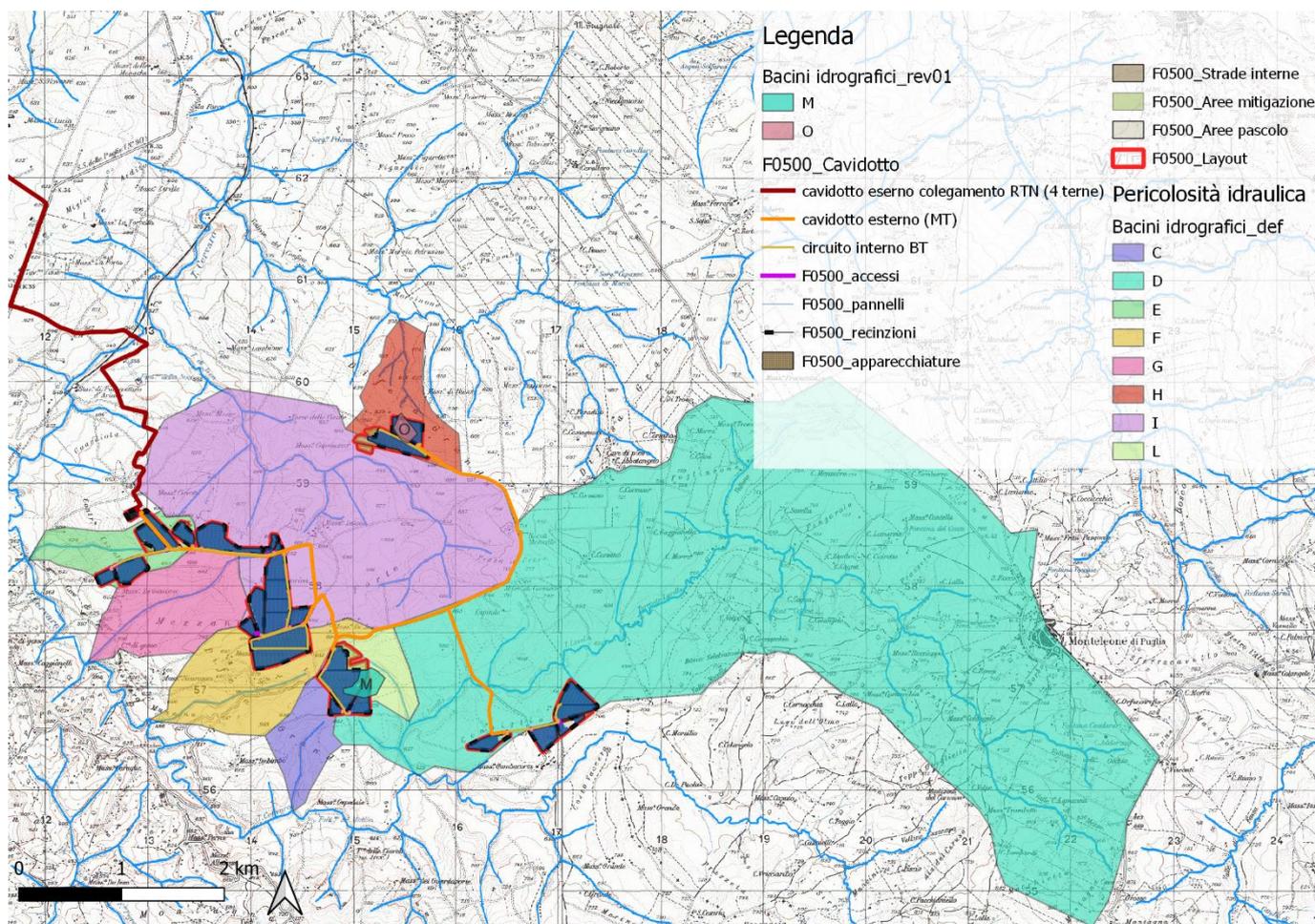


Figura 2: Corografia dell'area in esame con l'indicazione del bacino idrografico sotteso al ramo di interesse

Nella figura precedente sono mostrati i rami del reticolo idrografico in esame con i bacini idrografici sottesi dalle sezioni di chiusura individuata dall'area di interesse. La delimitazione è stata effettuata utilizzando sia la cartografia IGM in scala 1:25'000 della Regione Campania che il modello digitale del terreno.

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 per i bacini idrografici

Tempi di corrivazione						
Bacino idrografico	Giandotti (h)	Kirpich (h)	Ventura (h)	Pezzoli (h)	Pasini (h)	tc (h)
Zona 4 (Bacino D)	3,31	0,92	2,54	1,68	2,49	1,91
Zona 4 (Bacino E)	0,70	0,19	0,35	0,22	0,33	0,27
Zona 4 (Bacino F)	0,93	0,28	0,54	0,35	0,53	0,43
Zona 4 (Bacino G)	0,98	0,33	0,56	0,44	0,58	0,47
Zona 4 (Bacino H)	0,82	0,16	0,36	0,18	0,32	0,25
Zona 4 (Bacino I)	2,34	1,02	1,93	1,92	2,16	1,76

Zona 4 (Bacino L)	1,12	0,23	0,46	0,27	0,43	0,35
Zona 4 (Bacino M)	0,48	0,06	0,11	0,05	0,10	0,08
Zona 4 (Bacino O)	0,34	0,05	0,07	0,04	0,06	0,05

2.3 Portate al colmo di piena

Ai fini del calcolo delle portate al colmo di piena è stata utilizzata la metodologia VAPI Puglia così come consigliato dalla Relazione di Piano del PAI (redatto dall'Autorità di Bacino sede Puglia).

Nella figura seguente è mostrata una corografia della Puglia con l'individuazione delle zone pluviometriche omogenee del metodo VAPI. Il sito di interesse, in particolare, è situato nella "zona pluviometrica omogenea 4".

Il metodo scelto prevede il calcolo delle altezze di precipitazione critica utilizzando le seguenti espressioni:

$$zona\ 4: \quad x = 24.70 \cdot t^{0.256}$$

dove:

- "t" (h): tempo di corrivazione del bacino;
- "z" (mslm): quota caratteristica del bacino.

A seconda del tempo di ritorno considerato, poi, l'altezza di pioggia deve essere moltiplicata per un coefficiente di crescita dato dalla seguente espressione:

$$zona\ 4: \quad K_T = 0.5648 + 0.415 \cdot \ln(T)$$

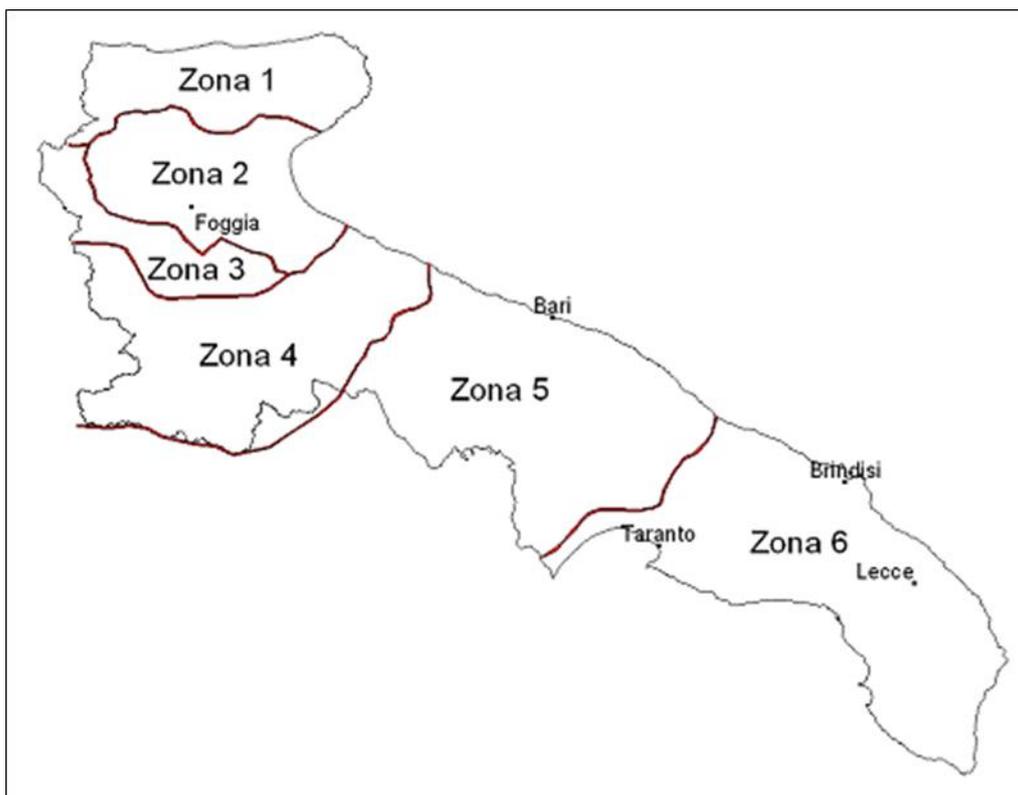


Figura 3: Corografia della Puglia con la delimitazione delle zone pluviometriche omogenee del VAPI

Nella seguente tabella, pertanto, sono stati calcolati sia i parametri delle curve di possibilità pluviometrica che le altezze di precipitazione critiche per i tempi di ritorno di riferimento di 30, 200 e 500 anni secondo la seguente espressione:

$$h_T = a_T \cdot t^n = K_T \cdot a' \cdot t^n$$

Tabella 3: Curve di possibilità pluviometrica

Curve di possibilità pluviometrica ed altezze di precipitazione (VAPI, zona 4)								
Bacino idrografico	K30 (-)	K200 (-)	K500 (-)	a' (mm)	n (-)	h30 (mm)	h200 (mm)	h500 (mm)
Zona 4 (Bacino D)	2,0	2,8	3,1	22,2	0,247	51,5	72,1	82,0
Zona 4 (Bacino E)	2,0	2,8	3,1	22,2	0,247	31,9	44,6	50,8
Zona 4 (Bacino F)	2,0	2,8	3,1	22,2	0,247	35,6	49,7	56,6
Zona 4 (Bacino G)	2,0	2,8	3,1	22,2	0,247	36,5	51,1	58,1
Zona 4 (Bacino H)	2,0	2,8	3,1	22,2	0,247	31,3	43,8	49,8
Zona 4 (Bacino I)	2,0	2,8	3,1	22,2	0,247	50,5	70,6	80,3
Zona 4 (Bacino L)	2,0	2,8	3,1	22,2	0,247	33,8	47,3	53,8
Zona 4 (Bacino M)	2,0	2,8	3,1	22,2	0,247	23,6	33,0	37,6
Zona 4 (Bacino O)	2,0	2,8	3,1	22,2	0,247	21,4	29,9	34,1

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 di Turazza:

$$Q_T = \frac{K \cdot S \cdot c \cdot i_T}{3.6} = \frac{K \cdot S \cdot c \cdot h_T}{3.6 \cdot t} = \frac{K \cdot S \cdot c \cdot a_T \cdot t^{n-1}}{3.6} = \frac{K \cdot S \cdot c \cdot K_T \cdot a' \cdot t^{n-1}}{3.6}$$

dove:

- "K" (-): fattore di riduzione areale;
- "S" (km²): superficie del bacino;
- "i" (mm/h): intensità di precipitazione;
- "c" (-): coefficiente di deflusso.

Nella tabella seguente sono presenti i valori delle portate al colmo di piena.

Tabella 4: Portate al colmo di piena

Portate al colmo di piena (VAPI, zona 4)			
Bacino idrografico	Q30 (m ³ /s)	Q200 (m ³ /s)	Q500 (m ³ /s)
Zona 4 (Bacino D)	41.7	58.4	66.4
Zona 4 (Bacino E)	6.9	9.6	11.0
Zona 4 (Bacino F)	9.0	12.7	14.4
Zona 4 (Bacino G)	8.1	11.3	12.9
Zona 4 (Bacino H)	8.3	11.6	13.2
Zona 4 (Bacino I)	13.8	19.3	22.0
Zona 4 (Bacino L)	4.7	6.5	7.4
Zona 4 (Bacino M)	1.7	2.3	2.7
Zona 4 (Bacino O)	1.2	1.7	1.9

Le portate di riferimento per la successiva analisi idraulica sono quelle riportate nella tabella precedente. Nella tabella seguente sono riportati i volumi corrispondenti a tali eventi di piena e nella successiva i relativi coefficienti udometrici.

Tabella 5: Volumi di piena

Volumi di piena (VAPI, zona 4)			
Bacino idrografico	V30 (m ³)	V200 (m ³)	V500 (m ³)
Zona 4 (Bacino D)	286.823	401.086	456.274
Zona 4 (Bacino E)	6.808	9.520	10.830
Zona 4 (Bacino F)	13.850	19.368	22.033
Zona 4 (Bacino G)	13.817	19.321	21.979
Zona 4 (Bacino H)	7.547	10.554	12.006
Zona 4 (Bacino I)	87.281	122.052	138.846
Zona 4 (Bacino L)	5.858	8.192	9.319
Zona 4 (Bacino M)	489	683	777
Zona 4 (Bacino O)	238	332	378

Tabella 6: Coefficienti udometrici

Coefficienti udometrici (VAPI, zona 4)			
Bacino idrografico	u30 (m ³ /s·km ²)	u200 (m ³ /s·km ²)	u500 (m ³ /s·km ²)
Zona 4 (Bacino D)	2,2	3,1	3,6
Zona 4 (Bacino E)	9,7	13,6	15,4
Zona 4 (Bacino F)	7,0	9,7	11,1

Lavori di realizzazione di un parco agrovoltaiico della potenza di 103 MW con annesso impianto di storage e delle relative opere connesse nel comune di Ariano Irpino (AV)

PD_1_02_CA_Relazione idrologica e idraulica

Zona 4 (Bacino G)	6,4	9,0	10,2
Zona 4 (Bacino H)	10,3	14,4	16,4
Zona 4 (Bacino I)	2,4	3,3	3,8
Zona 4 (Bacino L)	8,1	11,3	12,9
Zona 4 (Bacino M)	24,3	34,0	38,7
Zona 4 (Bacino O)	32,7	45,8	52,1

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 ad "alta" (AP), "media" (MP) e "bassa" (BP) pericolosità idraulica 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

Per gli scopi della presente analisi le sezioni trasversali sono state ricavate dal Modello Digitale del Terreno (DTM). In rosso sono evidenziate le sezioni trasversali integrate nell'ambito del presente studio.

Tabella 7: Sezioni trasversali – stato di fatto

Stato di fatto - Sezioni					
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Parz. (m)	Fondo (mslm)	Pendenza (m/m)
D1	-1	0.00	178.79	649.53	0.0077
D2	-2	178.79	211.27	648.14	0.0076
D3	-3	390.06	123.92	646.54	0.0116
D4	-4	513.98	180.61	645.11	0.0097
D5	-5	694.59	100.00	643.36	0.0089
D6	-6	794.59	163.23	673.89	0.0768
D7	-7	957.82	125.13	661.35	0.1009
D8	-8	1,082.95	100.00	648.72	0.0873
D9	-9	1,182.95	177.35	670.64	0.0673
D10	-10	1,360.30	186.27	658.71	0.0722
D11	-11	1,546.57	0.00	645.26	0.0698
E1	-1	0.00	174.33	670.29	0.0392
E2	-2	174.33	121.14	663.47	0.0623
E3	-3	295.47	135.72	655.92	0.0779
E4	-4	431.19	0.00	645.35	0.0579
F1	-1	0.00	153.65	671.21	0.0398
F2	-2	153.65	179.85	665.10	0.0373
F3	-3	333.50	0.00	658.39	0.0384
G1	-1	0.00	110.68	674.61	0.0272
G2	-2	110.68	66.73	671.60	0.0522
G3	-3	177.41	71.15	668.11	0.0564
G4	-4	248.56	100.00	664.10	0.0423

Lavori di realizzazione di un parco agrovoltaico della potenza di 103 MW con annesso impianto di storage e delle relative opere connesse nel comune di Ariano Irpino (AV)

PD_1_02_CA_Relazione idrologica e idraulica

G5	-5	348.56	75.50	692.42	0.1133
G6	-6	424.06	90.46	683.86	0.1010
G7	-7	514.52	102.87	674.73	0.0635
G8	-8	617.39	0.00	668.20	0.0901
H1	-1	0.00	175.87	647.10	0.0715
H2	-2	175.87	111.78	634.53	0.0829
H3	-3	287.65	70.43	625.26	0.0547
H4	-4	358.08	52.73	621.40	0.0630
H5	-5	410.81	100.00	618.08	0.0706
H6	-6	510.81	137.40	647.96	0.0643
H7	-7	648.21	66.68	639.13	0.1083
H8	-8	714.88	84.53	631.91	0.0772
H9	-9	799.42	0.00	625.38	0.0782
I1	-1	0.00	101.41	639.55	0.0295
I2	-2	101.41	105.03	636.56	0.0255
I3	-3	206.43	106.61	633.88	0.0201
I4	-4	313.04	121.56	631.73	0.0234
I5	-5	434.60	109.42	628.89	0.0208
I6	-6	544.02	100.00	626.61	0.0238
I7	-7	644.02	174.30	676.21	0.0756
I8	-8	818.33	141.48	663.04	0.0893
I9	-9	959.81	100.00	650.40	0.0817
I10	-10	1,059.81	121.27	648.99	0.0848
I11	-11	1,181.08	124.33	638.71	0.0846
I12	-12	1,305.41	100.00	628.19	0.0847
I13	-13	1,405.41	100.00	651.17	0.0610
I14	-14	1,505.41	83.16	645.07	0.0000
I15	-15	1,588.56	100.00	645.07	0.0333
I16	-16	1,688.56	116.20	666.17	0.085
I17	-17	1,804.76	84.20	656.28	0.072
I18	-18	1,888.96	0.00	650.24	0.0795
L1	-1	0.00	122.22	675.89	0.053
L2	-2	122.22	97.80	669.36	0.079
L3	-3	220.02	100.00	661.68	0.0646
L4	-4	320.02	124.55	671.22	0.047
L5	-5	444.58	0.00	665.37	0.0470
M1	-1	0.00	59.15	674.90	0.0622
M2	-2	59.15	54.72	671.22	0.0560
M3	-3	113.87	45.92	668.16	0.0772
M4	-4	159.79	0.00	664.61	0.0644
O1	-1	0.00	41.86	654.62	0.1203
O2	-2	41.86	43.32	649.59	0.1270
O3	-3	85.18	67.70	644.08	0.0867
O4	-4	152.88	26.80	638.21	0.1068
O5	-5	179.68	28.85	635.35	0.0907
O6	-6	208.53	0.00	632.73	0.1050

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.

Nella figura seguente è presente la planimetria dell'area in esame con l'indicazione delle tracce delle sezioni trasversali utilizzate.

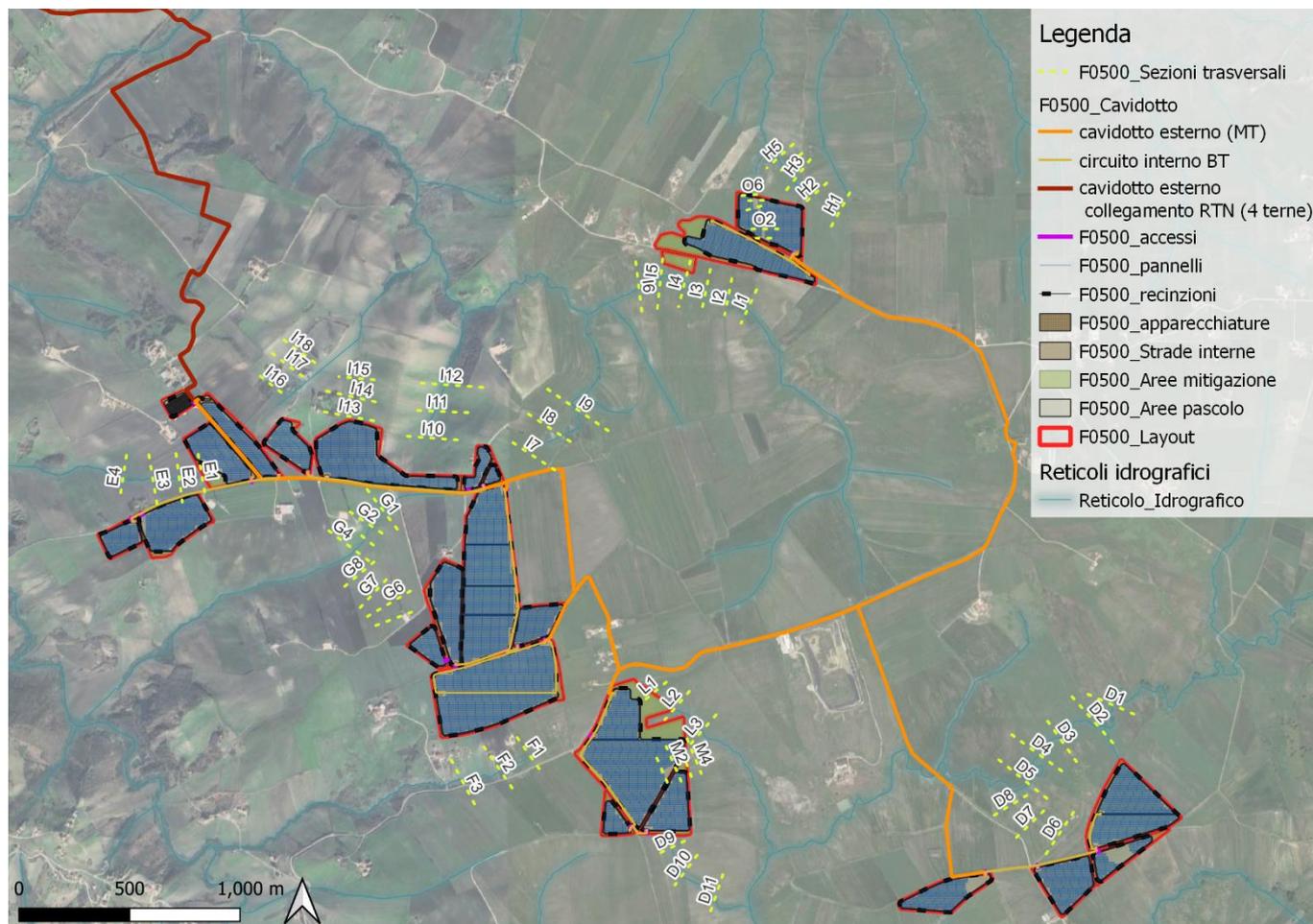


Figura 4: Planimetria delle sezioni trasversali individuate

3.2 Portate di piena

Come portate al colmo di piena sono state considerate quelle ricavate nella precedente analisi idrologica (cfr. la precedente tabella 4).

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 della simulazione

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 mostrate le planimetrie delle aree allagabili dei tratti di impluvio analizzati, mentre nella tabella seguente sono presenti tutti i valori numerici ottenuti dal modello.

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 un DTM con dimensione di cella di 10 metri.

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.

Tabella 8: Stato di fatto (Tr30)

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 (-)
D1	-1	0.00	649.53	41.7	650.36	0.83	61.86	1.33	31.44	54.07	0.59
D2	-2	178.79	648.14	41.7	649.18	1.04	79.16	0.93	44.79	25.69	0.40
D3	-3	390.06	646.54	41.7	647.60	1.06	39.42	1.63	25.65	74.83	0.64
D4	-4	513.98	645.11	41.7	646.23	1.12	38.40	1.59	26.28	70.07	0.61
D5	-5	694.59	643.36	41.7	644.50	1.14	39.48	1.49	27.90	61.54	0.57
D6	-6	794.59	673.89	41.7	674.97	1.08	20.85	3.68	11.33	407.72	1.59
D7	-7	957.82	661.35	41.7	662.30	0.95	23.63	3.53	11.81	385.27	1.59
D8	-8	1,082.95	648.72	41.7	649.56	0.84	22.55	4.18	9.99	561.20	2.00
D9	-9	1,182.95	670.64	41.7	671.45	0.81	27.65	3.16	13.18	314.21	1.46
D10	-10	1,360.30	658.71	41.7	659.69	0.98	19.81	3.55	11.76	367.64	1.47
D11	-11	1,546.57	645.26	41.7	646.31	1.05	20.86	3.73	11.17	421.46	1.63

Lavori di realizzazione di un parco agrovoltaico della potenza di 103 MW con annesso impianto di storage e delle relative opere connesse nel comune di Ariano Irpino (AV)

PD_1_02_CA_Relazione idrologica e idraulica

E1	-1	0.00	670.29	6.9	670.85	0.56	14.62	1.69	4.08	107.20	1.02
E2	-2	174.33	663.47	6.9	663.98	0.51	15.19	1.78	3.87	123.12	1.13
E3	-3	295.47	655.92	6.9	656.31	0.39	16.53	2.01	3.43	167.83	1.41
E4	-4	431.19	645.35	6.9	645.82	0.47	13.87	2.07	3.33	169.61	1.35
F1	-1	0.00	671.21	9.0	671.86	0.65	14.75	1.88	4.79	126.13	1.05
F2	-2	153.65	665.10	9.0	665.88	0.78	11.28	2.05	4.39	141.78	1.05
F3	-3	333.50	658.39	9.0	659.05	0.66	14.70	1.86	4.83	123.67	1.04
G1	-1	0.00	674.61	8.1	675.28	0.67	17.89	1.35	5.99	64.73	0.75
G2	-2	110.68	671.60	8.1	672.28	0.68	12.85	1.85	4.37	120.90	1.01
G3	-3	177.41	668.11	8.1	668.55	0.44	15.05	2.28	3.55	206.96	1.50
G4	-4	248.56	664.10	8.1	664.68	0.58	14.55	1.90	4.25	134.23	1.13
G5	-5	348.56	692.42	8.1	692.83	0.41	29.10	1.88	4.30	164.27	1.56
G6	-6	424.06	683.86	8.1	684.31	0.45	14.74	2.44	3.32	239.70	1.64
G7	-7	514.52	674.73	8.1	675.19	0.46	15.37	2.30	3.52	211.77	1.53
G8	-8	617.39	668.20	8.1	668.76	0.56	15.60	1.83	4.42	125.33	1.10
H1	-1	0.00	647.10	8.3	647.63	0.53	14.14	2.21	3.76	186.05	1.37
H2	-2	175.87	634.53	8.3	634.91	0.38	22.22	1.86	4.46	144.94	1.33
H3	-3	287.65	625.26	8.3	625.80	0.54	12.30	2.48	3.35	232.67	1.52
H4	-4	358.08	621.40	8.3	621.84	0.44	19.99	1.63	5.09	102.91	1.03
H5	-5	410.81	618.08	8.3	618.45	0.37	17.97	2.23	3.71	207.25	1.57
H6	-6	510.81	647.96	8.3	648.26	0.30	17.31	1.97	4.20	153.21	1.28
H7	-7	648.21	639.13	8.3	639.48	0.35	19.99	1.86	4.47	139.29	1.25
H8	-8	714.88	631.91	8.3	632.32	0.41	13.05	3.06	2.71	388.91	2.15
H9	-9	799.42	625.38	8.3	625.85	0.47	18.19	1.72	4.84	112.23	1.06
I1	-1	0.00	639.55	13.8	640.23	0.68	17.12	1.87	7.36	114.30	0.91
I2	-2	101.41	636.56	13.8	637.40	0.84	15.81	1.95	7.06	122.65	0.93
I3	-3	206.43	633.88	13.8	634.97	1.09	13.68	1.85	7.45	103.46	0.80
I4	-4	313.04	631.73	13.8	632.37	0.64	16.70	1.96	7.04	125.86	0.96
I5	-5	434.60	628.89	13.8	629.76	0.87	17.84	1.58	8.72	78.15	0.72
I6	-6	544.02	626.61	13.8	627.56	0.95	15.48	1.87	7.37	110.33	0.87
I7	-7	644.02	676.21	13.8	676.72	0.51	36.33	1.89	7.31	149.31	1.34
I8	-8	818.33	663.04	13.8	663.85	0.81	11.80	2.87	4.81	273.43	1.44
I9	-9	959.81	650.40	13.8	650.70	0.30	32.30	2.35	5.88	238.75	1.76
I10	-10	1,059.81	648.99	13.8	649.49	0.50	36.10	1.96	7.05	162.17	1.42
I11	-11	1,181.08	638.71	13.8	639.36	0.65	14.15	2.78	4.96	269.52	1.50
I12	-12	1,305.41	628.19	13.8	628.91	0.72	12.76	3.00	4.60	311.13	1.60
I13	-13	1,405.41	651.17	13.8	651.97	0.80	20.53	2.22	6.21	180.44	1.29
I14	-14	1,505.41	645.07	13.8	646.20	1.13	29.02	0.67	20.72	12.18	0.25
I15	-15	1,588.56	645.07	13.8	645.63	0.56	18.66	1.93	7.17	125.10	0.99
I16	-16	1,688.56	666.17	13.8	666.56	0.39	16.55	2.68	5.16	259.23	1.53
I17	-17	1,804.76	656.28	13.8	656.80	0.52	16.61	2.65	5.21	253.91	1.51
I18	-18	1,888.96	650.24	13.8	650.76	0.52	16.72	2.44	5.66	209.54	1.34
L1	-1	0.00	675.89	4.7	676.33	0.44	12.88	1.67	2.81	113.95	1.14
L2	-2	122.22	669.36	4.7	669.63	0.27	17.26	1.51	3.10	99.67	1.14
L3	-3	220.02	661.68	4.7	661.86	0.18	26.86	1.59	2.96	128.73	1.53
L4	-4	320.02	671.22	4.7	671.45	0.23	24.08	1.25	3.75	71.67	1.01
L5	-5	444.58	665.37	4.7	665.66	0.29	22.32	1.28	3.66	73.72	1.01
M1	-1	0.00	674.90	1.7	675.15	0.25	11.52	1.22	1.39	73.82	1.12
M2	-2	59.15	671.22	1.7	671.44	0.22	16.03	1.07	1.58	61.19	1.09
M3	-3	113.87	668.16	1.7	668.29	0.13	14.19	1.07	1.59	58.03	1.02

Lavori di realizzazione di un parco agrovoltaico della potenza di 103 MW con annesso impianto di storage e delle relative opere connesse nel comune di Ariano Irpino (AV)

PD_1_02_CA_Relazione idrologica e idraulica

M4	-4	159.79	664.61	1.7	664.76	0.15	13.83	1.38	1.24	103.68	1.47
O1	-1	0.00	654.62	1.2	654.78	0.16	11.57	1.29	0.93	94.76	1.45
O2	-2	41.86	649.59	1.2	649.77	0.18	8.86	1.43	0.84	109.59	1.48
O3	-3	85.18	644.08	1.2	644.36	0.28	4.65	1.89	0.63	170.79	1.64
O4	-4	152.88	638.21	1.2	638.41	0.20	10.60	1.11	1.08	65.03	1.11
O5	-5	179.68	635.35	1.2	635.59	0.24	4.94	2.01	0.60	200.68	1.85
O6	-6	208.53	632.73	1.2	632.98	0.25	7.98	1.21	0.99	71.97	1.10

Tabella 9: Stato di fatto (Tr200)

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 (-)
D1	-1	0.00	649.53	58.4	650.48	0.95	64.64	1.49	39.14	64.53	0.61
D2	-2	178.79	648.14	58.4	649.34	1.20	89.42	1.00	58.14	28.55	0.40
D3	-3	390.06	646.54	58.4	647.77	1.23	43.29	1.79	32.66	86.15	0.66
D4	-4	513.98	645.11	58.4	646.41	1.30	42.23	1.74	33.49	80.62	0.63
D5	-5	694.59	643.36	58.4	644.69	1.33	44.11	1.64	35.69	70.50	0.58
D6	-6	794.59	673.89	58.4	675.14	1.25	26.11	3.85	15.17	435.93	1.61
D7	-7	957.82	661.35	58.4	662.42	1.07	25.42	3.92	14.91	449.88	1.63
D8	-8	1,082.95	648.72	58.4	649.68	0.96	24.81	4.60	12.71	647.92	2.05
D9	-9	1,182.95	670.64	58.4	671.57	0.93	30.86	3.46	16.86	360.01	1.50
D10	-10	1,360.30	658.71	58.4	659.85	1.14	21.61	3.90	14.96	423.60	1.50
D11	-11	1,546.57	645.26	58.4	646.45	1.19	23.29	4.10	14.23	487.35	1.68
E1	-1	0.00	670.29	9.6	670.93	0.64	16.55	1.83	5.23	121.20	1.04
E2	-2	174.33	663.47	9.6	664.06	0.59	16.90	1.82	5.26	120.47	1.04
E3	-3	295.47	655.92	9.6	656.34	0.42	17.11	2.49	3.86	249.18	1.67
E4	-4	431.19	645.35	9.6	645.91	0.56	15.40	2.10	4.56	162.97	1.23
F1	-1	0.00	671.21	12.7	671.95	0.74	16.79	2.05	6.20	143.47	1.08
F2	-2	153.65	665.10	12.7	665.98	0.88	12.85	2.23	5.70	160.36	1.07
F3	-3	333.50	658.39	12.7	659.13	0.74	15.87	2.08	6.10	146.62	1.07
G1	-1	0.00	674.61	11.3	675.36	0.75	20.16	1.49	7.60	75.04	0.77
G2	-2	110.68	671.60	11.3	672.38	0.78	14.69	1.98	5.71	131.66	1.01
G3	-3	177.41	668.11	11.3	668.60	0.49	15.65	2.62	4.32	258.26	1.59
G4	-4	248.56	664.10	11.3	664.79	0.69	16.64	1.90	5.95	124.79	1.01
G5	-5	348.56	692.42	11.3	692.86	0.44	30.26	2.12	5.34	195.94	1.61
G6	-6	424.06	683.86	11.3	684.38	0.52	16.73	2.64	4.28	269.76	1.67
G7	-7	514.52	674.73	11.3	675.25	0.52	17.39	2.51	4.51	241.47	1.57
G8	-8	617.39	668.20	11.3	668.84	0.64	17.69	1.99	5.69	141.31	1.12
H1	-1	0.00	647.10	11.6	647.70	0.60	15.68	2.42	4.79	213.68	1.40
H2	-2	175.87	634.53	11.6	634.96	0.43	23.64	2.08	5.58	171.19	1.36
H3	-3	287.65	625.26	11.6	625.87	0.61	13.98	2.68	4.33	261.02	1.54
H4	-4	358.08	621.40	11.6	621.90	0.50	21.11	1.83	6.32	123.45	1.07
H5	-5	410.81	618.08	11.6	618.50	0.42	18.78	2.48	4.68	239.17	1.58
H6	-6	510.81	647.96	11.6	648.32	0.36	18.59	2.19	5.29	179.20	1.31
H7	-7	648.21	639.13	11.6	639.54	0.41	21.80	2.05	5.65	162.12	1.29
H8	-8	714.88	631.91	11.6	632.38	0.47	14.87	3.30	3.51	432.59	2.17
H9	-9	799.42	625.38	11.6	625.91	0.53	19.89	1.90	6.10	131.47	1.10
I1	-1	0.00	639.55	19.3	640.33	0.78	18.20	2.11	9.15	137.32	0.95

Lavori di realizzazione di un parco agrovoltaico della potenza di 103 MW con annesso impianto di storage e delle relative opere connesse nel comune di Ariano Irpino (AV)

PD_1_02_CA_Relazione idrologica e idraulica

I2	-2	101.41	636.56	19.3	637.52	0.96	17.03	2.15	8.99	140.11	0.94
I3	-3	206.43	633.88	19.3	635.11	1.23	15.48	2.02	9.54	118.53	0.82
I4	-4	313.04	631.73	19.3	632.47	0.74	18.02	2.18	8.86	147.58	0.99
I5	-5	434.60	628.89	19.3	629.88	0.99	19.49	1.74	11.08	90.01	0.74
I6	-6	544.02	626.61	19.3	627.69	1.08	17.55	2.04	9.48	125.13	0.88
I7	-7	644.02	676.21	19.3	676.77	0.56	40.35	2.07	9.32	171.43	1.38
I8	-8	818.33	663.04	19.3	663.96	0.92	13.42	3.10	6.22	306.37	1.46
I9	-9	959.81	650.40	19.3	650.74	0.34	35.78	2.60	7.41	281.16	1.83
I10	-10	1,059.81	648.99	19.3	649.54	0.55	39.68	2.16	8.94	187.64	1.45
I11	-11	1,181.08	638.71	19.3	639.46	0.75	15.33	3.06	6.30	309.95	1.53
I12	-12	1,305.41	628.19	19.3	629.01	0.82	14.42	3.29	5.87	358.02	1.64
I13	-13	1,405.41	651.17	19.3	652.06	0.89	25.40	2.33	8.28	194.05	1.30
I14	-14	1,505.41	645.07	19.3	646.36	1.29	31.99	0.75	25.63	15.00	0.27
I15	-15	1,588.56	645.07	19.3	645.73	0.66	20.49	2.11	9.15	143.04	1.01
I16	-16	1,688.56	666.17	19.3	666.64	0.47	17.61	2.98	6.47	305.35	1.57
I17	-17	1,804.76	656.28	19.3	656.88	0.60	17.65	2.96	6.52	299.41	1.55
I18	-18	1,888.96	650.24	19.3	650.85	0.61	17.85	2.72	7.10	246.48	1.38
L1	-1	0.00	675.89	6.5	676.38	0.49	14.55	1.81	3.58	128.70	1.17
L2	-2	122.22	669.36	6.5	669.67	0.31	18.31	1.69	3.86	117.12	1.17
L3	-3	220.02	661.68	6.5	661.89	0.21	27.56	1.79	3.64	153.70	1.57
L4	-4	320.02	671.22	6.5	671.49	0.27	26.21	1.38	4.71	82.76	1.04
L5	-5	444.58	665.37	6.5	665.71	0.34	24.60	1.40	4.63	84.45	1.03
M1	-1	0.00	674.90	2.3	675.17	0.27	12.91	1.32	1.75	82.59	1.14
M2	-2	59.15	671.22	2.3	671.47	0.25	17.96	1.16	1.98	68.81	1.11
M3	-3	113.87	668.16	2.3	668.31	0.15	14.96	1.18	1.95	67.07	1.04
M4	-4	159.79	664.61	2.3	664.78	0.17	14.47	1.53	1.51	121.42	1.51
O1	-1	0.00	654.62	1.7	654.80	0.18	13.18	1.41	1.21	108.03	1.49
O2	-2	41.86	649.59	1.7	649.80	0.21	10.11	1.55	1.09	124.44	1.51
O3	-3	85.18	644.08	1.7	644.39	0.31	5.31	2.06	0.83	193.54	1.67
O4	-4	152.88	638.21	1.7	638.47	0.26	22.69	0.89	1.90	44.87	0.99
O5	-5	179.68	635.35	1.7	635.61	0.26	5.40	2.38	0.71	274.02	2.09
O6	-6	208.53	632.73	1.7	633.02	0.29	9.27	1.27	1.34	75.55	1.07

Tabella 10: Stato di fatto (Tr500)

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 (-)
D1	-1	0.00	649.53	66.4	650.53	1.00	65.83	1.56	42.54	69.11	0.62
D2	-2	178.79	648.14	66.4	649.40	1.26	93.37	1.03	64.18	29.74	0.40
D3	-3	390.06	646.54	66.4	647.84	1.30	45.00	1.85	35.87	90.66	0.66
D4	-4	513.98	645.11	66.4	646.49	1.38	43.83	1.81	36.71	85.19	0.63
D5	-5	694.59	643.36	66.4	644.77	1.41	46.05	1.69	39.20	74.27	0.59
D6	-6	794.59	673.89	66.4	675.20	1.31	28.60	3.91	16.99	446.03	1.62
D7	-7	957.82	661.35	66.4	662.48	1.13	26.20	4.07	16.33	475.32	1.64
D8	-8	1,082.95	648.72	66.4	649.73	1.01	25.76	4.77	13.92	686.14	2.07
D9	-9	1,182.95	670.64	66.4	671.63	0.99	32.23	3.58	18.53	378.85	1.51
D10	-10	1,360.30	658.71	66.4	659.91	1.20	22.38	4.05	16.41	446.28	1.51
D11	-11	1,546.57	645.26	66.4	646.51	1.25	24.31	4.25	15.61	515.11	1.70
E1	-1	0.00	670.29	11.0	670.96	0.67	17.41	1.90	5.80	127.56	1.05

Lavori di realizzazione di un parco agrovoltaico della potenza di 103 MW con annesso impianto di storage e delle relative opere connesse nel comune di Ariano Irpino (AV)

PD_1_02_CA_Relazione idrologica e idraulica

E2	-2	174.33	663.47	11.0	664.09	0.62	17.38	1.90	5.78	128.52	1.06
E3	-3	295.47	655.92	11.0	656.36	0.44	17.61	2.60	4.24	265.52	1.69
E4	-4	431.19	645.35	11.0	645.94	0.59	15.87	2.20	5.01	173.81	1.25
F1	-1	0.00	671.21	14.4	671.98	0.77	17.41	2.12	6.78	151.47	1.09
F2	-2	153.65	665.10	14.4	666.03	0.93	13.48	2.30	6.27	167.49	1.08
F3	-3	333.50	658.39	14.4	659.16	0.77	16.19	2.18	6.61	157.04	1.09
G1	-1	0.00	674.61	12.9	675.40	0.79	21.11	1.55	8.33	80.12	0.79
G2	-2	110.68	671.60	12.9	672.42	0.82	15.53	2.02	6.39	134.78	1.01
G3	-3	177.41	668.11	12.9	668.62	0.51	15.89	2.78	4.64	285.79	1.64
G4	-4	248.56	664.10	12.9	664.82	0.72	17.04	2.03	6.36	140.33	1.06
G5	-5	348.56	692.42	12.9	692.88	0.46	30.63	2.22	5.81	210.46	1.63
G6	-6	424.06	683.86	12.9	684.40	0.54	17.59	2.73	4.73	283.13	1.68
G7	-7	514.52	674.73	12.9	675.28	0.55	18.27	2.59	4.98	254.04	1.59
G8	-8	617.39	668.20	12.9	668.87	0.67	18.60	2.05	6.29	148.37	1.13
H1	-1	0.00	647.10	13.2	647.73	0.63	16.20	2.52	5.24	226.41	1.41
H2	-2	175.87	634.53	13.2	634.98	0.45	24.26	2.17	6.09	182.49	1.38
H3	-3	287.65	625.26	13.2	625.91	0.65	14.69	2.76	4.78	272.61	1.55
H4	-4	358.08	621.40	13.2	621.92	0.52	21.59	1.92	6.88	132.38	1.09
H5	-5	410.81	618.08	13.2	618.52	0.44	19.13	2.58	5.12	252.57	1.59
H6	-6	510.81	647.96	13.2	648.35	0.39	19.15	2.28	5.79	190.16	1.32
H7	-7	648.21	639.13	13.2	639.56	0.43	22.57	2.13	6.19	171.77	1.30
H8	-8	714.88	631.91	13.2	632.40	0.49	15.63	3.40	3.89	450.35	2.18
H9	-9	799.42	625.38	13.2	625.94	0.56	20.61	1.98	6.67	139.74	1.11
I1	-1	0.00	639.55	22.0	640.37	0.82	18.67	2.21	9.96	147.68	0.97
I2	-2	101.41	636.56	22.0	637.57	1.01	17.57	2.22	9.90	146.93	0.95
I3	-3	206.43	633.88	22.0	635.17	1.29	16.23	2.10	10.49	125.37	0.83
I4	-4	313.04	631.73	22.0	632.52	0.79	18.60	2.26	9.72	156.28	1.00
I5	-5	434.60	628.89	22.0	629.94	1.05	20.20	1.81	12.16	95.29	0.74
I6	-6	544.02	626.61	22.0	627.74	1.13	18.43	2.11	10.45	131.60	0.89
I7	-7	644.02	676.21	22.0	676.79	0.58	41.27	2.16	10.17	182.93	1.39
I8	-8	818.33	663.04	22.0	664.01	0.97	14.11	3.20	6.87	320.25	1.46
I9	-9	959.81	650.40	22.0	650.76	0.36	37.27	2.71	8.11	299.67	1.86
I10	-10	1,059.81	648.99	22.0	649.57	0.58	41.24	2.24	9.83	198.15	1.46
I11	-11	1,181.08	638.71	22.0	639.50	0.79	15.85	3.18	6.92	327.09	1.54
I12	-12	1,305.41	628.19	22.0	629.05	0.86	15.13	3.40	6.46	377.86	1.66
I13	-13	1,405.41	651.17	22.0	652.13	0.96	40.09	2.05	10.74	159.73	1.26
I14	-14	1,505.41	645.07	22.0	646.43	1.36	33.72	0.79	28.00	16.12	0.28
I15	-15	1,588.56	645.07	22.0	645.77	0.70	21.33	2.18	10.11	149.01	1.01
I16	-16	1,688.56	666.17	22.0	666.67	0.50	18.08	3.11	7.07	325.09	1.59
I17	-17	1,804.76	656.28	22.0	656.91	0.63	18.11	3.09	7.13	319.02	1.57
I18	-18	1,888.96	650.24	22.0	650.88	0.64	18.35	2.83	7.77	262.19	1.39
L1	-1	0.00	675.89	7.4	676.41	0.52	15.27	1.87	3.95	135.11	1.18
L2	-2	122.22	669.36	7.4	669.69	0.33	18.79	1.76	4.21	124.77	1.19
L3	-3	220.02	661.68	7.4	661.90	0.22	27.88	1.87	3.95	164.89	1.59
L4	-4	320.02	671.22	7.4	671.50	0.28	27.16	1.43	5.16	87.61	1.05
L5	-5	444.58	665.37	7.4	665.72	0.35	25.61	1.46	5.08	89.02	1.04
M1	-1	0.00	674.90	2.7	675.19	0.29	13.71	1.37	1.97	87.77	1.15
M2	-2	59.15	671.22	2.7	671.48	0.26	19.09	1.21	2.24	73.07	1.13
M3	-3	113.87	668.16	2.7	668.33	0.17	15.42	1.24	2.18	72.31	1.05
M4	-4	159.79	664.61	2.7	664.79	0.18	14.85	1.61	1.67	132.09	1.53

O1	-1	0.00	654.62	1.9	654.81	0.19	13.74	1.45	1.31	112.59	1.50
O2	-2	41.86	649.59	1.9	649.81	0.22	10.54	1.60	1.19	129.71	1.52
O3	-3	85.18	644.08	1.9	644.41	0.33	5.53	2.11	0.90	201.43	1.68
O4	-4	152.88	638.21	1.9	638.47	0.26	22.71	0.99	1.92	54.92	1.09
O5	-5	179.68	635.35	1.9	635.64	0.29	5.95	2.19	0.87	223.51	1.83
O6	-6	208.53	632.73	1.9	633.02	0.29	9.37	1.39	1.37	89.77	1.16

Nella figura successiva è mostrata una planimetria con individuazione delle aree a pericolosità idraulica derivate dall'analisi. Tali aree sono definite, in linea con il PAI Puglia, come aree ad alta (AP: T = 30 anni), media (MP: T = 200 anni) e bassa (BP: T = 500 anni) pericolosità idraulica.

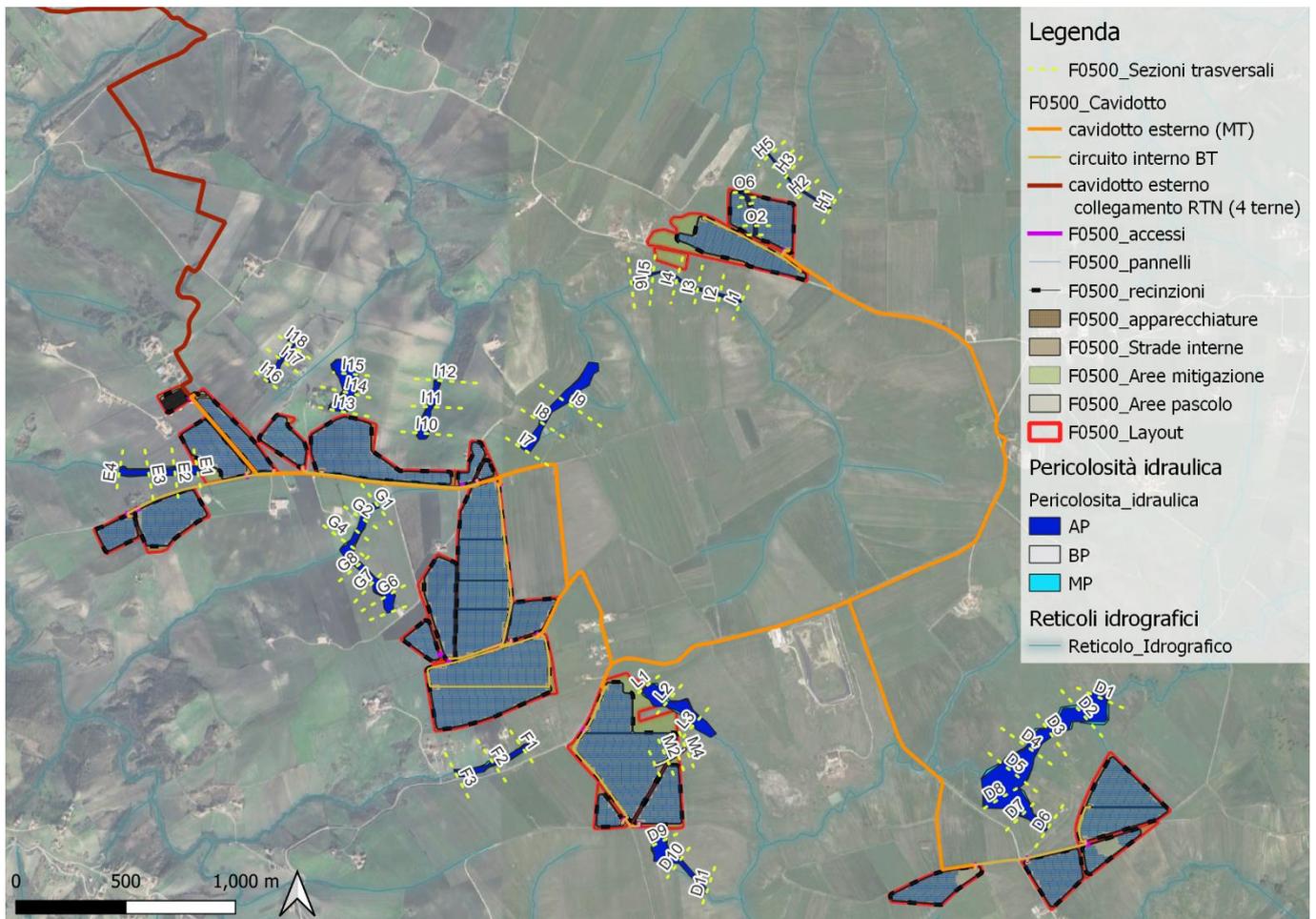


Figura 5: Planimetria delle aree allagabili

4 Analisi idraulica semplificata

Per dimensionare adeguatamente la quota di posa del cavidotto è necessario determinare la profondità massima di escavazione da parte della corrente e, per tali scopi, sono state condotte le analisi idrologiche, per tempi di ritorno pari a 200 anni, sui bacini idrografici riportati nell'immagine di seguito.

Si precisa, che tale capitolo risponde a quanto richiesto al punto 2.2, come citato in premessa.

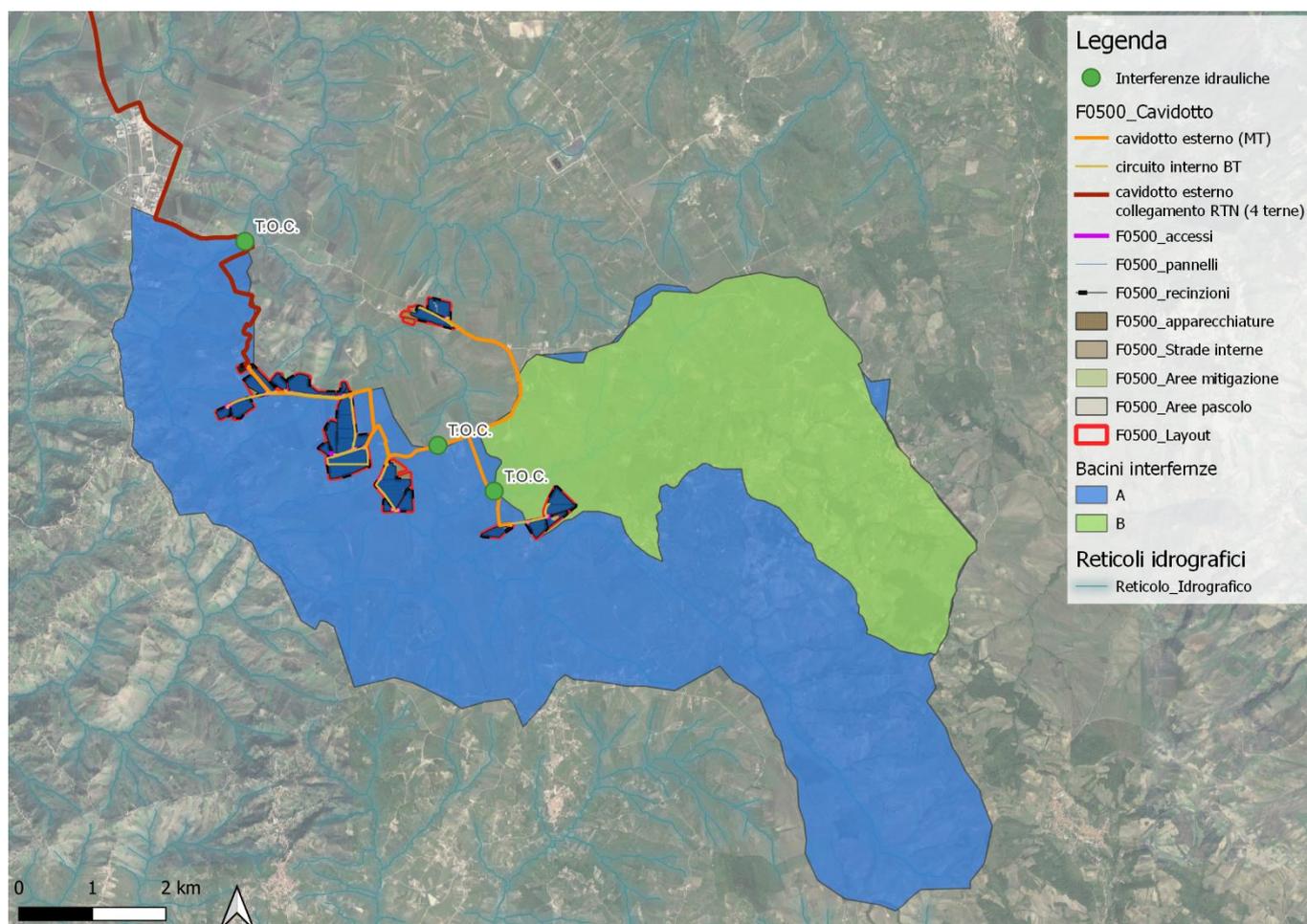


Figura 6: Bacini idrografici afferenti ai punti di interferenza

Si precisa che l'interferenza a cui non è sotteso un bacino idrografico è relativa ad un'interferenza con un'opera idraulica esistente.

Le portate, calcolate con il metodo VAPI illustrato precedentemente, sono riportate nella tabella di seguito.

Tabella 11: Portate al colmo di piena

Portate al colmo di piena (VAPI, zona 4)				
Bacino idrografico	Q10 (m ³ /s)	Q30 (m ³ /s)	Q200 (m ³ /s)	Q500 (m ³ /s)
Zona 4 (Bacino A)	40.9	53.9	75.4	85.8
Zona 4 (Bacino B)	23.8	31.4	43.9	49.9

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 " (m^2/s): portata solida (volumetrica) per unità di larghezza;
- " g " (m/s^2): accelerazione di gravità;
- " d " (m): diametro caratteristico del sedimento;
- " γ_s " (N/m^3): peso specifico del sedimento;
- " γ " (N/m^3): 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/m^3 , 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'impluvio in esame.

Tabella 12: Analisi del trasporto solido

Analisi del trasporto solido - Tr200						
Sezione	γ (N/m ³)	γ_s (N/m ³)	d (m)	j (-)	R (m)	θ (-)
A2	9810	25000	0.00002	0.003	0.890	84.7
B2	9810	25000	0.00002	0.003	0.790	77.0
Sezione	Ψ (-)	q_s (m ² /s)	b (m)	Q (m ³ /s)	C (-)	C (ppm)
A2	6227	0.0022	84.61	75.4	0.002	2436
B2	5399	0.0019	58.20	43.9	0.002	2495

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".

Tabella 13: Massima profondità di erosione

Massima profondità di erosione - Tr200			
Sezione	Regime depth (m)	Regime width (m)	Regime slope (-)
A2	0.61	100.28	0.00035
B2	0.50	77.41	0.00038

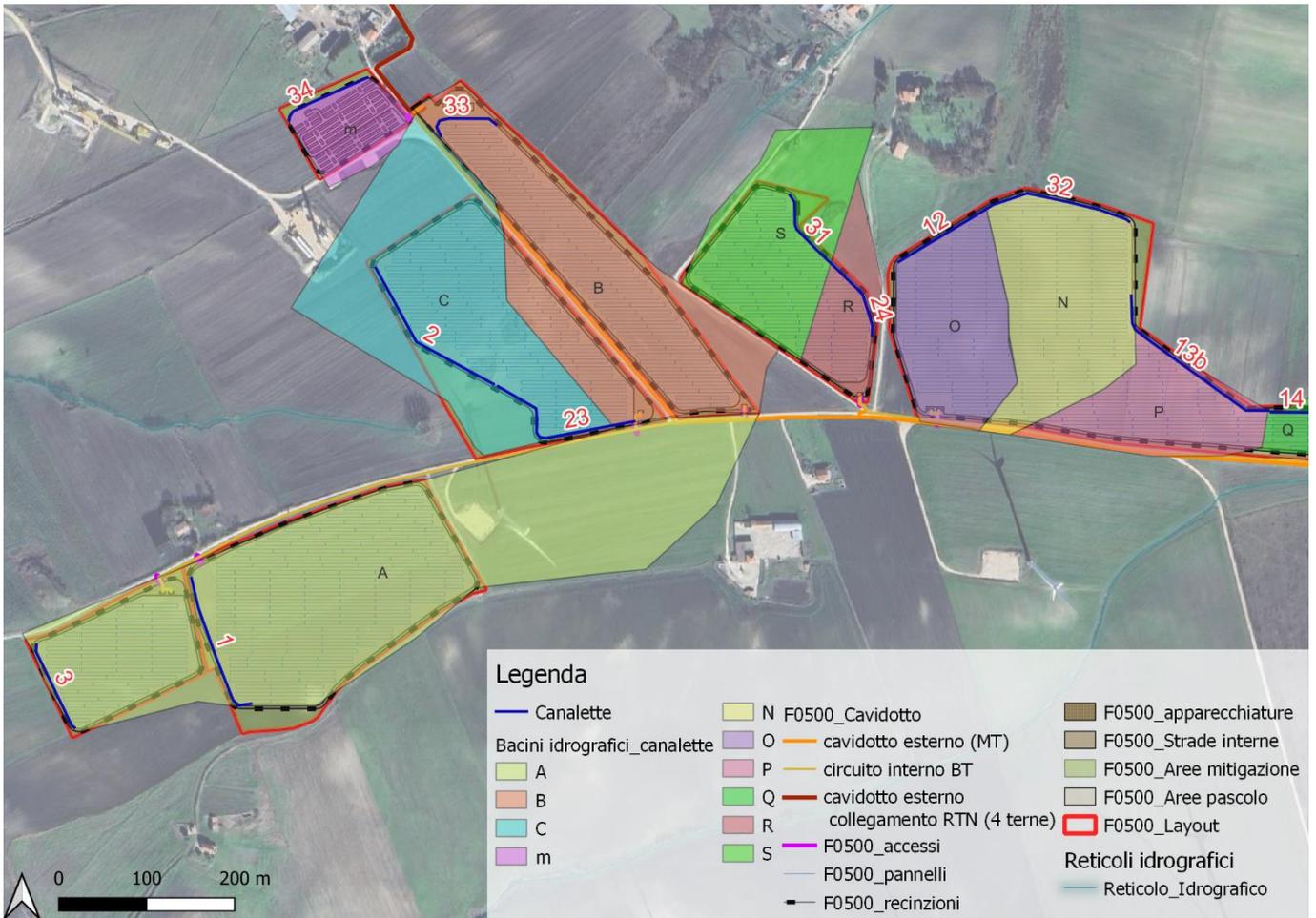
Come è possibile osservare nella tabella precedente, i risultati dell'applicazione di tale metodologia indicano una profondità di scavo massima di 61 cm per la sezione in esame, ad ogni modo la profondità di posa del cavidotto dipenderà dalla tecnica di posa (T.O.C.) e pertanto sarà molto maggiore rispetto a quanto sopra indicato, ma non inferiore a 1,00 m di franco di sicurezza e 0,61 cm per la profondità di escavazione.

5 Analisi idrologica dello stato di progetto

Le finalità della presente sezione consistono nella valutazione delle condizioni di deflusso delle acque meteoriche nella configurazione “stato di progetto”, vale a dire dopo la realizzazione delle opere previste in progetto. Di conseguenza, nella presente analisi idrologica sono state determinate le portate al colmo di piena mediante l’applicazione del metodo VAPI Puglia in base alla presenza delle opere di drenaggio finalizzate alla migliore gestione delle acque di ruscellamento superficiale.

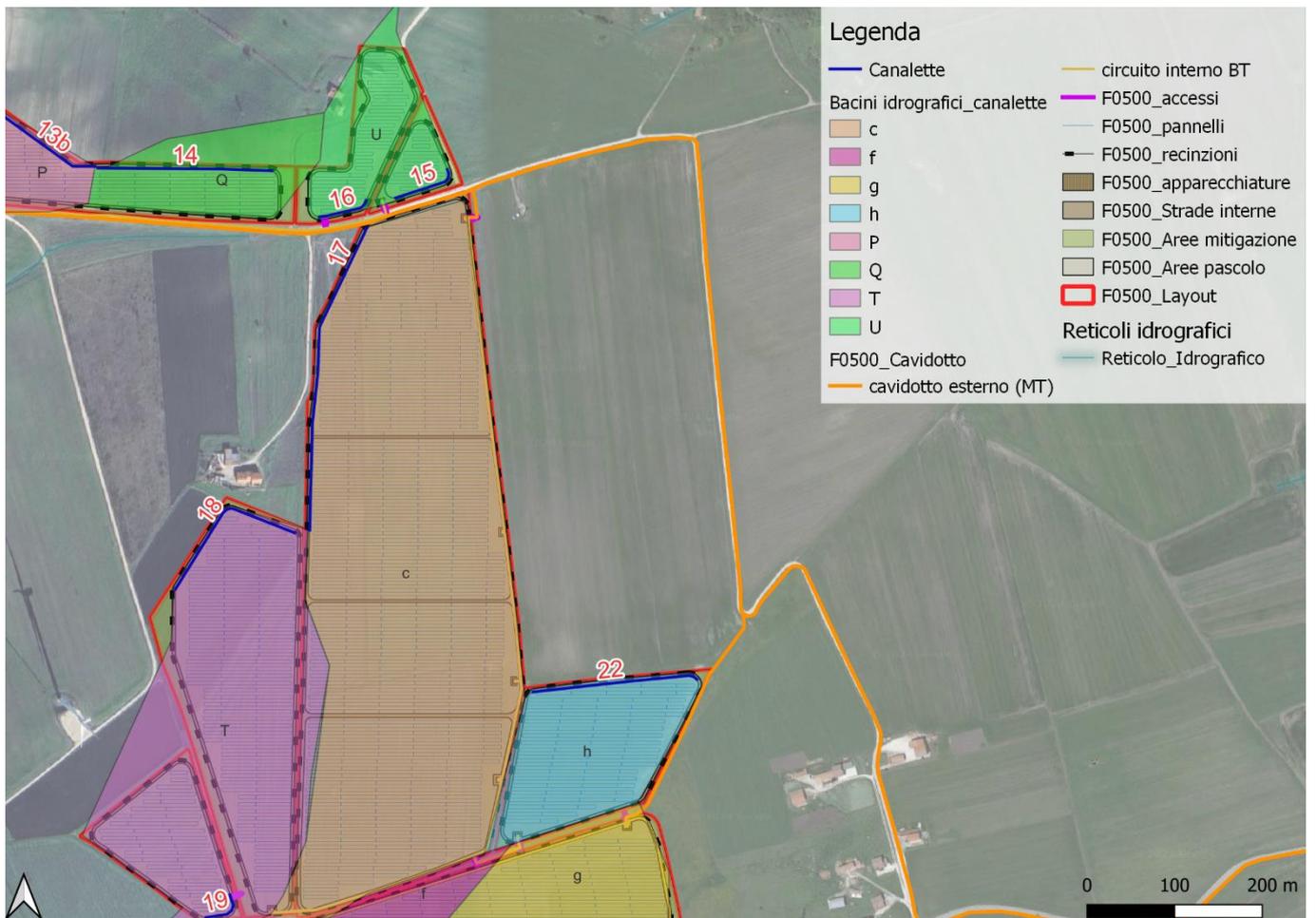
Per tali scopi, sono state individuate le caratteristiche dei bacini idrografici relativi alle acque di ruscellamento dell’area di impianto che, successivamente, sono state utilizzate per la definizione dei tempi di corrivazione. Grazie al metodo VAPI, infine, sono state calcolate le massime altezze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

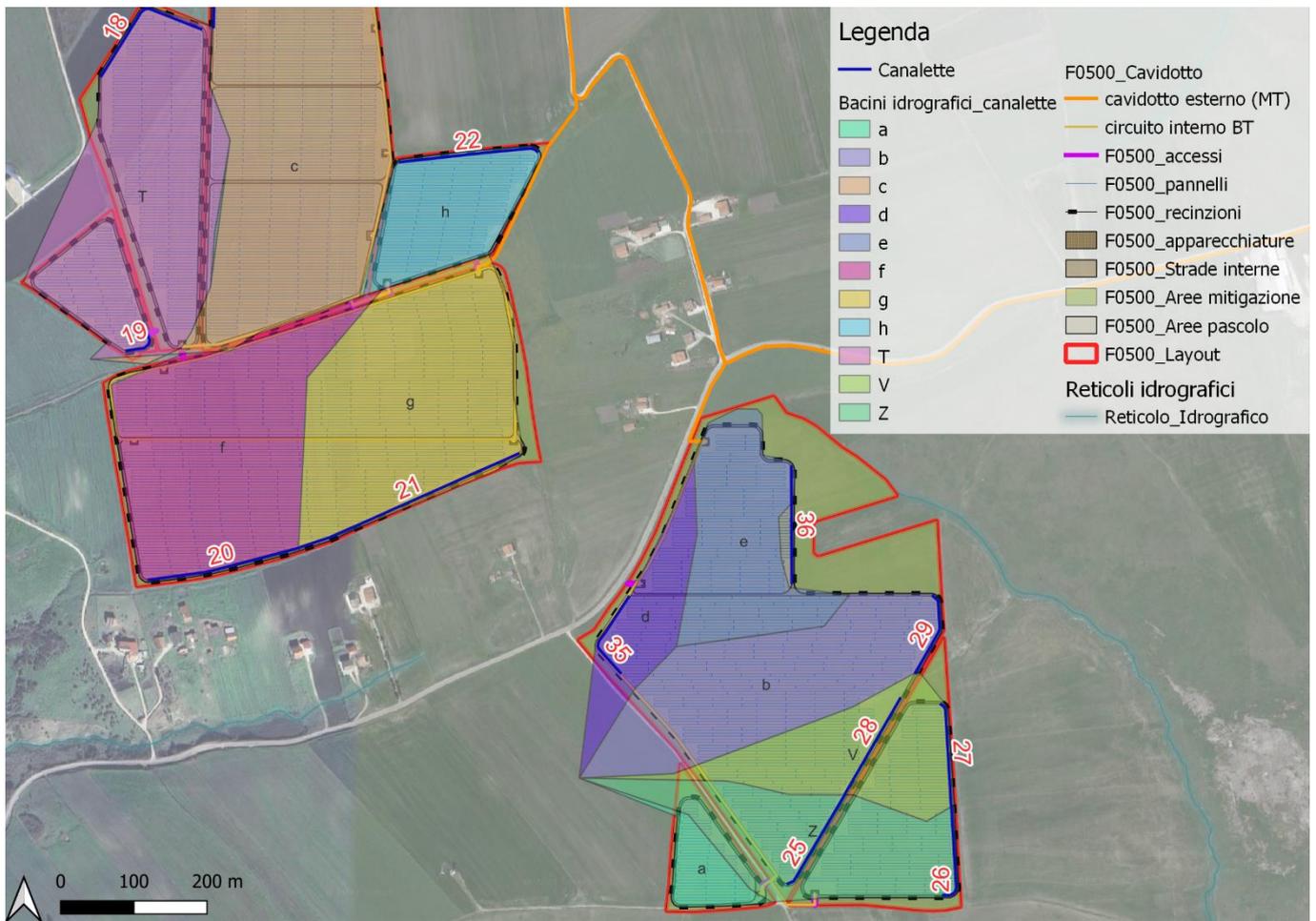
Di seguito si riporta una planimetria dei bacini e dei canali in progetto, i quali sono stati posizionati tenendo conto del buffer disponibile per le opere a servizio dell’impianto fotovoltaico e delle naturali pendenze del terreno, onde evitare deflussi in contropendenza. I bacini permettono di valutare le portate afferenti ai canali, con la funzione di captare le acque che scorrono all’interno delle aree dell’impianto fotovoltaico e che necessitano di essere trattate e raccolte prima di essere sversate nel recapito finale.



Lavori di realizzazione di un parco agrolvoltaico della potenza di 103 MW con annesso impianto di storage e delle relative opere connesse nel comune di Ariano Irpino (AV)

PD_1_02_CA_Relazione idrologica e idraulica





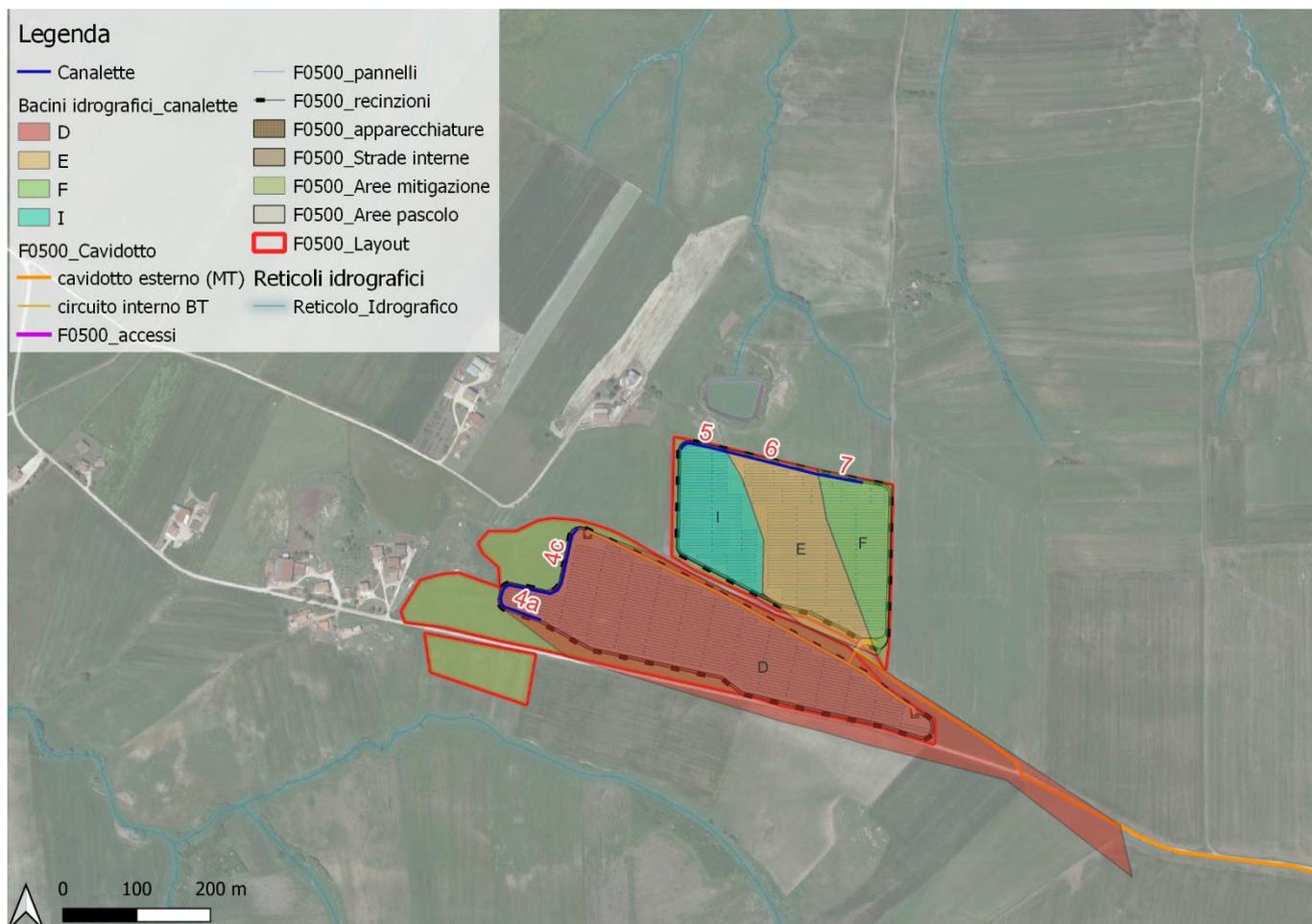


Figura 7: Bacini idrografici e canalette idrografici

I valori di portata sono stati ricavati tenendo conto della variazione del coefficiente CN in relazione alla minima impermeabilizzazione generata dalla presenza delle opere, perciò di seguito si riportano i valori ottenuti, confrontando quelli dello stato di fatto con quelli dello stato di progetto.

Tabella 14: Caratteristiche fisiografiche dei bacini dello stato di fatto e di progetto

Caratteristiche fisiografiche – Stato di fatto									
Bacino idrografico	S (km ²)	Hmax (mslm)	Hmed (mslm)	Hmin (mslm)	L (km)	i (%)	y (%)	CN (-)	c (-)
Bacino A	0.129	686.071	675.223	651.410	0.857	4.04	6.400	55	0.30
Bacino B	0.060	687.090	681.605	676.024	0.484	2.29	3.800	55	0.30
Bacino C	0.063	687.088	680.020	670.502	0.392	4.23	6.130	55	0.30
Bacino D	0.093	690.600	668.128	649.052	0.838	4.96	9.300	55	0.30
Bacino E	0.026	671.441	652.867	633.631	0.222	17.03	2.600	55	0.30
Bacino F	0.015	671.397	653.016	641.056	0.216	14.05	1.500	55	0.30
Bacino G	0.032	671.196	692.487	669.327	0.332	0.56	3.200	55	0.30
Bacino H	0.043	701.502	691.001	669.354	0.347	9.26	4.300	55	0.30
Bacino I	0.018	655.504	644.231	633.913	0.223	9.68	6.280	55	0.30
Bacino L	0.075	704.663	692.636	683.016	0.676	3.20	4.000	55	0.30
Bacino M	0.046	682.252	673.897	664.575	0.471	3.75	4.800	55	0.30
Bacino N	0.035	685.217	673.511	656.292	0.311	9.30	10.855	55	0.30
Bacino O	0.026	683.798	671.125	657.148	0.258	10.33	8.670	55	0.30

Lavori di realizzazione di un parco agrovoltaico della potenza di 103 MW con annesso impianto di storage e delle relative opere connesse nel comune di Ariano Irpino (AV)

PD_1_02_CA_Relazione idrologica e idraulica

Bacino P	0.021	685.240	680.465	675.113	0.296	3.42	3.990	55	0.30
Bacino Q	0.022	689.940	680.753	675.089	0.280	5.30	8.400	55	0.30
Bacino R	0.012	683.168	673.650	666.036	0.235	7.29	9.250	55	0.30
Bacino S	0.032	685.521	678.628	671.612	0.257	5.41	6.998	55	0.30
Bacino T	0.087	700.655	692.447	684.988	0.484	3.24	7.026	55	0.30
Bacino U	0.023	691.322	687.010	682.631	0.269	3.23	6.150	55	0.30
Bacino V	0.039	687.875	679.179	669.802	0.503	3.59	4.268	55	0.30
Bacino Z	0.049	687.949	681.816	675.563	0.541	2.29	3.300	55	0.30
Bacino a	0.010	687.142	683.924	681.676	0.283	1.93	3.780	55	0.30
Bacino b	0.063	689.157	683.907	672.519	0.550	3.03	4.690	55	0.30
Bacino c	0.160	696.730	687.863	681.079	0.823	1.90	2.200	55	0.30
Bacino d	0.024	692.360	686.935	683.584	0.464	1.89	3.670	55	0.30
Bacino e	0.041	692.360	688.076	681.416	0.340	3.22	4.090	55	0.30
Bacino f	0.079	696.474	690.965	683.972	0.506	2.47	3.875	55	0.30
Bacino g	0.083	694.941	690.330	681.515	0.475	2.83	4.530	55	0.30
Bacino h	0.030	655.504	691.633	633.913	0.305	7.08	2.700	55	0.30
Caratteristiche fisiografiche – Stato di progetto									
Bacino idrografico	S (km ²)	Hmax (mslm)	Hmed (mslm)	Hmin (mslm)	L (km)	i (%)	y (%)	CN (-)	c (-)
Bacino A	0.129	686.071	675.223	656.410	0.857	3.46	6.400	59	0.32
Bacino B	0.060	687.090	681.605	676.024	0.484	2.29	3.800	59	0.32
Bacino C	0.063	687.088	680.020	670.502	0.392	4.23	6.130	59	0.32
Bacino D	0.093	690.600	668.128	649.052	0.838	4.96	9.300	59	0.32
Bacino E	0.026	671.441	652.867	633.631	0.222	17.03	2.600	59	0.32
Bacino F	0.015	671.397	653.016	641.056	0.216	14.05	1.500	59	0.32
Bacino G	0.032	671.196	692.487	669.327	0.332	0.56	3.200	59	0.32
Bacino H	0.043	701.502	691.001	669.354	0.347	9.26	4.300	59	0.32
Bacino I	0.018	655.504	644.231	633.913	0.223	9.68	6.280	59	0.32
Bacino L	0.075	704.663	692.636	683.016	0.676	3.20	4.000	59	0.32
Bacino M	0.046	682.252	673.897	664.575	0.471	3.75	4.800	59	0.32
Bacino N	0.035	685.217	673.511	656.292	0.311	9.30	10.855	59	0.32
Bacino O	0.026	683.798	671.125	657.148	0.258	10.33	8.670	59	0.32
Bacino P	0.021	685.240	680.465	675.113	0.296	3.42	3.990	59	0.32
Bacino Q	0.022	689.940	680.753	675.089	0.280	5.30	8.400	59	0.32
Bacino R	0.012	683.168	673.650	666.036	0.235	7.29	9.250	59	0.32
Bacino S	0.032	685.521	678.628	671.612	0.257	5.41	6.998	59	0.32
Bacino T	0.087	700.655	692.447	684.988	0.484	3.24	7.026	59	0.32
Bacino U	0.023	691.322	687.010	682.631	0.269	3.23	6.150	59	0.32
Bacino V	0.039	687.875	679.179	669.802	0.503	3.59	4.268	59	0.32
Bacino Z	0.049	687.949	681.816	675.563	0.541	2.29	3.300	59	0.32
Bacino a	0.010	687.142	683.924	681.676	0.283	1.93	3.780	59	0.32
Bacino b	0.063	689.157	683.907	672.519	0.550	3.03	4.690	59	0.32
Bacino c	0.160	696.730	687.863	681.079	0.823	1.90	2.200	59	0.32
Bacino d	0.024	692.360	686.935	683.584	0.464	1.89	3.670	59	0.32
Bacino e	0.041	692.360	688.076	681.416	0.340	3.22	4.090	59	0.32
Bacino f	0.079	696.474	690.965	683.972	0.506	2.47	3.875	59	0.32
Bacino g	0.083	694.941	690.330	681.515	0.475	2.83	4.530	59	0.32
Bacino h	0.030	655.504	691.633	633.913	0.305	7.08	2.700	59	0.32

Come è possibile osservare, la variazione è data da un aumento del coefficiente CN da un valore pari a 55 ad un valore pari a 59, ottenuto considerando un incremento delle superfici permeabili nelle aree coperte dai bacini idrografici. Tale percentuale di impermeabilizzazione è da ritenersi cautelativa.

Tabella 15: Portate al colmo di piena dello stato di fatto e dello stato di progetto

Portate al colmo di piena (VAPI, zona 4) – Stato di fatto				
Bacino idrografico	Q10 (m³/s)	Q30 (m³/s)	Q200 (m³/s)	Q500 (m³/s)
Bacino A	0.8	1.0	1.4	1.6
Bacino B	0.7	0.5	0.7	0.8
Bacino C	1.3	0.8	1.1	1.2
Bacino D	1.9	0.8	1.2	1.3
Bacino E	1.2	0.4	0.6	0.7
Bacino F	0.7	0.2	0.3	0.3
Bacino G	1.0	0.3	0.4	0.4
Bacino H	2.5	0.6	0.8	0.9
Bacino I	1.7	0.4	0.5	0.6
Bacino L	3.2	0.6	0.8	0.9
Bacino M	2.8	0.5	0.7	0.8
Bacino N	4.0	0.6	0.9	1.0
Bacino O	3.5	0.5	0.7	0.8
Bacino P	2.1	0.3	0.4	0.4
Bacino Q	2.9	0.4	0.5	0.6
Bacino R	2.1	0.3	0.4	0.4
Bacino S	4.7	0.5	0.7	0.8
Bacino T	8.3	0.9	1.2	1.4
Bacino U	3.4	0.3	0.5	0.5
Bacino V	4.0	0.4	0.5	0.6
Bacino Z	4.4	0.4	0.6	0.6
Bacino a	1.5	0.1	0.2	0.2
Bacino b	6.8	0.6	0.8	0.9
Bacino c	10.9	0.9	1.2	1.4
Bacino d	2.9	0.2	0.3	0.4
Bacino e	6.5	0.5	0.7	0.8
Bacino f	9.5	0.7	1.0	1.1
Bacino g	11.2	0.8	1.1	1.2
Bacino h	5.8	0.4	0.5	0.6
Portate al colmo di piena (VAPI, zona 4) – Stato di progetto				
Bacino idrografico	Q10 (m³/s)	Q30 (m³/s)	Q200 (m³/s)	Q500 (m³/s)
Bacino A	0.8	1.1	1.5	1.7
Bacino B	0.7	0.6	0.8	0.9
Bacino C	1.5	0.8	1.2	1.3
Bacino D	2.1	0.9	1.3	1.5
Bacino E	1.4	0.5	0.7	0.8
Bacino F	0.8	0.2	0.3	0.4
Bacino G	1.1	0.3	0.4	0.5
Bacino H	2.8	0.7	0.9	1.0
Bacino I	1.9	0.4	0.6	0.6

Bacino L	3.5	0.7	0.9	1.0
Bacino M	3.1	0.5	0.7	0.9
Bacino N	4.4	0.7	1.0	1.1
Bacino O	3.9	0.6	0.8	0.9
Bacino P	2.3	0.3	0.4	0.5
Bacino Q	3.3	0.4	0.6	0.7
Bacino R	2.3	0.3	0.4	0.4
Bacino S	5.2	0.6	0.8	0.9
Bacino T	9.2	1.0	1.4	1.6
Bacino U	3.8	0.4	0.5	0.6
Bacino V	4.5	0.4	0.6	0.7
Bacino Z	4.9	0.5	0.6	0.7
Bacino a	1.6	0.1	0.2	0.2
Bacino b	7.6	0.6	0.9	1.0
Bacino c	12.1	1.0	1.4	1.6
Bacino d	3.2	0.2	0.3	0.4
Bacino e	7.2	0.5	0.7	0.8
Bacino f	10.5	0.8	1.1	1.2
Bacino g	12.4	0.9	1.2	1.4
Bacino h	6.5	0.4	0.6	0.7

Come anticipato in precedenza, infatti, le opere deputate alla gestione delle acque di ruscellamento sono costituite principalmente da canali di drenaggio da realizzare a valle dell'impianto, necessari per poter garantire il rispetto del principio di invarianza idrologica e idraulica in quanto le portate che convoglieranno saranno derivate dalle acque meteoriche zenitali che precipitano sui lotti di intervento e, quindi, su aree che subiranno una leggera riduzione della permeabilità superficiale per effetto della presenza dei pannelli fotovoltaici.

I valori riportati nelle tabelle precedenti sono assolutamente in linea con quelli riscontrabili in caso di bacini idrografici di dimensioni e caratteristiche simili a quelli in esame.

6 Analisi idraulica dello stato di progetto

Come anticipato in precedenza, lo scopo del presente capitolo consiste nel verificare le modalità di deflusso degli eventi di piena con i tempi di ritorno di riferimento e, di conseguenza, **progettare delle canalette in terra di dimensioni opportune che risultino sufficienti a consentire il deflusso di tali eventi.**

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 - attuale MASE) 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.

Tutti i canali in progetto presentano un'altezza utile compresa tra i 40 e i 100 cm, pertanto è stato considerato un franco di sicurezza pari a 20 cm.

Nelle tabelle seguenti sono mostrate le verifiche idrauliche con il calcolo della capacità di drenaggio dei canali con le dimensioni in progetto.

Tali tabelle dimostrano che le portate di progetto, corrispondenti a quelle da smaltire e determinate nel capitolo precedente, risultano sempre inferiori a quelle defluibili in funzione delle dimensioni di progetto.

Ciò significa, pertanto, che la scelta delle dimensioni dei canali risulta correttamente verificata rispetto alle portate di progetto da smaltire, anche tenendo conto del suddetto franco di sicurezza stabilito dalla normativa di settore.

Tabella 16: Dimensionamento delle canalette per la captazione delle acque

Opera	Input				
	Pendenza (-)	Scabrezza (m ^{1/2} /s)	Base minore (m)	Base maggiore (m)	Altezza (m)
1	0.010	33	1.00	2.60	0.80
2	0.010	33	0.80	2.40	0.80
3	0.010	33	1.00	2.60	0.80
4a	0.046	33	0.80	2.40	0.80
4b	0.047	33	0.80	2.40	0.80
4c	0.092	33	0.80	2.40	0.80
5	0.102	33	0.80	2.40	0.80
6	0.086	33	0.80	2.40	0.80
7	0.053	33	0.80	2.40	0.80
8	0.111	33	0.80	2.40	0.80
9	0.079	33	0.80	2.40	0.80
10a	0.057	33	0.80	2.40	0.80
10b	0.038	33	0.80	2.40	0.80
11	0.030	33	0.80	2.40	0.80
12	0.072	33	0.80	2.40	0.80
13b	0.019	33	0.80	2.40	0.80
14	0.051	33	0.80	2.40	0.80
15	0.004	33	0.80	2.40	0.80

Lavori di realizzazione di un parco agrovoltaico della potenza di 103 MW con annesso impianto di storage e delle relative opere connesse nel comune di Ariano Irpino (AV)

PD_1_02_CA_Relazione idrologica e idraulica

16	0.016	33	0.80	2.40	0.80
17	0.010	33	1.00	2.60	0.80
18	0.021	33	0.80	2.40	0.80
19	0.010	33	1.00	2.60	0.80
20	0.024	33	0.80	2.40	0.80
21	0.029	33	0.80	2.40	0.80
22	0.022	33	0.80	2.40	0.80
23	0.025	33	0.80	2.40	0.80
24	0.082	33	0.80	2.40	0.80
25	0.003	33	0.80	2.40	0.80
26	0.018	33	0.80	2.40	0.80
27	0.057	33	0.80	2.40	0.80
28	0.061	33	0.80	2.40	0.80
29	0.029	33	0.80	2.40	0.80
30a	0.041	33	0.80	2.40	0.80
30b	0.071	33	0.80	2.40	0.80
31	0.081	33	0.80	2.40	0.80
32	0.074	33	0.80	2.40	0.80
33	0.013	33	0.80	2.40	0.80
34	0.044	33	0.80	2.40	0.80
35	0.015	33	0.80	2.40	0.80
36	0.050	33	1.00	3.00	1.00
Opera		Calcoli			
	Franco di sicurezza (m)	Tirante idrico (m)	Pendenza di sponda (m/m)	Area (m²)	Raggio idraulico (m)
1	0.20	0.60	1.00	0.96	0.36
2	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34
3	0.20	0.60	1.00	0.96	0.36
4a	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34
4b	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34
4c	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34
5	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34
6	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34
7	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34
8	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34
9	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34
10a	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34
10b	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34
11	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34
12	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34
13b	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34
14	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34
15	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34
16	0.20	0.60	1.00	0.90	0.36
17	0.20	0.60	1.00	0.90	0.33
18	0.20	0.60	1.00	0.90	0.36
19	0.20	0.60	1.00	0.90	0.33
20	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34
21	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34

Lavori di realizzazione di un parco agrovoltaico della potenza di 103 MW con annesso impianto di storage e delle relative opere connesse nel comune di Ariano Irpino (AV)

PD_1_02_CA_Relazione idrologica e idraulica

22	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34
23	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34
24	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34
25	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34
26	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34
27	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34
28	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34
29	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34
30a	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34
30b	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34
31	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34
32	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34
33	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34
34	0.20	0.60	1.00	0.84	0.34
35	0.20	0.60	1.00	1.02	0.41
36	0.20	0.80	1.00	0.40	0.12
Opera	Output				
	Velocità media (m/s)	Portata defluita (m ³ /s)	Portata di progetto (m ³ /s)	Numero di Froude (-)	Larghezza del pelo lib. (m)
1	1.66	1.59	1.50	0.54	2.20
2	1.60	1.34	1.20	0.50	2.00
3	1.66	1.59	1.50	0.54	2.20
4a	3.41	2.86	1.30	1.06	2.00
4b	3.47	2.92	1.30	1.08	2.00
4c	4.84	4.07	1.30	1.51	2.00
5	5.09	4.28	0.60	1.59	2.00
6	4.68	3.93	0.70	1.46	2.00
7	3.68	3.09	0.30	1.15	2.00
8	5.33	4.48	0.40	1.66	2.00
9	4.49	3.77	0.90	1.40	2.00
10a	3.82	3.21	0.90	1.19	2.00
10b	3.11	2.61	0.90	0.97	2.00
11	2.77	2.33	0.70	0.86	2.00
12	4.29	3.60	0.80	1.34	2.00
13b	2.18	1.83	0.40	0.68	2.00
14	3.60	3.02	0.60	1.12	2.00
15	0.96	0.80	0.50	0.30	2.00
16	2.12	1.91	0.50	0.64	2.00
17	1.59	1.43	1.40	0.53	2.20
18	2.40	2.16	1.40	0.72	2.00
19	1.59	1.43	1.40	0.53	2.20
20	2.48	2.08	1.10	0.77	2.00
21	2.70	2.27	1.20	0.84	2.00
22	2.37	1.99	0.60	0.74	2.00
23	2.50	2.10	1.20	0.78	2.00
24	4.57	3.84	0.80	1.42	2.00
25	0.87	0.73	0.60	0.27	2.00
26	2.13	1.79	0.60	0.66	2.00
27	3.83	3.21	0.60	1.19	2.00

Lavori di realizzazione di un parco agrovoltaico della potenza di 103 MW con annesso impianto di storage e delle relative opere connesse nel comune di Ariano Irpino (AV)

PD_1_02_CA_Relazione idrologica e idraulica

28	3.93	3.30	0.60	1.23	2.00
29	2.70	2.27	0.90	0.84	2.00
30a	3.22	2.71	0.90	1.00	2.00
30b	4.26	3.58	0.90	1.33	2.00
31	4.53	3.81	0.40	1.41	2.00
32	4.35	3.66	1.00	1.36	2.00
33	1.80	1.51	0.80	0.56	2.00
34	3.37	2.83	0.30	1.05	2.00
35	2.23	2.27	0.30	0.63	2.00
36	1.82	0.73	0.70	0.92	2.60

In giallo sono evidenziati i canali a cui è stata imposta una pendenza differente da quella naturale, al fine di renderle funzionali dal punto di vista idraulico.

7 Criteri di invarianza idrologica e idraulica

Nel presente capitolo, **per rispondere al punto 2.4 delle richieste di integrazione**, viene trattata la tematica relativa ad uno dei principali effetti dell'urbanizzazione e, in generale, delle trasformazioni territoriali che comportano una modifica delle condizioni di stato di fatto della superficie oggetto di interesse.

L'impermeabilizzazione dei suoli, in generale, tende a:

- ridurre i tempi di corrivazione delle acque meteoriche intensificando i fenomeni alluvionali;
- ridurre le quantità d'acqua di infiltrazione a ricarica delle falde e delle acque sotterranee;
- aumentare lo scorrimento superficiale (*run-off*), con conseguente aumento dell'erosione del suolo, del trasporto solido e dell'inquinamento delle acque.

In particolare il Piano di Tutela delle Acque 2020/2026, approvato con deliberazione n.440 del 12/10/2021 dalla Regione Campania, è lo strumento per la pianificazione della tutela qualitativa e quantitativa delle acque, mediante il quale sono individuati gli obiettivi di qualità ambientale dei corpi idrici regionali. In particolare, gli artt. 46 e 47 definiscono gli interventi richiedenti le misure di invarianza idrologica e idraulica e le disposizioni generali in materia.

Nel caso specifico, il principio di invarianza si ritiene debba essere attuato perché la realizzazione dell'impianto agrovoltaico prevede una minima variazione della permeabilità delle aree, che può provocare una modifica del regime di deflusso.

Tale variabilità è leggibile in termini di diminuzione del tempo di corrivazione dei bacini idrografici analizzati e, conseguentemente, di aumento delle portate afferenti ai ricettori.

Nel caso di specie, al fine di ottenere un confronto tra la condizione *ante operam* e la condizione *post operam* è possibile confrontare la variazione del coefficiente di deflusso nell'applicazione del metodo razionale per il calcolo delle portate al colmo di piena.

Dalla differenza fra i valori di portata registrati è possibile determinare:

- 1) la portata eccedente da trattare opportunamente per rispettare **il principio di invarianza idraulica**;
- 2) il volume eccedente da trattare opportunamente per rispettare **il principio di invarianza idrologica**.

Per effetto di tale modifica, in particolare, il tempo di corrivazione dello stato di progetto subisce una diminuzione che comporta, oltre all'incremento di portata al colmo, anche una sorta di "accorciamento" dell'idrogramma di piena (che, per ragioni di semplicità, è stato considerato di tipo triangolare). Nella figura seguente è mostrato un esempio della variazione dell'idrogramma nel passaggio dalla configurazione *ante operam* a quella *post operam*.

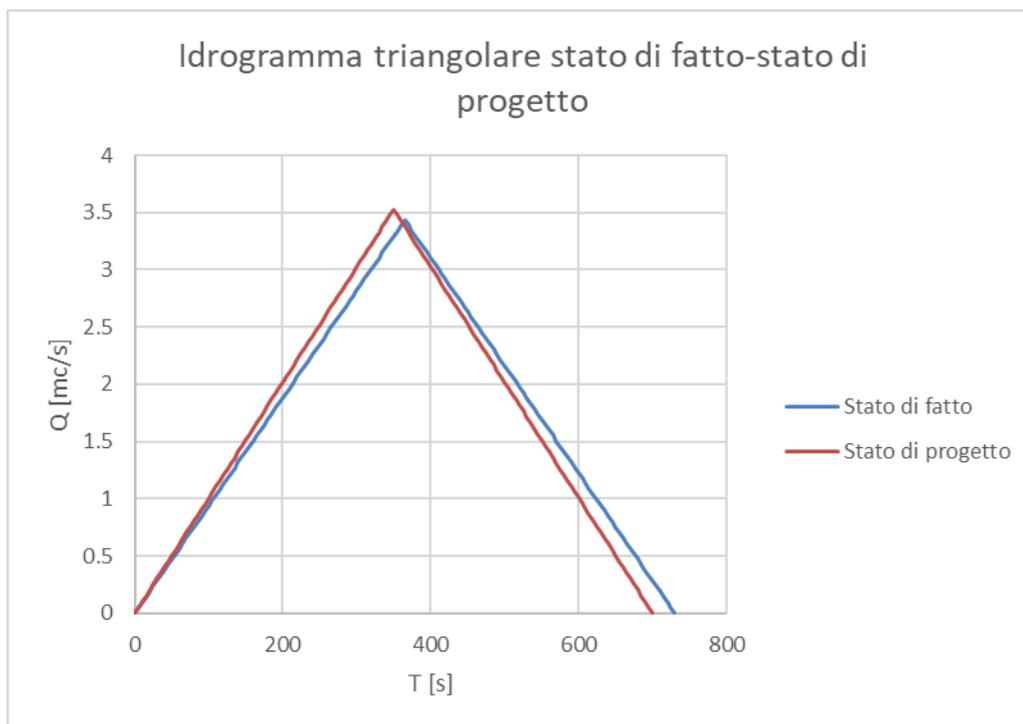


Figura 8: Confronto tra idrogrammi ante e post operam

7.1 Interventi in progetto

Come anticipato nel capitolo precedente, tra gli interventi in progetto, si prevede la realizzazione di canalette perimetrali atte a captare le acque di ruscellamento a valle delle varie porzioni di impianto e convogliarle in appositi sistemi di raccolta, che potranno essere meglio definiti in fase esecutiva.

Ad esempio, per il rispetto del principio di invarianza idraulica, è possibile prevedere la realizzazione dei pozzi perdenti interrati ed evitare l'incremento delle portate negli elementi idrici ricettori. In alternativa, è possibile considerare la realizzazione di vasche di raccolta che accumulino il volume di piena generato dagli eventi di meteorici e successivamente svuotare.

Ai fini di una valorizzazione dell'area e per la creazione di habitat con specie autoctone, le acque potrebbero essere convogliate nelle zone umide presenti in alcuni punti dell'impianto e favorire una maggiore crescita delle specie vegetali. Per ulteriori dettagli in merito alle zone umide si rimanda all'elaborato "Studio di incidenza ambientale di livello II".

Nella tabella di seguito si riportano i valori delle portate e dei volumi di progetto.

Tabella 17: Volumi da captare

Bacini	Qprogetto (m ³ /s)	Qstato di fatto (m ³ /s)	Δ (m ³ /s)	Volume (mc) (m ³)
Bacino A	1.493	1.389	0.10	138.37
Bacino B	0.826	0.747	0.08	87.77
Bacino C	1.167	1.055	0.11	83.18
Bacino D	1.279	1.156	0.12	135.58
Bacino E	0.683	0.606	0.08	36.99
Bacino F	0.344	0.304	0.04	23.14
Bacino G	0.405	0.370	0.04	43.00

Lavori di realizzazione di un parco agrovoltaico della potenza di 103 MW con annesso impianto di storage e delle relative opere connesse nel comune di Ariano Irpino (AV)

PD_1_02_CA_Relazione idrologica e idraulica

Bacino H	0.921	0.824	0.10	60.56
Bacino I	0.562	0.504	0.06	21.99
Bacino L	0.922	0.831	0.09	118.02
Bacino M	0.749	0.675	0.07	65.83
Bacino N	0.980	0.884	0.10	41.59
Bacino O	0.795	0.715	0.08	31.01
Bacino P	0.435	0.391	0.04	28.23
Bacino Q	0.582	0.525	0.06	26.30
Bacino R	0.390	0.351	0.04	13.88
Bacino S	0.827	0.747	0.08	38.43
Bacino T	1.372	1.246	0.13	116.19
Bacino U	0.532	0.482	0.05	28.15
Bacino V	0.603	0.543	0.06	57.77
Bacino Z	0.633	0.571	0.06	75.37
Bacino a	0.201	0.181	0.02	13.31
Bacino b	0.888	0.802	0.09	92.46
Bacino c	1.365	1.231	0.13	280.57
Bacino d	0.349	0.315	0.03	35.25
Bacino e	0.747	0.674	0.07	55.84
Bacino f	1.057	0.956	0.10	116.12
Bacino g	1.201	1.087	0.11	117.80
Bacino h	0.607	0.542	0.07	44.11
Bacino m	0.315	0.281	0.03	12.64

Per le canalette che avranno uno stesso recapito finale, è possibile pensare alla collocazione di pozzi comuni, al fine di ottenere sia un vantaggio in termini di spazio che in termini economici.

Nell'immagine di seguito è possibile osservare la collocazione dei pozzi.

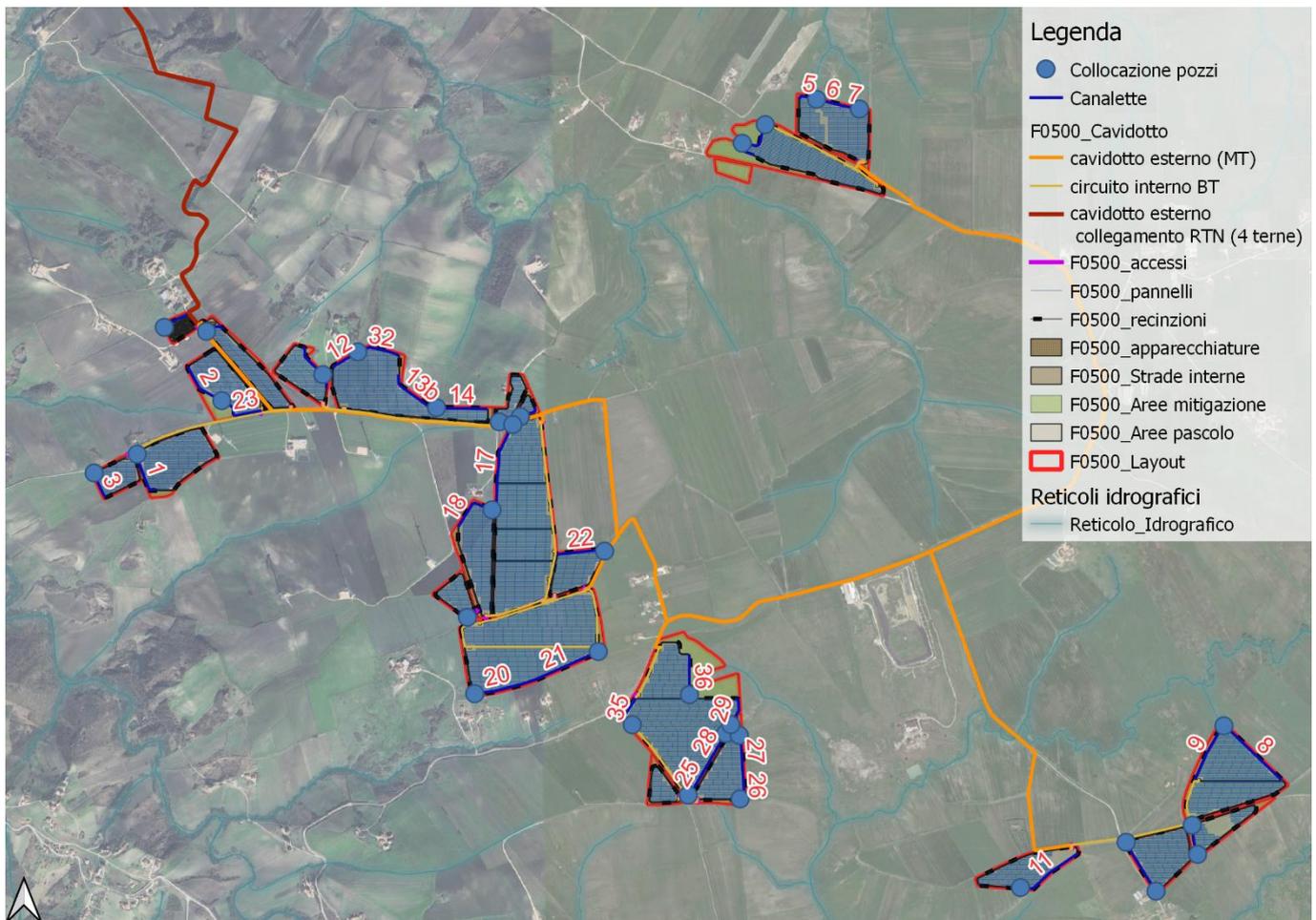


Figura 9: Collocazione pozzi

Nel caso si scelga di adottare come soluzione progettuale quella dei pozzi disperdenti, essi saranno completamente interrati e carrabili e, nella figura seguente, si riporta un esempio tipologico.

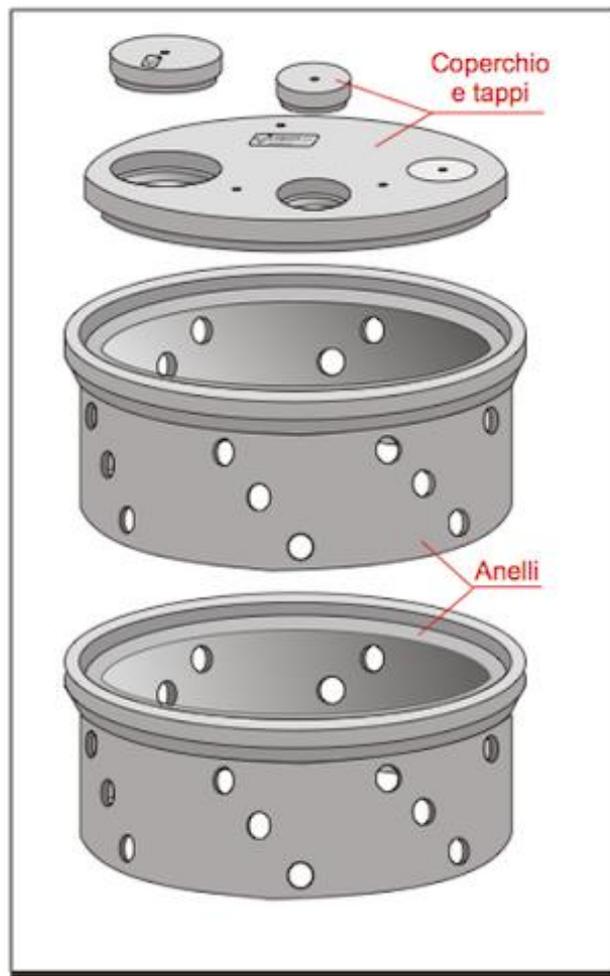


Figura 10: Esempio pozzi perdenti

8 Conclusioni

A valle delle simulazioni condotte si evince che l'impianto non è interessato dall'estensione delle aree allagabili e pertanto si trova in condizioni di sicurezza idraulica ai sensi delle NTA del PAI.

L'analisi idraulica semplificata ha permesso di dimostrare i valori della profondità massima di escavazione della corrente nel tratto di interferenza individuata. Affinché il cavidotto risulti in condizioni di sicurezza idraulica è necessario avere almeno 1.00 m di profondità rispetto al valore calcolato dall'analisi suddetta.