



REGIONE
BASILICATA



PROVINCIA DI
POTENZA



COMUNE DI
SANT'ARCANGELO

OGGETTO:

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA "SANT'ARC. 1" DELLA POTENZA NOMINALE DI 50 MW LOCALITA' "MONTICELLI" NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ)

ELABORATO:

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA



PROPONENTE:

COMPAGNIA DEL SOLE TRE S.R.L.
P.IVA IT04320520986
VIA ALDO MORO, 28
25043- BRENO (BS)

PROGETTAZIONE:

Ing. Carmen Martone
Iscr. n. 1872
Ordine Ingegneri Potenza
C.F. MRTCMN73D56H703E



Geol. Raffaele Nardone
Iscr. n. 243
Ordine Geologi Basilicata
C.F. NRDRFL71H04A509H



EGM PROJECT S.R.L.
VIA VERRASTRO 15/A
85100- POTENZA (PZ)
P.IVA 02094310766
REA PZ-206983

Livello prog.	Cat. opera	N° . prog.elaborato	Tipo elaborato	N° foglio	Tot. fogli	Nome file	Scala
PD	I.IF	A.3	R				
REV.	DATA	DESCRIZIONE			ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	GENNAIO 2023	Emissione				Geol. Raffaele Nardone EGM Project	Ing. Carmen Martone EGM Project



INDICE

1	PREMESSA	3
2	DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ.	4
3	CARTOGRAFIA DI RIFERIMENTO	4
4	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	8
5	ANALISI STATO DI FATTO E DI PROGETTO	10
5.1	INTERFERENZA DELLE OPERE IN PROGETTO CON GLI ATTRAVERSAMENTI E LE AREE DEMANIALI	11
5.2	INTERFERENZE DELLE OPERE IN PROGETTO CON AREE A POTENZIALE RISCHIO ALLUVIONE (APFSR) ...	13
5.3	COMPATIBILITÀ DELLE OPERE DA ESEGUIRSI CON IL VINCOLO IDROGEOLOGICO.....	14
5.4	COMPATIBILITÀ DELLE OPERE DA ESEGUIRSI CON LE AREE DI SALVAGUARDIA DELLE SORGENTI.....	15
5.5	COMPATIBILITÀ DELLE OPERE DA ESEGUIRSI LE AREE PAI.....	16
6	ANALISI GEOMORFOLOGICA	18
6.1	DIGITAL TERRAIN MODEL.....	18
6.2	SLOPE MODEL.....	18
6.3	FLOW ACCUMULATION	19
6.4	PERIMETRAZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI	21
7	ANALISI IDROLOGICA.....	22
7.1	CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA.....	22
7.2	ANALISI REGIONALE	25
7.3	STIMA DEL VALOR MEDIO: LEGGI DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICHE	25
8	ANALISI IDRAULICA.....	28
8.1	CALCOLO DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA	28
8.2	METODOLOGIA VAPI.....	28

8.3	FORMULA RAZIONALE	29
8.4	TEMPO DI CORRIVAZIONE.....	30
8.5	MASSIMIZZAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA COL METODO SCS	31
8.6	VALORI DI PORTATA AL COLMO	36
8.7	SOFTWARE DI MODELLAZIONE ADOTTATO: HEC RAS 5.0.3.....	38
8.8	VERIFICA IDRAULICA: CONCLUSIONI.....	39

	<p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “SANT’ARC. 1” DELLA POTENZA NOMINALE DI 50 MW IN LOCALITA’ “MONTICELLI” NEL COMUNE DI SANT’ARCANGELO (PZ) RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p>	<p style="text-align: right;">DATA: GENNAIO 2023 <i>Pag. 3 di 39</i></p>
---	--	--

1 PREMESSA

Il progetto, di cui questa relazione è parte integrante, riguarda la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare a conversione agrivoltaica nel Comune di Sant’Arcangelo (PZ), in località “Monticelli”, proposto dalla società Compagnia del Sole Tre S.R.L., con sede legale in via Aldo Moro n. 28, 25043 Breno (BS).

Il presente studio descrive le metodologie adottate e le analisi svolte per l’analisi idrologica dell’area a scala di bacino e per l’analisi idraulica dell’area di impianto e delle zone limitrofe. È stato predisposto, pertanto, lo “Studio di compatibilità idrologico ed idraulico” di cui la presente Relazione e gli allegati Appendice A e Appendice B ne costituiscono parte integrante.

Il presente studio di compatibilità idrologica ed idraulica analizza compiutamente gli effetti sul regime idraulico e vuole dimostrare l’esistenza di adeguate condizioni di sicurezza idraulica per le opere in progetto, nell’ambito dei vincoli e delle prescrizioni previste dal Regolamento Regionale n. 9 del 11 marzo 2015 della Regione Puglia.

La relazione descrive le metodologie adottate e le analisi svolte per l’analisi idrologica dell’area, l’esame dello stato di fatto e di progetto da un punto di vista idraulico al fine di verificare che gli interventi proposti siano progettati e realizzati in funzione della salvaguardia, della qualità dell’ambiente e dell’assetto idrogeologico.

	<p style="text-align: center;"> PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO A TERRA “SANT’ARC. 1” DELLA POTENZA NOMINALE DI 50 MW IN LOCALITA’ “MONTICELLI” NEL COMUNE DI SANT’ARCANGELO (PZ) RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p>	<p style="text-align: right;"> DATA: GENNAIO 2023 <i>Pag. 4 di 39</i></p>
---	--	---

2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ.

In sintesi le attività svolte per la redazione del presente documento sono:

- analisi morfometrica finalizzata alla costruzione del DTM e alla delimitazione dei bacini idrografici;
- analisi morfologica di bacino mediante software Quantum GIS 3.18 e GRASS 7.8.5;
- analisi idrologica per la definizione delle curve di possibilità pluviometrica mediante la metodologia VAPI ed implementazione del modello idrologico;
- calcolo delle portate di piena per tempi di ritorno T_{30} , T_{200} e T_{500} per ogni sotto-bacino individuato nell’analisi morfometrica;
- verifica in condizione di moto permanente delle sezioni dei canali, delle confluenze e dei manufatti di attraversamento con l’ausilio dei software di calcolo HEC-RAS 5.0.3;

Tutte le analisi condotte sono state riferite alla Cartografia Tecnica Regionale nel sistema di riferimento UTM33 WGS84.

3 CARTOGRAFIA DI RIFERIMENTO

L’area in oggetto, in cui sono ubicate le opere in progetto è identificata geograficamente dalla figura seguente. L’area di interesse dello studio idraulico ha un’estensione molto più ampia, vincolata all’area di bacino in funzione della sezione di chiusura.

La cartografia ufficiale disponibile sul territorio è la seguente:

- Digital Terrain Model
 - 506_100372
 - 506_100371
 - 507_100393
 - 507_100394

- Cartografia Tecnica Regionale
Tavolette 1:5.000 "Sant' Arcangelo":
 - 506122
 - 506161
 - 507093
 - 507094
- Carta di uso del suolo 1:50.000:
 - 506
 - 507

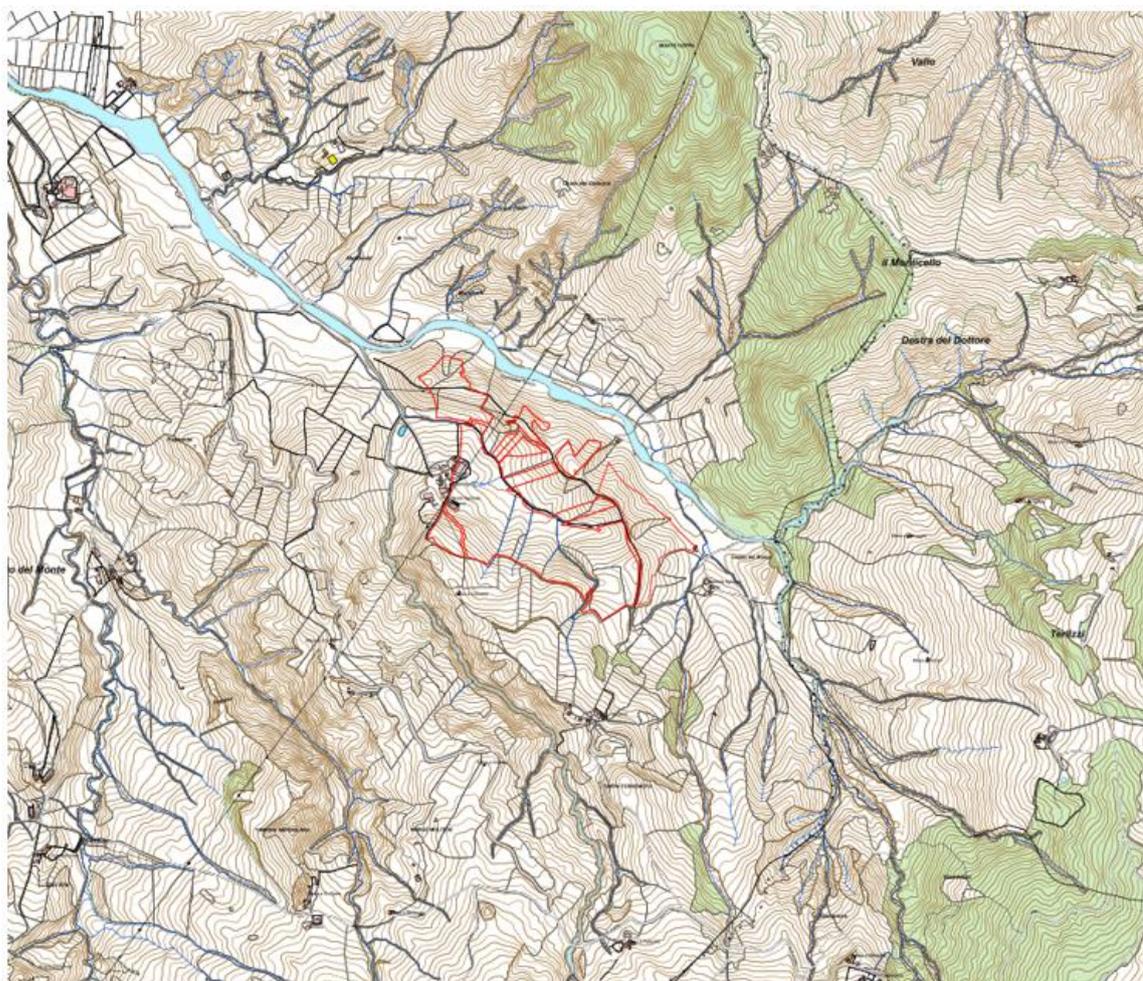


Figura 1: Inquadramento area di progetto su CTR

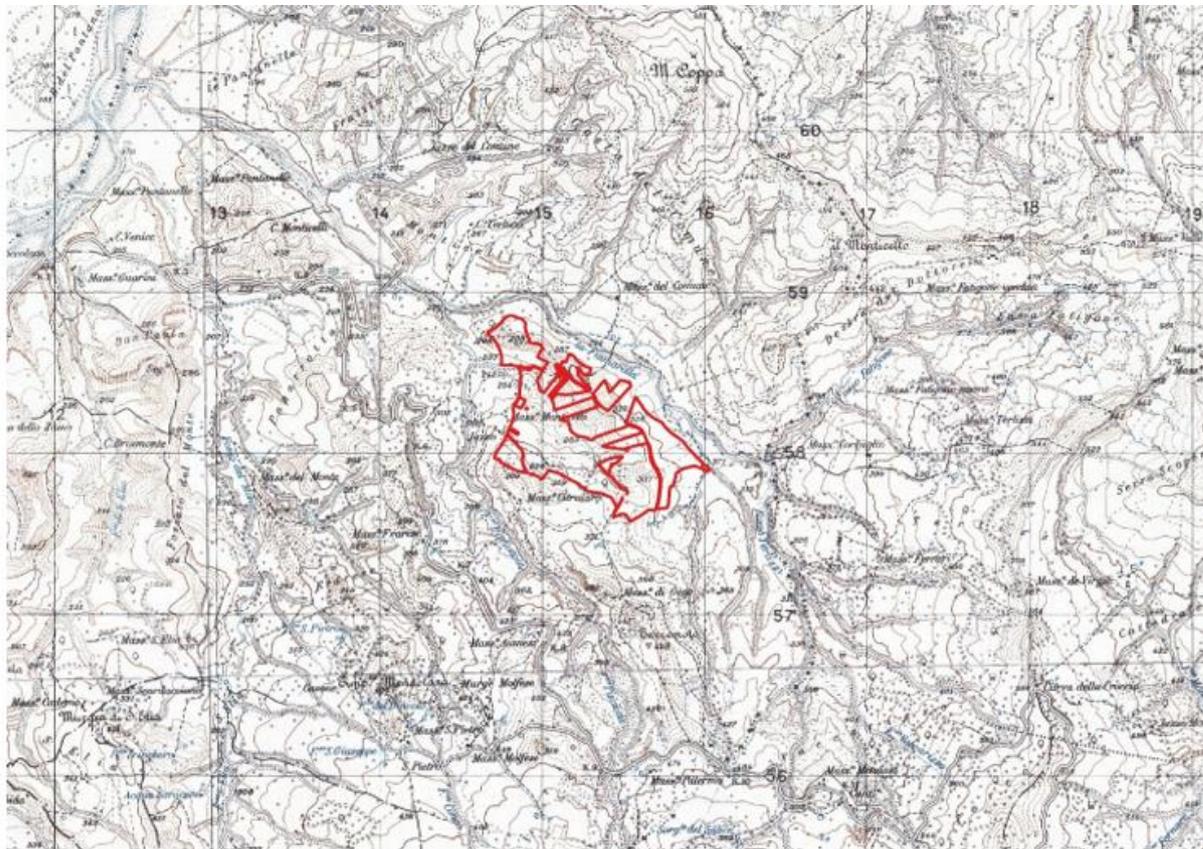


Figura 2: Inquadramento area di progetto su IGM



Figura 3: Inquadramento area di progetto su Ortofoto

4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'impianto in oggetto, sarà ubicato in località "Monticelli" nel Comune di Sant'Arcangelo (PZ) circa 7 Km in linea d'aria in direzione nord-ovest rispetto al nucleo urbano. La scelta del sito è stata dettata dai buoni livelli di irraggiamento e non incidenza su aree protette, in particolare, i terreni individuati per la realizzazione del campo agrivoltaico non ricadono nelle zone non idonee individuate dal PIEAR della Regionale Basilicata.

Nello specifico il Parco Fotovoltaico sarà ubicato ad est dell'abitato di Sant'Arcangelo, ad una quota compreso tra 225 e 320 m s.l.m. ed è situata tra i corsi fluviali, Fiumarella Terlizzi e Fosso Pisciotola, affluente di Fiumarella Terlizzi che si immettono in destra orografica nel fiume Agri, così come di seguito riportato.

I terreni interessati dal progetto sono iscritti in un rettangolo individuato, nel sistema di coordinate UTM (Universale Trasverso di Mercatore), dai vertici superiore sinistro e inferiore destro, e nel sistema di coordinate geografiche da uno span di latitudine e longitudine.

UPPER LEFT LATITUDE = 40°16'14.36" N	40°16'13.67"N
UPPER LEFT LONGITUDE = 16°20'51.84" E	16°21'50.78"E
LOWER RIGHT LATITUDE = 40°15'32.74"N	40°15'31.99"N
LOWER RIGHT LONGITUDE = 16°20'50.93"E	16°21'49.77"E

Il campo dell'impianto fotovoltaico ricade sulle particelle

- 117, 116,108,115,114,107,81,80,79,111,78,77,83,84,94,101,103,104,85,102,86,87 del foglio 28
- 2,3,5,15,141,10,11,12,13,125,38,190,193,122,157,119,118,58,190,59,61,49,47,41,42,44,45,127,37,114,36,25,17,19,20,25,29,30,31,32 del foglio 27

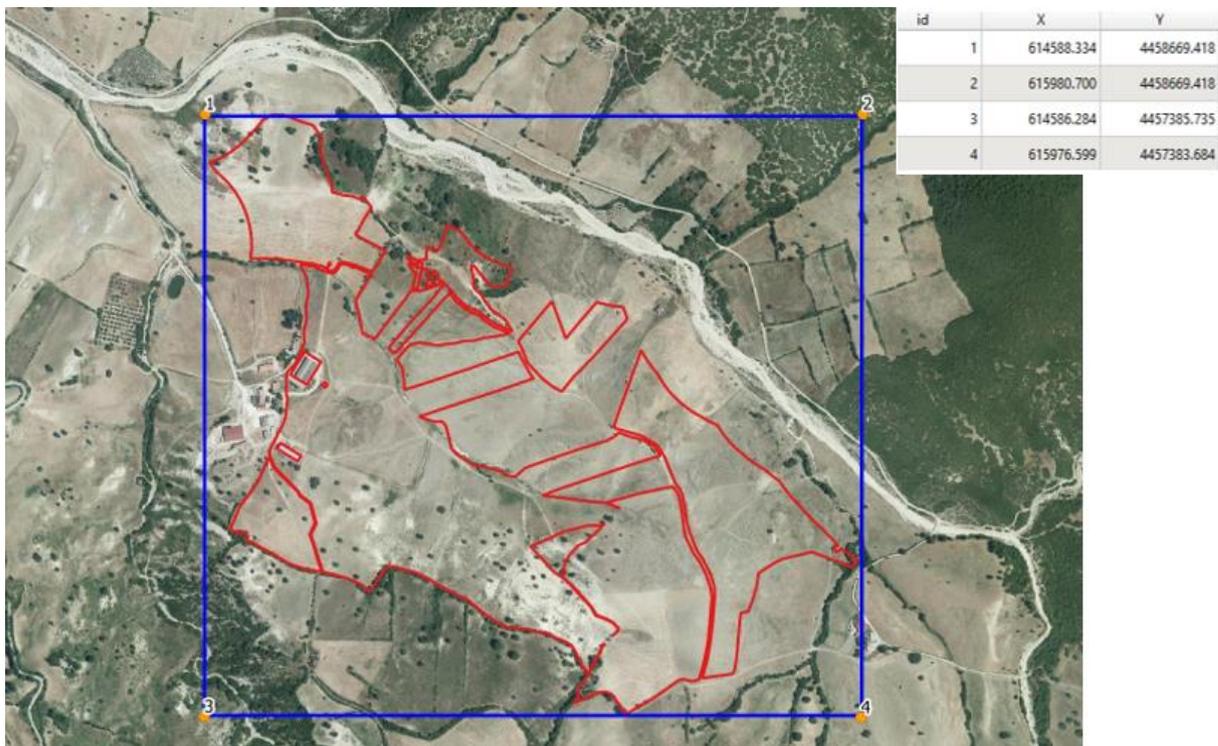


Figura 4: Area impianto su base ortofoto e Coordinate UTM 33-WGS 84 che delimitano l'area del Parco

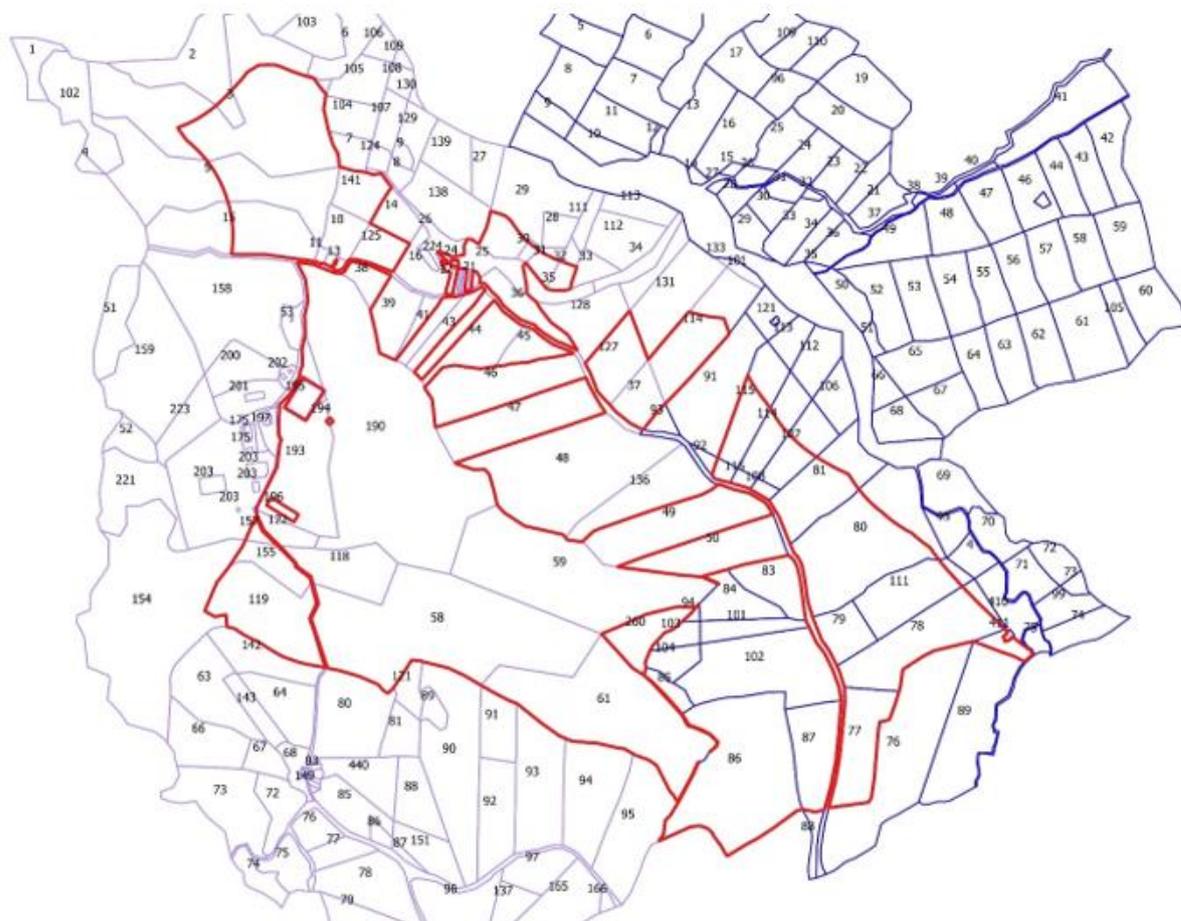


Figura 5: Inquadramento area campo fotovoltaico su catastale (l’area impianto è indicata in rosso)

5 ANALISI STATO DI FATTO E DI PROGETTO

Il progetto prevede la realizzazione di un campo agrivoltaico della potenza complessiva di circa 50 MWp, la centrale di produzione agrivoltaica sarà costituito da moduli fotovoltaici, suddivisi in stringhe, ciascuna delle quali formata da moduli fotovoltaici collegati in serie. I moduli fotovoltaici saranno installati su delle strutture, ancorate al terreno.

	<p style="text-align: center;"> PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “SANT’ARC. 1” DELLA POTENZA NOMINALE DI 50 MW IN LOCALITA’ “MONTICELLI” NEL COMUNE DI SANT’ARCANGELO (PZ) RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p>	<p style="text-align: right;"> DATA: GENNAIO 2023 Pag. 11 di 39</p>
---	---	---

5.1 INTERFERENZA DELLE OPERE IN PROGETTO CON GLI ATTRAVERSAMENTI E LE AREE DEMANIALI.

Al fine di individuare l’attraversamento delle opere in progetto con i corpi idrici vincolati si è fatto riferimento alle diverse nomenclature presenti nella cartografia ufficiale e adottate nel corso degli anni in seguito a classificazioni e censimenti.

In particolare per individuare le interferenze nella mappa stralcio della “Carta dei vincoli paesaggistici – Aree Tutelate per legge” sensi dell’art. 142 del D.Lgs. n. 42/2004 e ss.mm.ii. è necessario riferirsi al bene identificato con un acronimo (BP142c_n) (vedi Figura).

Mentre i corsi d'acqua iscritti negli elenchi previsti dal testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775, vengono individuati da una numerazione araba e da una descrizione che ne delimita le condizioni al contorno.

Pertanto, dal confronto tra i dati e le cartografie a disposizione si deduce che le opere in progetto NON interferiscono con i corpi idrici:

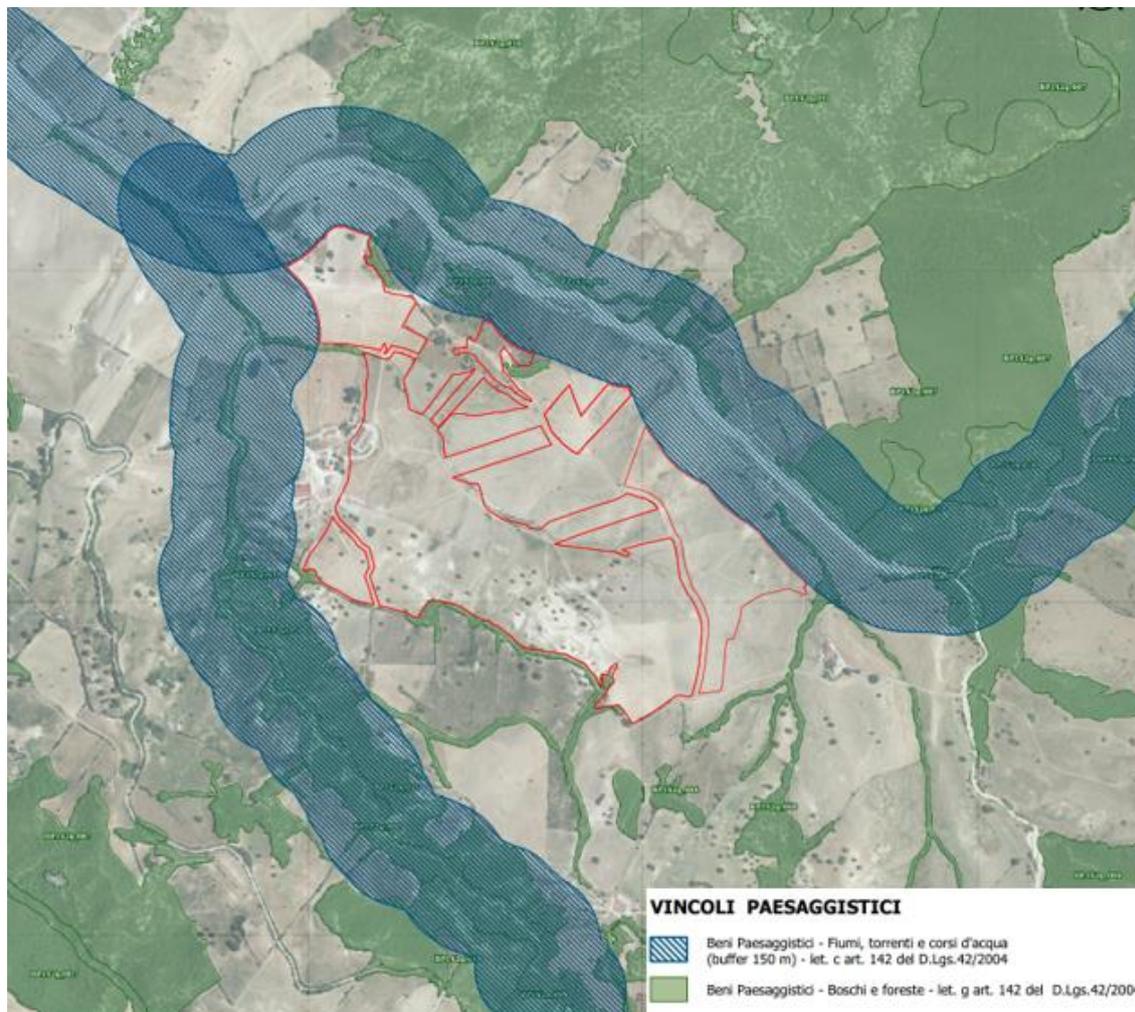


Figura 6: stralcio della "Carta dei vincoli paesaggistici – Aree Tutelate per legge" sensi dell'art. 142 del D.Lgs. n. 42/2004

5.2 INTERFERENZE DELLE OPERE IN PROGETTO CON AREE A POTENZIALE RISCHIO ALLUVIONE (APFSR)

In vista della possibilità che le aree interessate dal progetto dell'impianto fotovoltaico in questione possano essere interessate da fenomeni di alluvionamento, si è provveduto all'analisi delle interferenze delle opere in progetto con aree a potenziale rischio alluvione (APFSR).

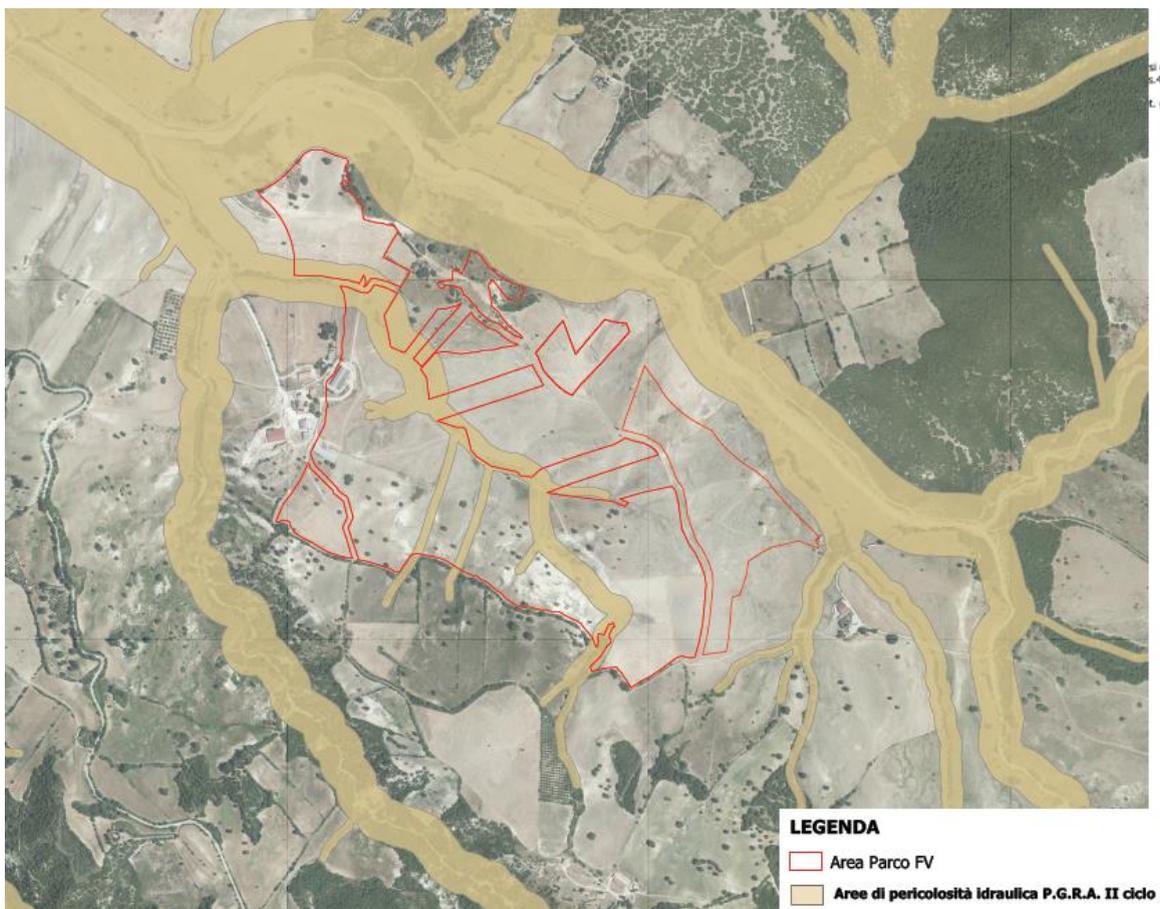


Figura 7: Interferenza dell'impianto di progetto con le aree a potenziale rischio alluvione (APFSR)

Le opere in progetto presentano interferenze con aree a potenziale rischio alluvione, pertanto, è stata condotta l'analisi mediante modellazione idraulica con software Hec-Ras. Questo al fine di perimetrare le aree di effettivo rischio come può evincersi dalle planimetrie allegate (mappe delle aree alluvionali).

5.3 COMPATIBILITÀ DELLE OPERE DA ESEGUIRSI CON IL VINCOLO IDROGEOLOGICO

Dalla consultazione della carta del Vincolo Idrogeologico invece, si evince che **l'area di intervento ricade** in aree sottoposte a vincolo idrogeologico ai sensi del R.D.L. n 3267 del 1923, come riportato in figura seguente.

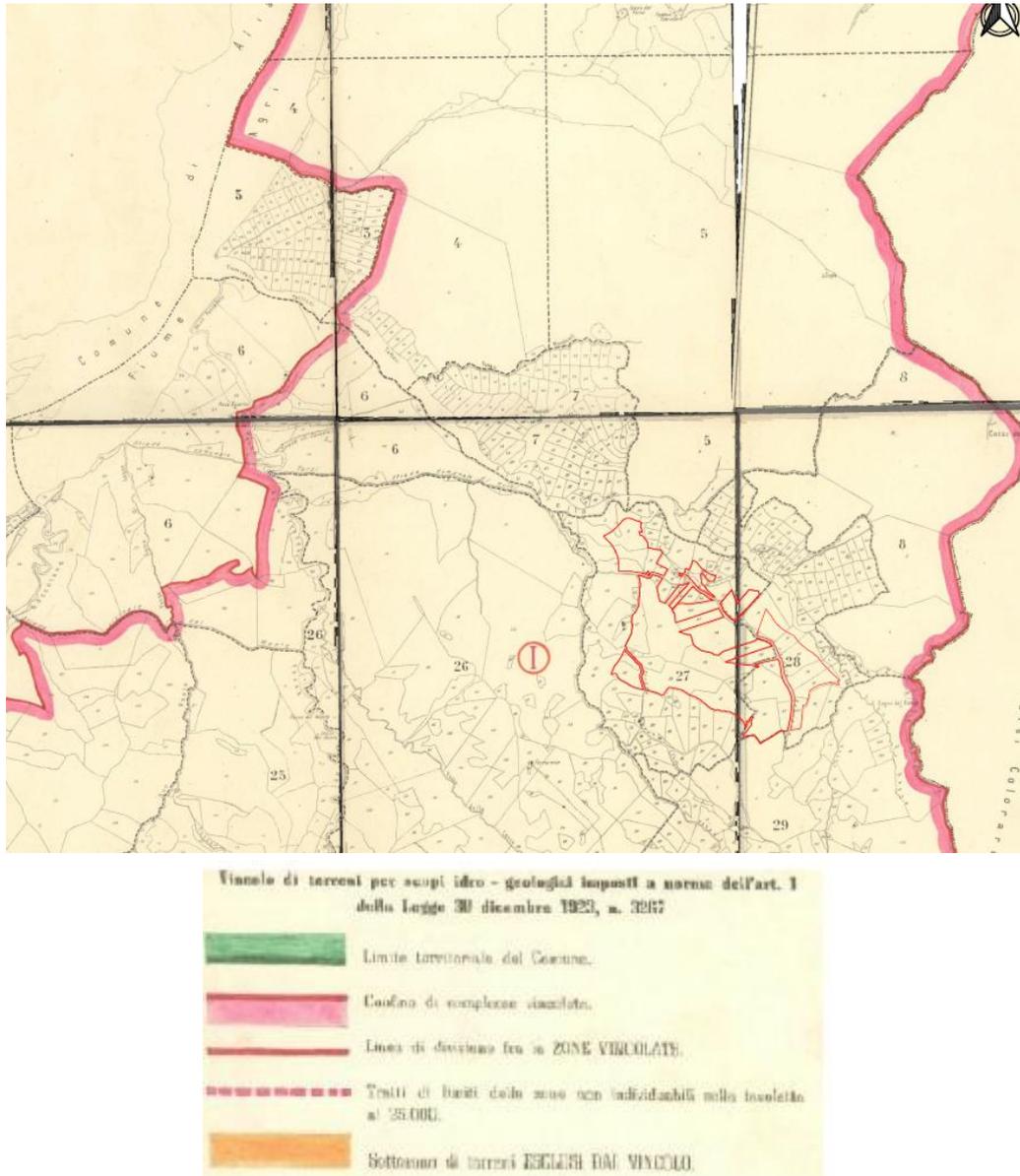


Figura 8: Interferenza dell'impianto di progetto con il vincolo idrogeologico

5.4 COMPATIBILITÀ DELLE OPERE DA ESEGUIRSI CON LE AREE DI SALVAGUARDIA DELLE SORGENTI

È stata verificata anche la compatibilità delle opere da eseguirsi con le aree a salvaguardia delle sorgenti comprese nella zona dell’intervento delimitate così come dettagliato dalle Direttive Tecniche e procedurali adottate con DGR 663/2014 dalla Regione Basilicata.

Di seguito si riporta un’immagine con la mutua posizione dell’area di impianto con la posizione delle sorgenti mappate dalla Regione Basilicata e con il buffer di 1 km definito quale area di studio ai sensi del punto 1 del titolo II delle Direttive Tecniche e procedurali suddette.

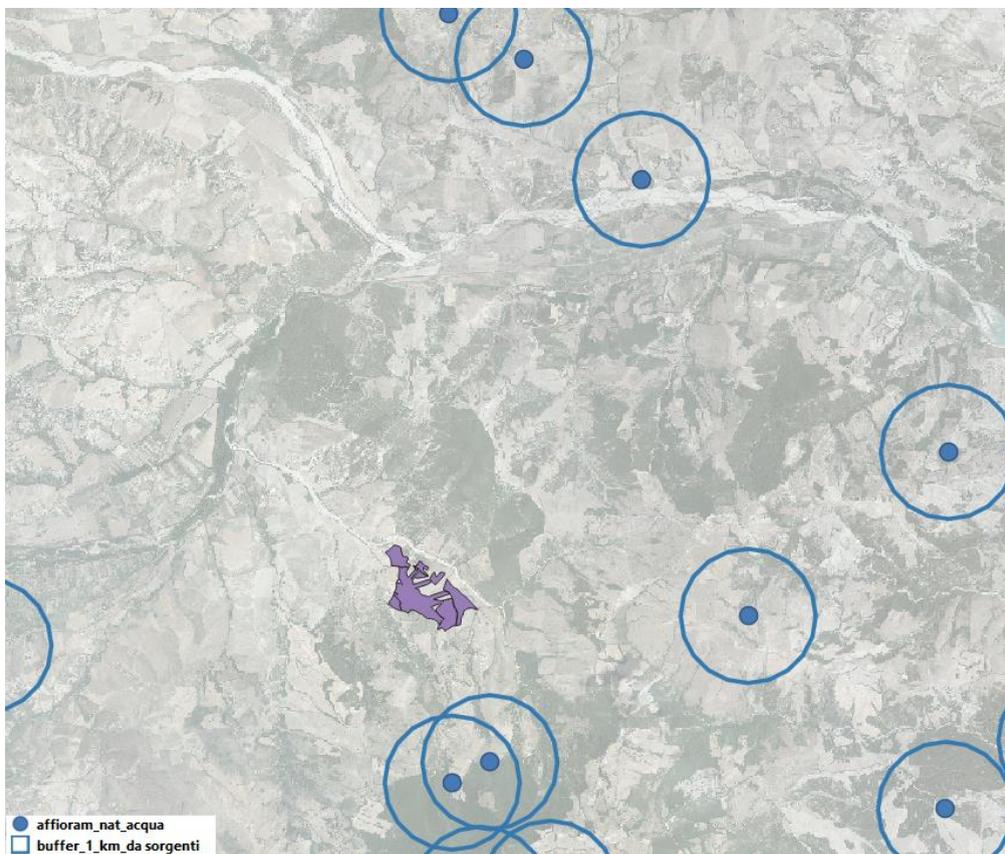


Figura 9: area di impianto, sorgenti ed area di buffer (1000 metri) di cui al punto 1 del Titolo II delle Direttive tecniche e procedurali di cui alla DGR 663/2014 Regione Basilicata

L’area di impianto non ricade nel buffer di 1000 metri che stabilisce l’estensione dell’area di studio come da punto 1 delle Direttive come si evince dalla figura precedente.

5.5 COMPATIBILITÀ DELLE OPERE DA ESEGUIRSI LE AREE PAI

Dalla consultazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino della Basilicata, si evince che all'interno dell'area interessata dal progetto, è presente un areale classificato a rischio frana R1 e nella parte terminale di un areale a rischio frana R3, come riportato nello stralcio sottostante.

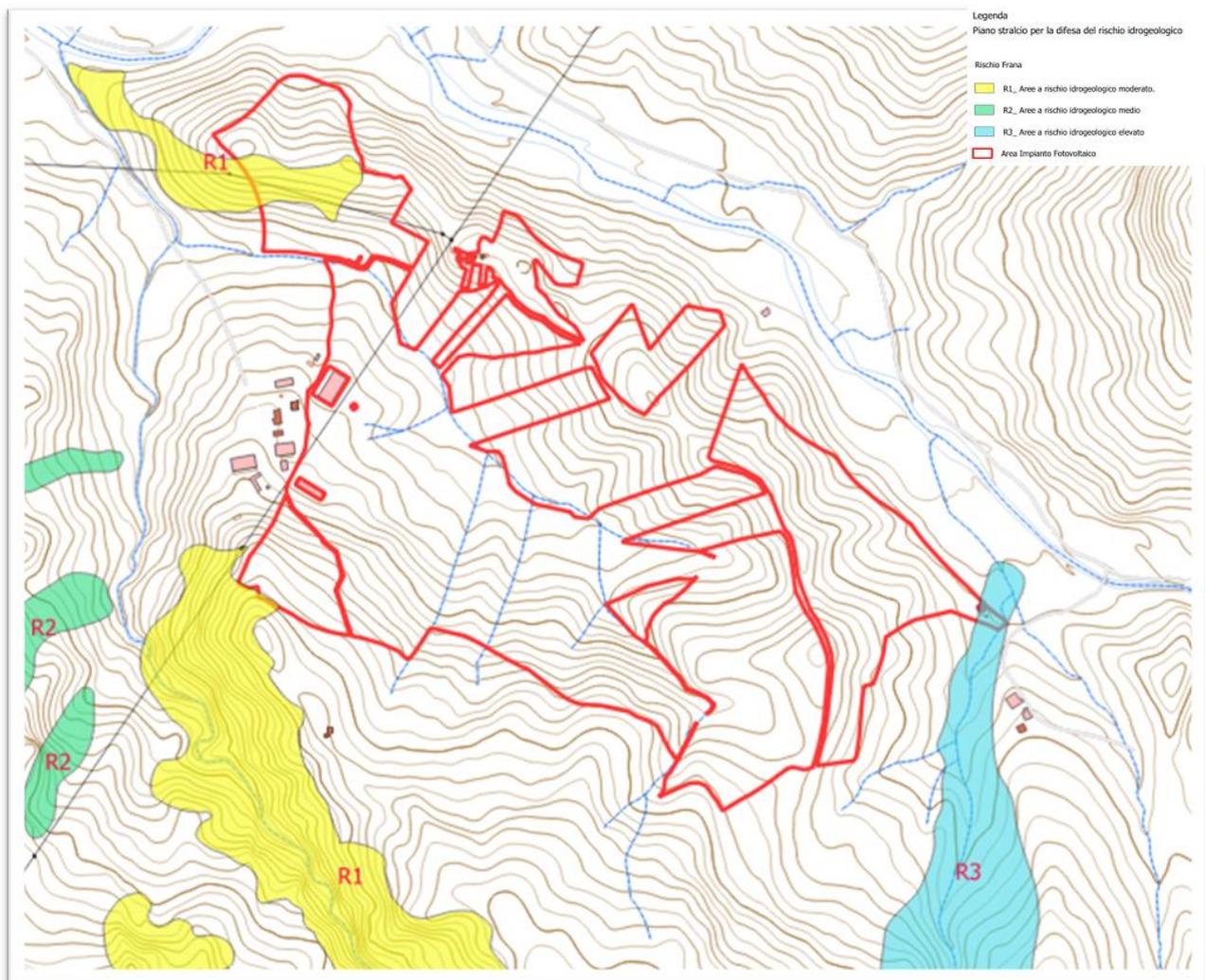


Figura 10: Stralcio della Carta del Rischio da frana redatta dall'AdB Basilicata.

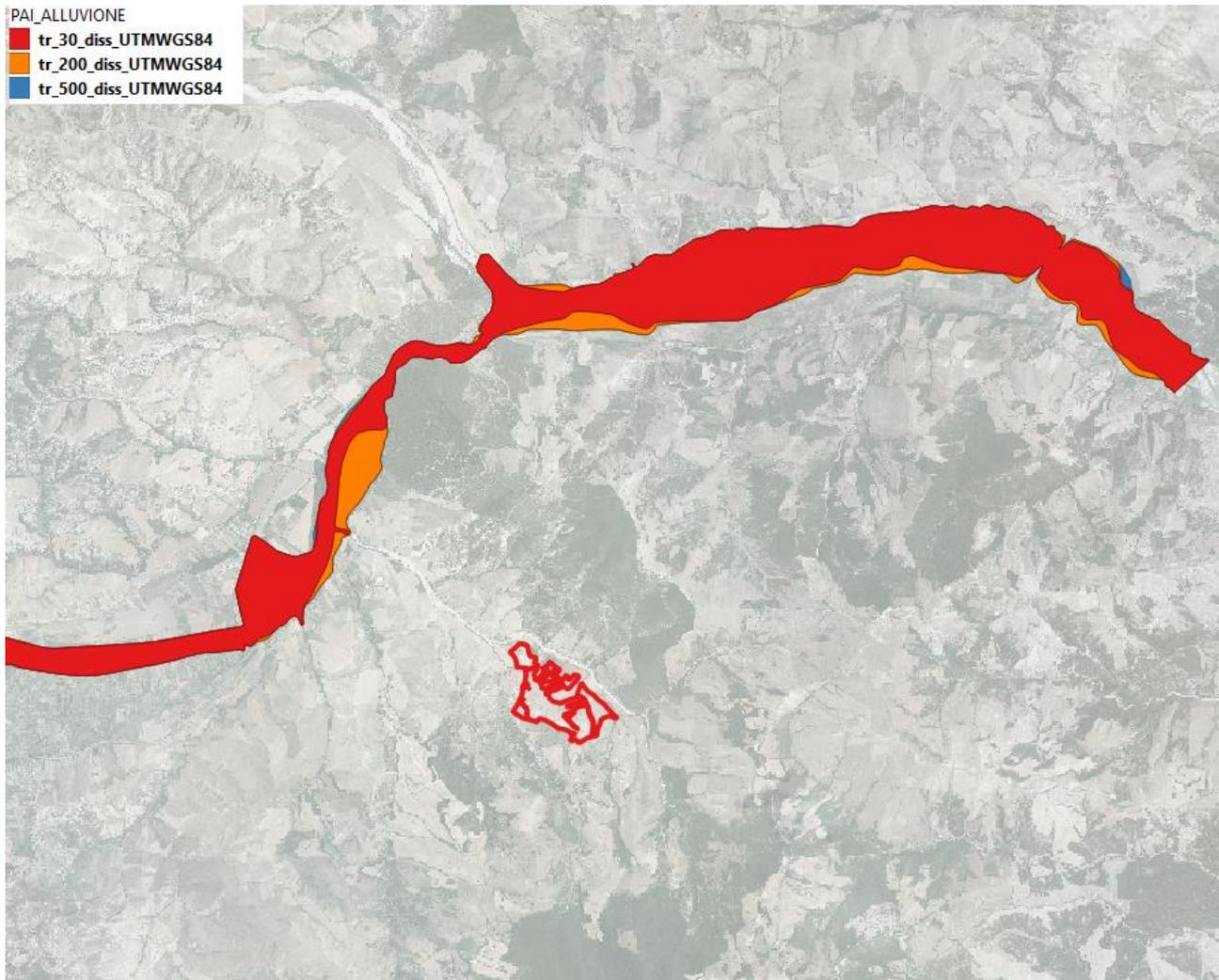


Figura 11: Stralcio della Carta del Rischio idraulico redatta dall'AdB Basilicata.

Per quanto riguarda il rischio idraulico, come riportato nella Figura precedente, l'area non rientra in nessuna area a rischio per tutti i tempi di ritorno.

	<p style="text-align: center;"> PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO A TERRA “SANT’ARC. 1” DELLA POTENZA NOMINALE DI 50 MW IN LOCALITA’ “MONTICELLI” NEL COMUNE DI SANT’ARCANGELO (PZ) RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA </p>	<p style="text-align: right;"> DATA: GENNAIO 2022 Pag. 18 di 39 </p>
---	--	---

6 ANALISI GEOMORFOLOGICA

La base per un’analisi idrologica di dettaglio è rappresentata dalla definizione delle principali caratteristiche morfologiche dei bacini idrografici di riferimento.

L’analisi geomorfologica, pertanto, precede la fase di analisi in quanto consente la delimitazione dei bacini idrografici sulla base di dati cartografici e topografici disponibili.

6.1 DIGITAL TERRAIN MODEL

Per la definizione del modello digitale del terreno dei territori idrograficamente afferenti ai canali oggetto di studio sono stati utilizzati i dati ufficiali messi a disposizione dalla Regione Basilicata mediante il portale cartografico regionale RSDI con una risoluzione orizzontale su maglia di 5x5 m e verticale centimetrica.

Questi dati sono restituiti con una tecnica di telerilevamento che permette di determinare la distanza di un oggetto o di una superficie utilizzando un impulso laser.

I principali vantaggi di tale cartografia sono: elevata qualità metrica del rilievo, alta densità di campionamento, possibilità di trascurare la vegetazione. Ciò che si ottiene con un rilievo Lidar è un insieme di punti ad ognuno dei quali è associato un dato relativo alle coordinate geografiche (sistema WGS 84), alla quota calcolata sulla base della differenza di tempo intercorsa tra il segnale emesso e quello riflesso ed il valore dell’intensità di segnale riflessa.

Dalla nuvola di punti totali si ottiene un Modello Digitale di Superficie, mentre per elaborazioni successive, che comprendono sia un filtraggio automatico che manuale, si estraggono i soli punti che appartengono al suolo da cui si ottiene un Modello Digitale del Terreno come quello utilizzato in questa sede.

6.2 SLOPE MODEL

Una volta disponibile il DEM, utilizzando la procedura di calcolo descritta nel seguito è stato possibile ottenere un modello distribuito delle pendenze sul quale sono stati applicati successivamente gli algoritmi che hanno consentito di ottenere le informazioni idrauliche del territorio. Concettualmente la pendenza identifica la massima variazione nel valore di quota di una cella del grigliato rispetto alle celle circostanti.

Uno dei possibili risultati di questo calcolo può essere una matrice di valori che esprime la pendenza in percentuale oppure in gradi.

In pratica l’algoritmo utilizzato esegue una media quadratica della massima variazione di quota nelle quattro direzioni del piano parallele al grigliato considerando le otto celle che contornano la cella in questione.

6.3 FLOW ACCUMULATION

Dallo Slope Model con un opportuno algoritmo, gestito sempre in ambiente GIS, è stato possibile ricavare la griglia delle direzioni di flusso.

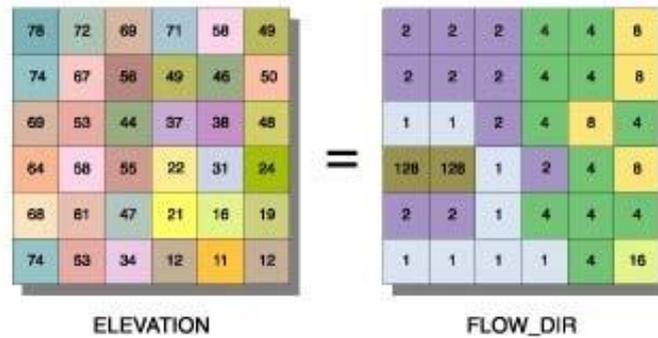
Questa griglia contiene in ogni cella il valore codificato della direzione di massima pendenza tra la cella stessa e le celle circostanti.

Al numero che compare in ogni cella della griglia è associato univocamente una direzione cartesiana secondo lo schema seguente:

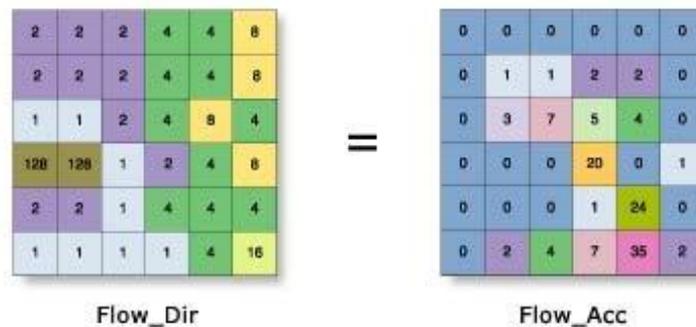
1	Est	2	Sud-Est
4	Sud	8	Sud-Ovest
16	Ovest	32	Nord-Ovest
64	Nord	128	Nord-Est

Di seguito è riportato un esempio di una rappresentazione del passaggio dal DEM ad una griglia costituita dalle direzioni preferenziali dei flussi.

Definita la griglia delle direzioni di flusso un algoritmo gestito in ambiente GIS conta il numero di celle tributarie di ogni singola cella e ne attribuisce il valore alla corrispondente cella in una nuova griglia denominata di accumulo così rappresentata:



Definita la griglia delle direzioni di flusso un algoritmo gestito in ambiente GIS conta il numero di celle tributarie di ogni singola cella e ne attribuisce il valore alla corrispondente cella in una nuova griglia denominata di accumulo così rappresentata:



Grazie alla generazione della griglia di accumulo è possibile successivamente stabilire un numero minimo di celle tributarie e definire in questo modo la linea di compluvio naturale.

Queste tecniche, come si è anticipato, consentono la perimetrazione di un *bacino idrografico* oltre che la determinazione di tutti i parametri morfometrici di esso caratteri

6.4 PERIMETRAZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI

Un Bacino Idrografico può essere considerato come una porzione di territorio capace di convogliare naturalmente e far defluire attraverso una sezione idraulica comunemente detta "sezione di chiusura" l'acqua precipitata sulla stessa.

La sezione di chiusura è rappresentata dal punto più depresso della linea di drenaggio naturale.

Grazie ai processi di analisi precedentemente esposti è stato possibile individuare i bacini idrografici gravanti l'area di studio, le cui caratteristiche morfometriche sono riportate nella tabella seguente.

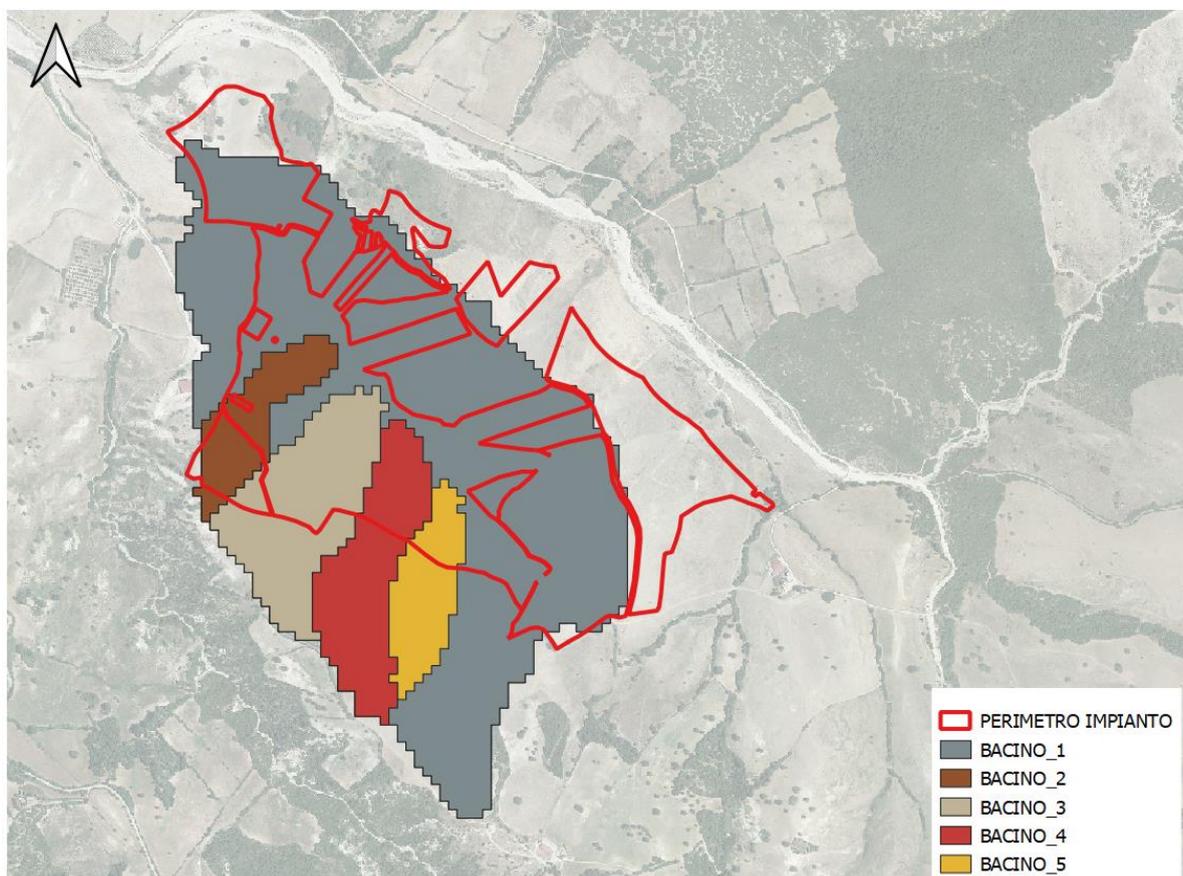


Figura 12: Perimetrazione Bacini Idrografici

7 ANALISI IDROLOGICA

7.1 CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

Sono stati oggetto di studio le criticità idrauliche che potrebbero manifestarsi in occasione di precipitazioni di forte intensità e per periodi di riferimento fino a 500 anni. Infatti il rischio idraulico associato a fenomeni di esondazione attiene alle portate di piena che possono formarsi in occasione di eventi meteorici di particolare intensità, persistenza ed estensione territoriale.

Le situazioni di rischio sono pertanto riferite ad un concetto di probabilità di accadimento, normalmente misurata in termini di "tempo di ritorno", definito come il numero medio di anni per il quale la variabile considerata è statisticamente uguagliata o superata almeno una volta.

Ai fini dello studio idrologico, le stime effettuate su tali precipitazioni sono relative ad un periodo di ritorno massimo duecentennale e fanno riferimento ai risultati ottenuti nell'ambito del Progetto VAPI (VALutazione delle PIene) Basilicata, redatto a cura del GNDCI (Gruppo Nazionale di Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche).

Nel progetto VAPI viene proposto l'utilizzo della legge del valore estremo doppia componente (TCEV), che permette di ottenere una stima più accurata del valore delle grandezze idrologiche estreme. La TCEV presenta quattro parametri che possono essere stimati con analisi regionale qualora si individuino caratteristiche di omogeneità di un dato territorio.

Il valore corrispondente al periodo di ritorno T di una grandezza idrologica X può essere scritto come:

$$X(T) = K_T \cdot \mu(X)$$

con K_T coefficiente di crescita e $\mu(X)$ media campionaria della grandezza X .

Il coefficiente di crescita può essere determinato per tentativi mediante la relazione

$$T = \frac{1}{1 - \exp(-A_1 e^{-\eta K_T} - A_2 \cdot A_1^{1/\theta_2} e^{-\eta K_T / \theta_2})}$$

oppure mediante la relazione semplificata

$$K_T = \left(\frac{\theta_* \ln \Lambda_*}{\eta} + \frac{\ln \Lambda_I}{\eta} \right) + \frac{\theta_*}{\eta} \ln(T)$$

I parametri della relazione vengono stimati con analisi regionale.

Le "curve di probabilità pluviometrica" sono una famiglia di curve che descrivono la relazione tra l'altezza di pioggia e la durata, parametrizzate rispetto a T periodo di ritorno pertanto essa è definita mediante la seguente espressione:

$$h(T, d) = K_T \cdot ad^n$$

Dove:

K_T : fattore di crescita probabilistico;

a ed n : parametri relativi alle curve di probabilità pluviometriche medie areali.

In pratica, la dipendenza dal periodo di ritorno è assegnata mediante la distribuzione di K_T , mentre i coefficienti della legge intensità-durata sono caratteristici della specifica zona in cui si trova il bacino. La distribuzione del fattore di crescita è alla base della metodologia adottata nel progetto VAPI, che fa riferimento ad un approccio di tipo probabilistico per la valutazione dei massimi annuali delle piogge e delle portate al colmo. Facendo riferimento all'informazione idrologica disponibile sul territorio, in termini di densità spaziale di stazioni di misura e di numerosità campionaria delle serie storiche, le altezze di precipitazione giornaliere, rilevate alle stazioni pluviometriche, il VAPI ha individuato due sottozone: una sottozona Nord composta da 70 (Sottostazione A) stazioni e ed una sottozona Sud-Ovest comprendente le rimanenti 8 (Sottostazione B).

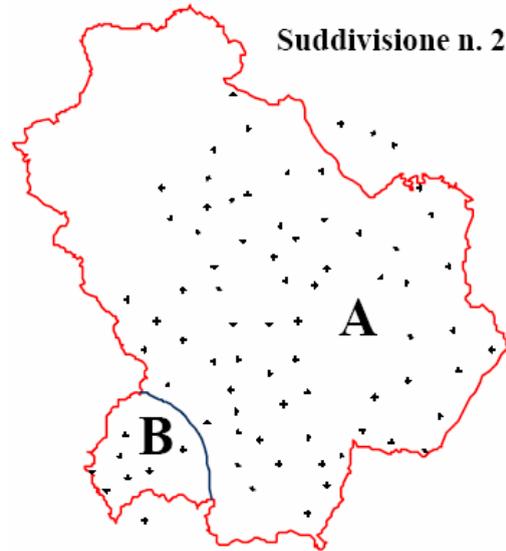


Figura 12: Sottozone omogenee del fattore di crescita.

I parametri regionali stimati al primo ed al secondo livello sono quelli riportati nella Tabella seguente:

Sottozona	L*	q*	L1	h
A	0.104	2.632	20.64	3.841
B	0.104	2.632	55.23	4.825

Tabella 1: Parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle piogge in Basilicata

Fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata (DPC) all'interno della SZO pluviometrica omogenea previamente identificata, le elaborazioni del VAPI Basilicata hanno consentito di attribuire, per assegnato tempo di ritorno, a ciascuna sottozona valori costanti del fattore di crescita K_T :

T (anni)	2	5	10	20	25	30	40	50	100	200	500
KT (SZOA)	0.92	1.25	1.49	1.74	1.83	1.90	2.03	2.14	2.49	2.91	3.50
KT (SZOB)	0.97	1.10	1.20	1.30	1.34	1.37	1.42	1.46	1.61	1.78	2.02

Tabella 2: Valori del coefficiente di crescita in funzione della sottozona e del periodo di ritorno.

	<p style="text-align: center;"> PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO A TERRA “SANT’ARC. 1” DELLA POTENZA NOMINALE DI 50 MW IN LOCALITA’ “MONTICELLI” NEL COMUNE DI SANT’ARCANGELO (PZ) RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA </p>	<p style="text-align: right;"> DATA: GENNAIO 2023 <i>Pag. 25 di 39</i> </p>
--	---	---

Il bacino idrografico di interesse ricade nella sottozona A, per cui, utilizzando il VAPI Basilicata, il coefficiente di crescita K_T (funzione del periodo di ritorno) è stato così valutato:

$$K_{30} = 1.57$$

$$K_{200} = 2.87$$

7.2 ANALISI REGIONALE

L'insieme delle procedure, adatte a trasferire l'informazione idrologica proveniente dai dati registrati in un qualunque sito ad un altro, va sotto il nome di analisi regionale; ad essa si deve ricorrere quando la valutazione è richiesta in un sito non attrezzato oppure dove l'informazione disponibile è insufficiente in confronto con gli obiettivi dell'analisi stessa.

I dati pluviometrici analizzati in tale studio sono desunti dalle pubblicazioni del Servizio Idrografico Italiano (oggi SIMN) relative ai Compartimenti di Catanzaro, Bari e Napoli. L'archivio dei dati pluviografici, basato sulle citate pubblicazioni, è aggiornato al 1987. Per alcune stazioni è stato tuttavia possibile, grazie alla collaborazione fra il SIMN di Catanzaro ed il C.N.R.-I.R.P.I. di Rende (CS), utilizzare i dati, non ancora pubblicati, aggiornati al 1992.

I dati utilizzati sono relativi a 55 stazioni pluviografiche con almeno 15 anni di funzionamento. Alcune stazioni sono situate all'esterno dei limiti di bacino allo scopo di migliorare le stime dei parametri areali relativi ai bacini idrografici.

7.3 STIMA DEL VALOR MEDIO: LEGGI DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICHE

Obiettivo del terzo livello di regionalizzazione dei massimi annuali delle piogge brevi è la definizione di relazioni utili alla valutazione del valor medio della distribuzione del massimo annuale della grandezza di interesse in un generico sito o come valore caratteristico di un'area.

Data l'elevata variabilità spaziale di tale parametro di posizione, in presenza di dati la stima migliore risulta dal calcolo diretto.

Nei siti sprovvisti di stazioni di misura o i cui dati siano giudicati inaffidabili, la stima del parametro di posizione è solitamente affidata a relazioni, che vengono istituite per aree omogenee, tra il valor medio della distribuzione del massimo annuale dell'altezza di precipitazione in durata d , $m[h(d)]$, e parametri come quota, distanza dal mare, esposizione etc.

L'individuazione delle aree omogenee al terzo livello avviene solitamente con riferimento alle medie $m(hg)$ delle piogge giornaliere, sempre per ragioni legate alla maggiore disponibilità di stazioni e dati/stazione. Tuttavia, per la regione in indagine, precedenti analisi sulla variabilità spaziale di $m(hg)$ [Dell'Aera, 1991; Gabriele e Iiritano, 1994] non hanno consentito di individuare aree nelle quali fossero evidenti legami quali quelli sopra accennati.

In assenza delle indicazioni su eventuali aree omogenee al III livello, l'analisi delle medie delle piogge brevi è consistita nell'identificazione delle isoiete di $m[h(d)]$, per le diverse durate, utilizzando un metodo geostatistico, il kriging. Tale metodo, a differenza di altri, consente di interpolare tenendo conto della relazione fra la varianza campionaria e la varianza spaziale dei dati, secondo un approccio di tipo stocastico.

Utilizzando tale tecnica, conoscendo i dati relativi alle 55 stazioni pluviografiche considerate nella regione in esame, sono stati calcolati i valori della stima di $m[h(d)]$ in corrispondenza dei nodi di una griglia regolare. Tramite questi valori si sono tracciate le isolinee di $m[h(d)]$, per le durate $d= 1, 3, 6, 12$ e 24 ore.

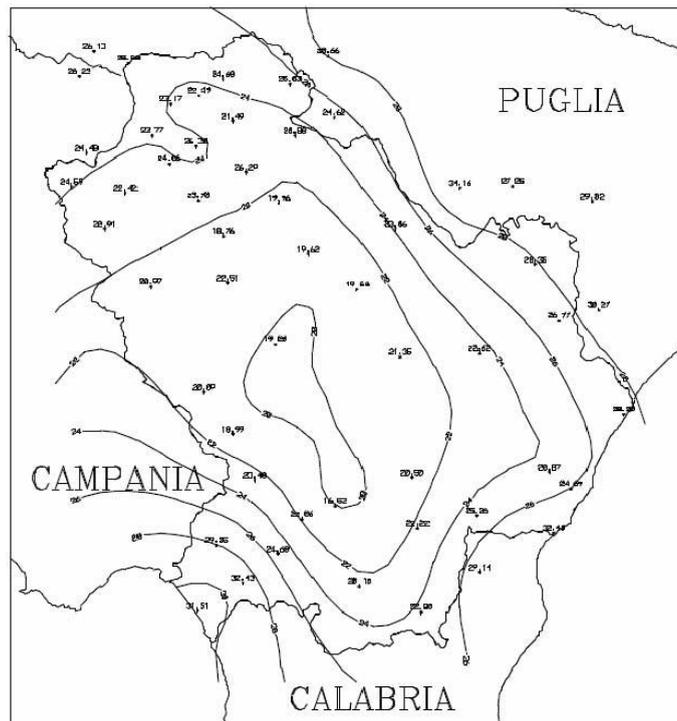


Figura 6: Isolinee del coefficiente a della curva di probabilità pluviometrica.

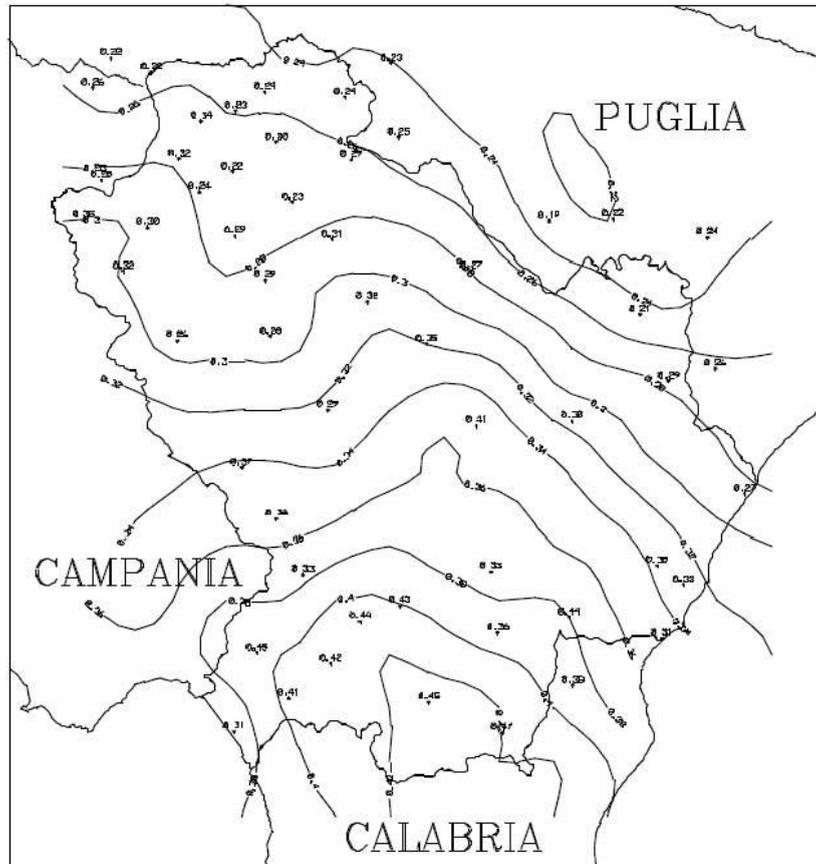


Figura 7: Isolinie dell'esponente n della curva di probabilità pluviometrica.

Per quanto riguarda i valori dei parametri a ed n relativi alle curve di probabilità pluviometriche medie areali, quelli stimati per la zona in oggetto sono i seguenti:

$$a = 22,336$$

$$n = 0,372$$

Utilizzando tali valori e dall'analisi delle piogge orarie è possibile determinare la curva di possibilità pluviometrica corrispondenti a diversi valori di T compreso tra 30, 200 anni.

	<p style="text-align: center;"> PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “SANT’ARC. 1” DELLA POTENZA NOMINALE DI 50 MW IN LOCALITA’ “MONTICELLI” NEL COMUNE DI SANT’ARCANGELO (PZ) RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA </p>	<p style="text-align: center;"> DATA: GENNAIO 2023 <i>Pag. 28 di 39</i> </p>
--	--	--

8 ANALISI IDRAULICA

8.1 CALCOLO DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA

Dal punto di vista strettamente idraulico la verifica è stata effettuata attraverso l’applicazione di un modello afflussi-deflussi basato sulla teoria tempo-area e con l’ausilio di un modello idraulico per la soluzione delle equazioni del moto a pelo libero in condizioni di moto permanente. Sulla scorta delle risultanze derivanti dall’applicazione della metodologia VAPI, sono stati determinati i valori di portata al colmo di piena per tempo di ritorno T_R pari a 30 e 200 anni lungo i tratti fluviali oggetto di indagine. Per gli attraversamenti tombinati si è fatto riferimento a periodi di ritorno più bassi, da 2 anni fino a 200 anni.

8.2 METODOLOGIA VAPI

L’analisi idrologica si basa sui risultati e le metodologie dell’indagine VAPI già effettuata in Basilicata, (VALutazione delle Piene) Rapporto di sintesi per la regione Basilicata (bacini del versante ionico) a cura di P. Claps e M. Fiorentino.

Tale metodologia fa riferimento ad un approccio di tipo probabilistico per la valutazione dei massimi annuali delle portate di piena.

La grandezza idrologica di interesse da definire in questo caso è il massimo valore della portata in corrispondenza delle sezioni di chiusura del bacino idrografico.

Per il calcolo delle portate di piena è stato condotto uno studio conforme a quanto prescritto dall’art.4 comma 4 delle Norme tecniche di attuazione del PAI ed in particolare a quanto previsto dal progetto Valutazione delle Piene (VaPi) del Gruppo Nazionale di Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI). In particolare le portate sono state stimate sulla base delle curve di possibilità pluviometrica calcolate con il metodo VAPI-Basilicata del G.N.D.C.I.

Per stimare le portate di piena con tempo di ritorno fino a 200 anni, è necessario valutare gli afflussi meteorici che le generano, desumibili dalla “Curva di possibilità pluviometrica”; tale curva può essere ricavata dai risultati della regionalizzazione eseguita dal CNR-GNDCI, che suddivide il territorio di competenza dell’Autorità di Bacino della Basilicata in aree omogenee pluviometriche.

	<p style="text-align: center;"> PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO A TERRA “SANT’ARC. 1” DELLA POTENZA NOMINALE DI 50 MW IN LOCALITA’ “MONTICELLI” NEL COMUNE DI SANT’ARCANGELO (PZ) RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA </p>	<p style="text-align: right;"> DATA: GENNAIO 2023 <i>Pag. 29 di 39</i> </p>
--	---	---

La stima delle portate al colmo di piena Q_T , con assegnato tempo di ritorno, T , è stata effettuata come prodotto della piena indice $E(Q)$ per il fattore probabilistico di crescita K_T :

$$Q_T = K_T E(Q) \quad (1)$$

A partire da tali periodi di ritorno sono stati calcolati i valori della portata di piena indicati nell’Appendice A nelle schede riassuntive degli attraversamenti di progetto.

8.3 FORMULA RAZIONALE

Ai fini della verifica idraulica sono state calcolate solo le portate di pioggia e, accettando l’ipotesi di isofrequenza tra afflussi e deflussi, la portata con periodo di ritorno assegnato è stata calcolata attraverso la nota formula razionale:

$$Q_C = \frac{A \cdot I_C(t, T_R) \cdot C_{CN}}{3.6}$$

dove:

Q_C = portata al colmo (mc/s)

I_C = altezza di pioggia netta (mm/h)

A = superficie del bacino (kmq)

C_{CN} = coefficiente di deflusso (-)

t = tempo di pioggia

T_R = tempo di ritorno (anni)

Il divisore correttivo 3.6 serve a convertire le unità di misura. In particolare, la formula razionale, nel modo in cui è scritta, fornisce la portata in mc/s, esprimendo l’area del bacino in km² e l’intensità di pioggia in mm/h.

Il metodo considera il bacino idrografico come una singola unità e stima il valore al colmo della portata con le seguenti assunzioni:

- la precipitazione è uniformemente distribuita sul bacino.
- la portata stimata ha lo stesso tempo di ritorno T_R di quello dell’intensità di pioggia critica “ I_C ”.
- la pioggia ha una durata “ t ” pari a quella del tempo di corrivazione “ t_C ”.

Dove il tempo di corrivazione rappresenta l'intervallo di tempo, dall'inizio della precipitazione, oltre il quale tutto il bacino contribuisce al deflusso nella sezione terminale. Con t_c si è indicata, quindi, la durata critica rispetto alla quale calcolare il massimo annuale di pioggia areale¹.

8.4 TEMPO DI CORRIVAZIONE

Per la valutazione dell'intensità di precipitazione che determina la massima portata di piena (intensità critica) sono stati utilizzate diverse formule quali Giandotti, Pezzoli, Kirpich e Chow.

In particolare l'approccio proposto parte da presupposto secondo cui la portata di massima piena generata dalle piogge si ottiene per precipitazioni di durata pari al tempo di corrivazione. Il tempo di corrivazione dipende dalle caratteristiche morfologiche del bacino e dalla sezione oggetto di studio. La formula proposta da Giandotti per il calcolo del tempo di corrivazione del bacino t_c [ore] è la seguente:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A_b} + 1,5L_a}{0,8\sqrt{Z_m - Z_0}}$$

Dove:

A_b = area bacino [kmq]

L_a = lunghezza dell'asta principale del bacino [km]

Z_m = quota media del bacino [m.s.l.m.]

Z_0 = quota della sezione di chiusura del bacino [m.s.l.m.]

Inoltre, il tempo di corrivazione è stato stimato sia con la formula di Kirpich (1940) che con le formule di Pezzoli e Chow scegliendo, tra i risultati, il valore che fornisce condizioni più gravose.

In particolare la formula di Kirpich (1940) è la seguente

$$t_c = 0,95 \frac{L^{1,155}}{d^{0,385}}$$

¹ Vale la pena far notare come, per bacini piccoli il coefficiente di riduzione areale sia, di fatto, pari a 1. Considerato anche il fatto che tale fattore è sempre ≤ 1 , nella verifica in esame lo si è posto paria a 1, commettendo un errore (in eccesso, e quindi conservativo) di minima entità.

	<p style="text-align: center;"> PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “SANT’ARC. 1” DELLA POTENZA NOMINALE DI 50 MW IN LOCALITA’ “MONTICELLI” NEL COMUNE DI SANT’ARCANGELO (PZ) RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA </p>	<p style="text-align: right;"> DATA: GENNAIO 2023 <i>Pag. 31 di 39</i> </p>
--	--	---

dove L è la lunghezza dell’asta principale e d il dislivello tra la sezione iniziale e quella di chiusura del bacino.

Per la formula di Pezzoli si è utilizzata la formula dedotta dallo stesso autore sulla base di misure relative ad alcuni piccoli bacini piemontesi:

$$t_c = 0,055 \frac{L}{\sqrt{i_a}}$$

in cui t_c è espresso in ore, L è la lunghezza dell’asta principale espressa in chilometri ed i_a è la pendenza media (m/m) dell’asta principale.

Per la formula di Chow si è fatto riferimento a quella proposta dallo stesso autore e da Watt (1985)

$$t_L = a \left(\frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^b$$

dove t_L è espresso in ore, L è la lunghezza dell’asta principale espressa in metri e le costanti a e b hanno rispettivamente valore 0.000326 e 0.79.

8.5 MASSIMIZZAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA COL METODO SCS

Per la determinazione degli eventi di piena si applicano modelli idrologici afflussi–deflussi basati sulle caratteristiche del bacino in forma globale.

Il metodo Numero di Curva (CN), sviluppato dal Soil Conservation Service (SCS) del Dipartimento dell’Agricoltura degli Stati Uniti², viene considerato come uno dei più importanti modelli non deterministici utilizzabile per la stima dei deflussi superficiali tanto da essere inserito in modelli di tipo distribuito di previsione dei deflussi (Borselli et.al,1989).

Il metodo del Numero di Curva permette di determinare il deflusso diretto o pioggia efficace (Pe) cioè la frazione della pioggia totale (P) che direttamente e in maniera preponderante contribuisce alla formazione dell’evento di piena.

² SOIL CONSERVATION SERVICE, (1972) *National Engineering Handbook*, section 4, Hydrology, U.S. Department of Agriculture, Washington D.C., U.S.A.

Per il calcolo della pioggia efficace, il metodo SCS propone le seguenti equazioni:

$$P_e = \frac{P_n^2}{P_n + S}$$

$$P_n = P - IA$$

$$IA = k_{ia} \cdot S$$

dove:

P = pioggia totale [mm]

P_e = pioggia efficace o deflusso diretto [mm],

P_n = la pioggia netta [mm],

S = capacità idrica massima del suolo o volume specifico di saturazione [mm],

IA = perdite iniziali [mm],

k_{ia} = coefficiente di perdite iniziali.

Per la determinazione del volume di piena il metodo si fonda sull'ipotesi che sia sempre valida la seguente relazione:

$$\frac{V}{P_n} = \frac{W}{S}$$

In cui i termini sono espressi in millimetri e si è indicato con V il volume di deflusso e con W l'invaso del suolo, cioè il volume idrico effettivamente immagazzinato nel suolo.

Tenendo conto che le perdite iniziali possono essere correlate all'invaso massimo del suolo mediante la seguente relazione:

$$I_a = 0.2 S$$

e che la precipitazione netta P_n si ripartisce completamente tra il volume di deflusso superficiale e l'invaso del suolo:

$$P_n = V + W$$

sostituendo il valore di W ricavato da quest'ultima nella prima relazione, tenendo conto dell'espressione della pioggia netta e del valore delle perdite iniziali, si perviene alla seguente relazione:

$$V = \frac{(P - 0.2 S)^2}{(P + 0.8 S)}$$

L'applicazione di tale relazione presuppone, oltre alla conoscenza della precipitazione totale P, la stima del massimo invaso S del suolo che, teoricamente, può assumere tutti i valori positivi compresi tra zero (suolo perfettamente impermeabile) e infinito (nessuna formazione di deflusso). La valutazione di S viene condotta mediante la seguente relazione:

$$S = 25.4 \left(\frac{100}{CN} - 10 \right)$$

in cui figura in parametro CN, denominato *Curve Number*, che assume valori compresi tra 100 e 0. Per quanto riguarda l'influenza dello stato di umidità del suolo all'inizio dell'evento meteorico, l'SCS individua tre classi, AMC I, AMC II e AMC III, caratterizzate da differenti condizioni iniziali (AMC=Antecedent Moisture Condition) a seconda del valore assunto dall'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'eventometeorico. L'attribuzione della classe AMC si basa sui criteri riportati nella tabella seguente.

Classe AMC	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I	< 12.7 mm	<35.5 mm
II	12.7-28.0 mm	35.5-53.3 mm
III	>28.0 mm	>53.3 mm

Tabella 3: Attribuzione della classe AMC

I valori nella tabella precedente si riferiscono ad una condizione media di umidità del terreno all'inizio della precipitazione (classe II). Il CN così individuato può essere adattato a diverse condizioni di umidità attraverso le seguenti formule di conversione:

$$CN(I) = \frac{CN(II)}{2.3 - 0.013 CN(II)} \qquad CN(III) = \frac{CN(II)}{0.43 + 0.0057CN(II)}$$

Mentre nella tabella seguente viene riportata la classificazione in classi delle caratteristiche idrologiche dei suoli.

	<p style="text-align: center;"> PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO A TERRA “SANT’ARC. 1” DELLA POTENZA NOMINALE DI 50 MW IN LOCALITA’ “MONTICELLI” NEL COMUNE DI SANT’ARCANGELO (PZ) RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA </p>	<p style="text-align: right;"> DATA: GENNAIO 2023 <i>Pag. 34 di 39</i> </p>
--	---	---

Tipo di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A. Il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in superficie.

Tabella 4: Classificazione dei tipi idrologici di suolo secondo il metodo SCS- CN

Valori del parametro CN (adimensionale)	← Tipo idrologico Suolo →			
	A	B	C	D
↓ Tipologia di Uso del Territorio				
Coltivazioni, in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
Coltivazioni, in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
Terreno da pascolo: cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
Boschi, in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
Boschi e foreste, in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
Spazi aperti con manto erboso superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
Spazi aperti con manto erboso compreso tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79	84
Spazi aperti con manto erboso inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
Zone industriali (area impermeabile 72%)	81	88	91	93
Zone commerciali e industriali (area imperm. 85%)	89	92	94	95
Zone residenziali, lotti fino a 500 m ² (area imperm. 65%)	77	85	90	92
Zone residenziali, lotti di 500÷1000 m ² (area imperm. 38%)	61	75	83	87
Zone residenziali, lotti di 1000÷1500 m ² (area imperm. 30%)	57	72	81	86
Zone residenziali, lotti di 1500÷2000 m ² (area imperm. 25%)	54	70	80	85
Zone residenziali, lotti di 2000÷5000 m ² (area imperm. 20%)	51	68	79	84
Zone residenziali, lotti di 5000÷10000 m ² (area imperm. 12%)	46	65	77	82
Parcheggi, tetti, autostrade,	98	98	98	98
Strade pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
Strade con letto in ghiaia	76	85	89	91
Strade battute in terra	72	82	87	89

Tabella 5: Valori di “Curve Number (CN)” in funzione delle diverse tipologie di uso del suolo: Handbook of Hydrology D.R. Maidment, 1992

L’individuazione, delle aree omogenee per destinazione d’uso e condizione idrica è stata svolta in ambiente GIS, intersecando gli shapefile di uso del suolo e permeabilità dell’area oggetto di studi.

8.6 VALORI DI PORTATA AL COLMO

La portata al colmo di piena corrisponde alla **massima portata** generata da una precipitazione di durata critica tale da mettere in crisi la rete idrografica e dipende fortemente dall'estensione del bacino. Questa circostanza è una logica conseguenza del fenomeno di trasferimento che impone che ogni particella liquida che cade in un punto del bacino deve seguire un suo percorso per giungere alla sezione di chiusura, impiegando, a parità di velocità di trasferimento, un tempo tanto maggiore quanto più lungo è il percorso da effettuare.

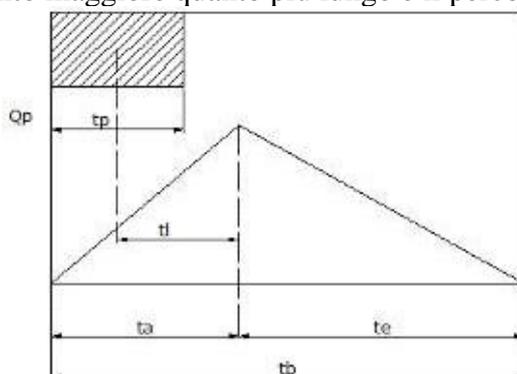


Figura 8: Idrogramma di Mockus

Per il calcolo della portata al colmo con il metodo SCS, si è considerato un idrogramma approssimato di forma triangolare (Mockus), che ha una fase crescente di durata t_a ed una fase di esaurimento di durata t_e , il cui volume ha la seguente espressione:

$$\text{Vol} = \frac{Q_p}{2} (t_a + t_e) = \frac{Q_p t_b}{2}$$

Dove t_b è il tempo di durata dell'evento di piena ed è rappresentato dalla relazione seguente:

$$t_b = 2.67 t_a$$

Il tempo t_a , relativo alla fase crescente dell'evento di piena, è legato al tempo t_p ed a t_L dalla

$$t_a = 0,5 t_p + t_L$$

Mentre il tempo di ritardo, espresso in ore, nella formula di Mockus è definito dalla

$$t_L = 0,342 \frac{L^{0,8}}{s^{0,5}} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7}$$

in cui s è la pendenza del bacino espressa in %, L è la lunghezza dell'asta principale espressa in km e CN è il "curve number" medio del bacino.

Poiché la precipitazione critica per il bacino è quella avente una durata pari al tempo di corrivazione, la durata dell'evento meteorico di riferimento t_p viene imposta pari a t_c mentre il tempo di corrivazione è correlato al tempo di ritardo attraverso la seguente relazione:

$$\frac{t_L}{t_c} = 0,6$$

I dati delle portate ottenute, per i bacini idrografici identificati, sono i seguenti:

ID Bacino	$Q_{TR} = 30$ (m ³ /s)	$Q_{TR} = 200$ (m ³ /s)
Bacino 1	3.87	11.83
Bacino 2	0.11	0.63
Bacino 3	0.24	1.37
Bacino 4	0.2	1.13
Bacino 5	0.09	0.73

	<p style="text-align: center;"> PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO A TERRA "SANT'ARC. 1" DELLA POTENZA NOMINALE DI 50 MW IN LOCALITA' "MONTICELLI" NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA </p>	<p> DATA: GENNAIO 2023 <i>Pag. 38 di 39</i> </p>
---	--	--

8.7 SOFTWARE DI MODELLAZIONE ADOTTATO: *HEC RAS 5.0.3*

L'analisi idraulica è stata realizzata considerando la situazione attuale e quella di progetto. Nel primo caso si è utilizzato sia un modello di simulazione monodimensionale che bidimensionale. Nel secondo caso, invece, è risultato sufficiente un modello monodimensionale dal momento che lo scenario di progetto deve garantire il contenimento in alveo delle portate di progetto.

L'analisi dello stato di fatto è stata realizzata preliminarmente con un modello monodimensionale e, successivamente, con un modello bidimensionale.

Con il software di simulazione idraulica HEC-RAS 5.0.3 sviluppato presso l'Hydrologic Engineering Center, dall'United States Army Corps of Engineers si sono costruiti i profili di corrente in moto permanente lungo il sistema idrografico di interesse.

Sono state considerate le portate con periodo di ritorno T di 30, 200 e calcolate come specificato nella sezione iniziale della presente relazione dedicata all'analisi idrologica.

Le sezioni trasversali sono state estrapolate dal DTM di risoluzione pari a 5 m ottenuto dalla cartografia ufficiale, mentre le informazioni geometriche degli attraversamenti sono state ricavate mediante rilievo topografico.

	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO A TERRA “SANT’ARC. 1” DELLA POTENZA NOMINALE DI 50 MW IN LOCALITA’ “MONTICELLI” NEL COMUNE DI SANT’ARCANGELO (PZ) RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	DATA: GENNAIO 2023 <i>Pag. 39 di 39</i>
---	--	---

8.8 VERIFICA IDRAULICA: CONCLUSIONI

Dai risultati ottenuti si evidenzia che per lo **stato di fatto** e **stato di progetto**:

- la corrente risulta essenzialmente prossima allo stato critico per tutti i corsi d’acqua considerati e per tutte le portate di piena di riferimento;
- la corrente idrica interessa aree di pertinenza fluviale rimanendo confinata nell’incisione naturale esistente;
- Gli attraversamenti di progetto risultano tutti verificati in corrispondenza delle portate trentennale e duecentennale.
- alcune aree del parco risultano interessate dal deflusso della corrente idrica ma il tirante risulta inferiore all'altezza minima dal suolo dei pannelli fotovoltaici.

Tutte le sezioni ed i relativi dati sono riportati dettagliatamente nell’elaborato di Progetto “A.3.2 *Simulazione idraulica – Risultati grafici e tabellari dello stato di fatto*” e “A.3.3 *Simulazione idraulica – Risultati grafici e tabellari dello stato di progetto*”, dove si è proceduto alla verifica di dettaglio dello stato di fatto valutando per ogni asta fluviale le aree di pericolosità.