

# PROVINCIA DI MATERA COMUNE DI SAN MAURO FORTE

LOCALITA':

## LOCALITA' SERRA D'ULIVO

PROGETTO:

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A  
TERRA DELLA POTENZA NOMINALE 19,99 MW DENOMINATO "PERSOLAR1"**

TITOLO DOCUMENTO:

### RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

SOGGETTO RICHIEDENTE

L'ESECUTORE:

## PERSOLAR S.R.L.

SEDE LEGALE E UFFICI

Via Santa Sofia n.22

20122 - MILANO (MI)

CF e P.IVA n. 11013420960. N. REA MI-2573256

GRUPPO DI PROGETTAZIONE



**Ing. Carmen Martone**

**Geol. Raffaele Nardone**



**Ing. Domenico Castaldo**

Iscr. n°8630 Y Ordine Ingegneri di Torino

C.F. CSTDNC 73M18 H355W

Viale Europa 42, 10070 - Balangero

tel 0123/346088 fax 0123/347458

info@studioingcastaldo.it cell 338/4727747

Via V. Verrastro 15/A, 85100 Potenza  
P.Iva 02094310766

Codice lavoro	Livello progett.	Cat. Op.	Tipologia	Numero	Rev.	Pag.	di	Nome file	Scala	Progressivo
P262	PD	I.FV_IF	R	01	/00	1	1	A.3		
Rev.	Data	Descrizione						Redazione	Controllo	Approvazione
00	31/01/2022	Emissione						ing. Domenico Castaldo EGM Project	ing. Domenico Castaldo EGM Project	ing. Domenico Castaldo EGM Project

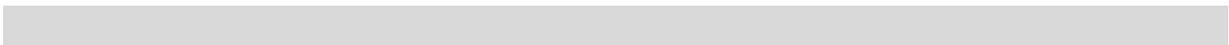
	<p align="center"><b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW<sub>p</sub> DENOMINATO "PERSOLAR1" IN LOCALITÀ SERRA D'ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</b></p> <p align="center"><b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b></p>	<p align="right">DATA: <b>GENNAIO 2022</b> Pag. 1 di 72</p>
---	---	---

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ. ....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>CARTOGRAFIA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>OPERE PREVISTE IN PROGETTO .....</b>	<b>11</b>
5.1	INTERFERENZA DELLE OPERE IN PROGETTO CON GLI ATTRAVERSAMENTI E LE AREE DEMANIALI .....	12
5.2	INTERFERENZE DELLE OPERE IN PROGETTO CON AREE A POTENZIALE RISCHIO ALLUVIONE (APFSR) ...	18
5.3	VALUTAZIONE DELL'INTERAZIONE DELLE OPERE DI FONDAZIONE CON GLI AMMASSI ACQUIFERI.....	20
5.4	COMPATIBILITÀ DELLE OPERE DA ESEGUIRSI CON LE AREE DI SALVAGUARDIA DELLE SORGENTI .....	21
5.5	METODOLOGIA DI RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE CON I CORPI IDRICI: TRIVELLAZIONI ORIZZONTALI CONTROLLATE .....	25
<b>6</b>	<b>ANALISI GEOMORFOLOGICA .....</b>	<b>28</b>
6.2	SLOPE MODEL .....	28
6.3	FLOW ACCUMULATION .....	29
6.4	PERIMETRAZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI CAVIDOTTO. ....	33
<b>7</b>	<b>ANALISI IDROLOGICA.....</b>	<b>37</b>
7.1	CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA.....	37
7.2	ANALISI REGIONALE .....	39
7.3	STIMA DEL VALOR MEDIO: LEGGI DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICHE .....	40
<b>8</b>	<b>ANALISI IDRAULICA.....</b>	<b>43</b>
8.1	CALCOLO DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA .....	43
8.2	METODOLOGIA VAPI.....	43
8.3	FORMULA RAZIONALE.....	44
8.4	TEMPO DI CORRIVAZIONE.....	45
8.5	COEFFICIENTE DI DEFLUSSO .....	46

	<p align="center"><b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW<sub>p</sub> DENOMINATO "PERSOLAR1" IN LOCALITÀ SERRA D'ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</b></p> <p align="center"><b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b></p>	<p align="right">DATA: <b>GENNAIO 2022</b> Pag. 2 di 72</p>
---	---	---

8.6	MASSIMIZZAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA COL METODO SCS .....	48
8.7	VALORI DI PORTATA AL COLMO.....	56
8.8	SOFTWARE DI MODELLAZIONE ADOTTATO: HEC RAS 5.0.3.....	58
8.9	VERIFICA IDRAULICA: CONCLUSIONI.....	59
<b>9</b>	<b>CARATTERISTICHE FLUVIO-MORFOLOGICHE.....</b>	<b>60</b>
9.1	DESCRIZIONE MORFOLOGICA DEI CORPI IDRICI PRESENTI NELL'AREA OGGETTO DI STUDIO. ....	60
9.1.1	<i>Alvei incisi</i> .....	62
9.1.2	<i>Alvei alluvionati unicorsali e pluricorsali.</i> .....	63
9.2	<b>VERIFICA ANALISI MORFOLOGICA: CONCLUSIONI</b> .....	<b>71</b>



	<p align="center"><b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW<sub>p</sub> DENOMINATO "PERSOLAR1" IN LOCALITÀ SERRA D'ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</b></p> <p align="center"><b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b></p>	<p align="right">DATA: <b>GENNAIO 2022</b> Pag. 3 di 72</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 fotovoltaica denominato "Persolar 1", sito nel Comune di San Mauro Forte (MT) in località "Serra D'Ulivo" con potenza nominale di 19.99 Mw<sub>p</sub>.

La presente relazione riguarda gli interventi da eseguirsi in aree sottoposte a interferenza tra la realizzazione delle opere in progetto e gli attraversamenti in alveo e nelle fasce di pertinenza idraulica dei corsi d'acqua siti in agro dei comuni di Ferrandina (MT), Salandra (MT), San Mauro Forte (MT) e Garaguso (MT).

Lo studio parte dalle informazioni e dagli studi propedeutici che costituiscono la base per l'attuale stato conoscitivo dell'area in esame implementandone le informazioni e proponendo a base delle verifiche idrauliche i risultati degli approfondimenti idrogeomorfologici e idrologici descritti in seguito.

## 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 2.18.3 e GRASS 7.2.0;
- 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<sub>30</sub>, T<sub>200</sub> e T<sub>500</sub> 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.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW<sub>p</sub> DENOMINATO "PERSOLAR1" IN LOCALITÀ SERRA D'ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</b>  <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>GENNAIO 2022</b> <i>Pag. 4 di 72</i>
---	--	--

### 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.

Per semplicità l'area di progetto viene individuata mediante il baricentro della stessa avente coordinate 617348; 4472174.

La cartografia ufficiale disponibile sul territorio è la seguente:

- Digital Terrain Model
  - 491\_108788
  - 491\_108787
  - 491\_108786
  - 491\_108785
  - 491\_108784
  - 491\_108683
  - 491\_108682
  - 491\_108681
  - 491\_108680
  - 490\_108580
  - 490\_108579
  - 490\_108578
  - 490\_108577
  - 490\_108576
  - 490\_108475
  - 490\_108474
  - 490\_108473
  - 490\_108473
  - 490\_108477
  - 490\_108476
- Cartografia Tecnica Regionale
  - Tavole 1:5.000 "Ferrandina":

**RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA**

- 491131
- 491092
- 49193
- Tavolette 1:5.000 "Salandra":
  - 490121
  - 490082
- Tavolette 1:5.000 "San Mauro Forte":
  - 490121
  - 490082
  - 490122
- Tavolette 1:5.000 "Garaguso":
  - 490083
- Carta Idrogeologica della Regione Basilicata 1:200.000
- Carta di uso del suolo 1:50.000:
  - 491 "Ferrandina"

RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

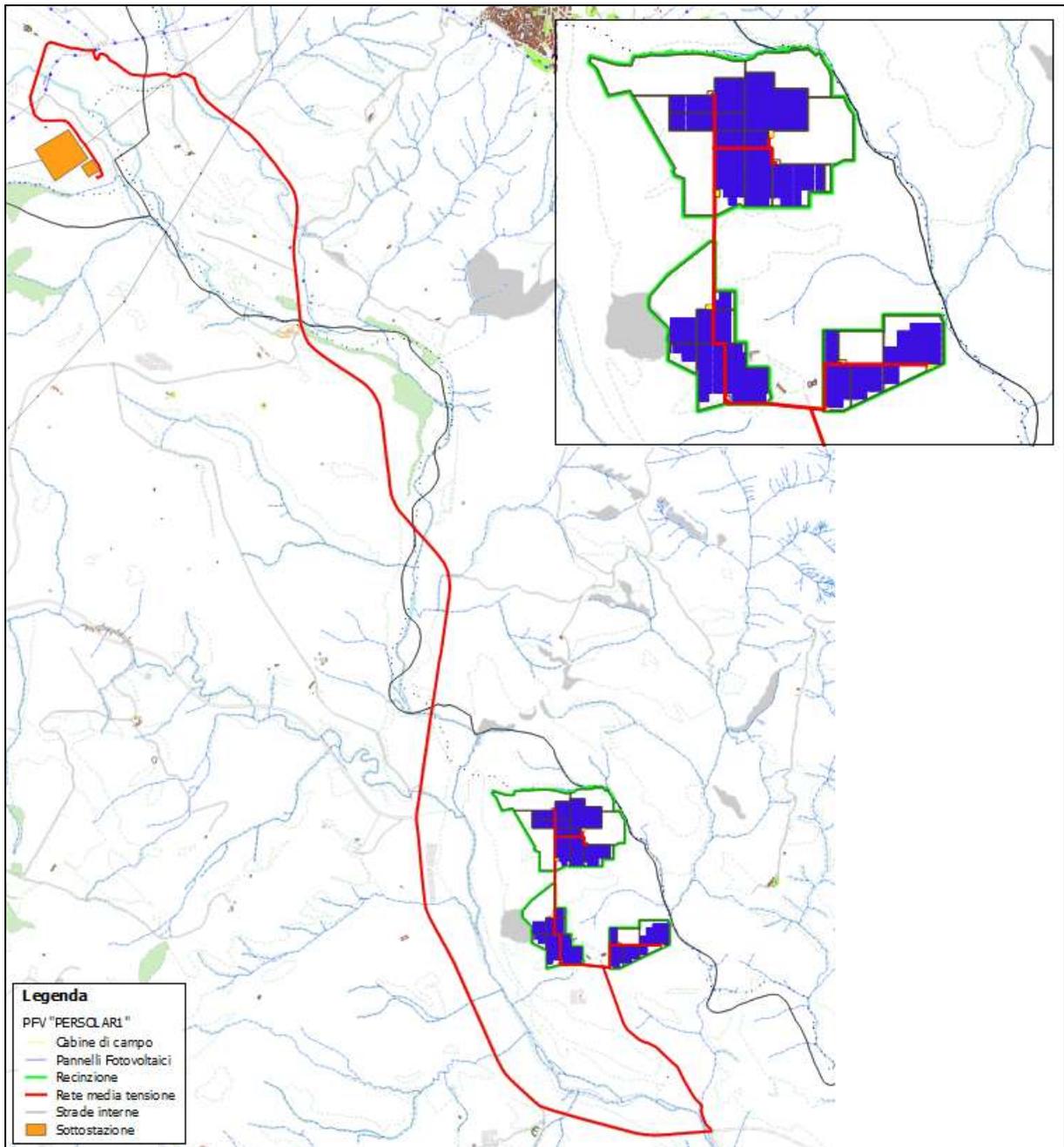


Figura 1: Inquadramento area di progetto su CTR

RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

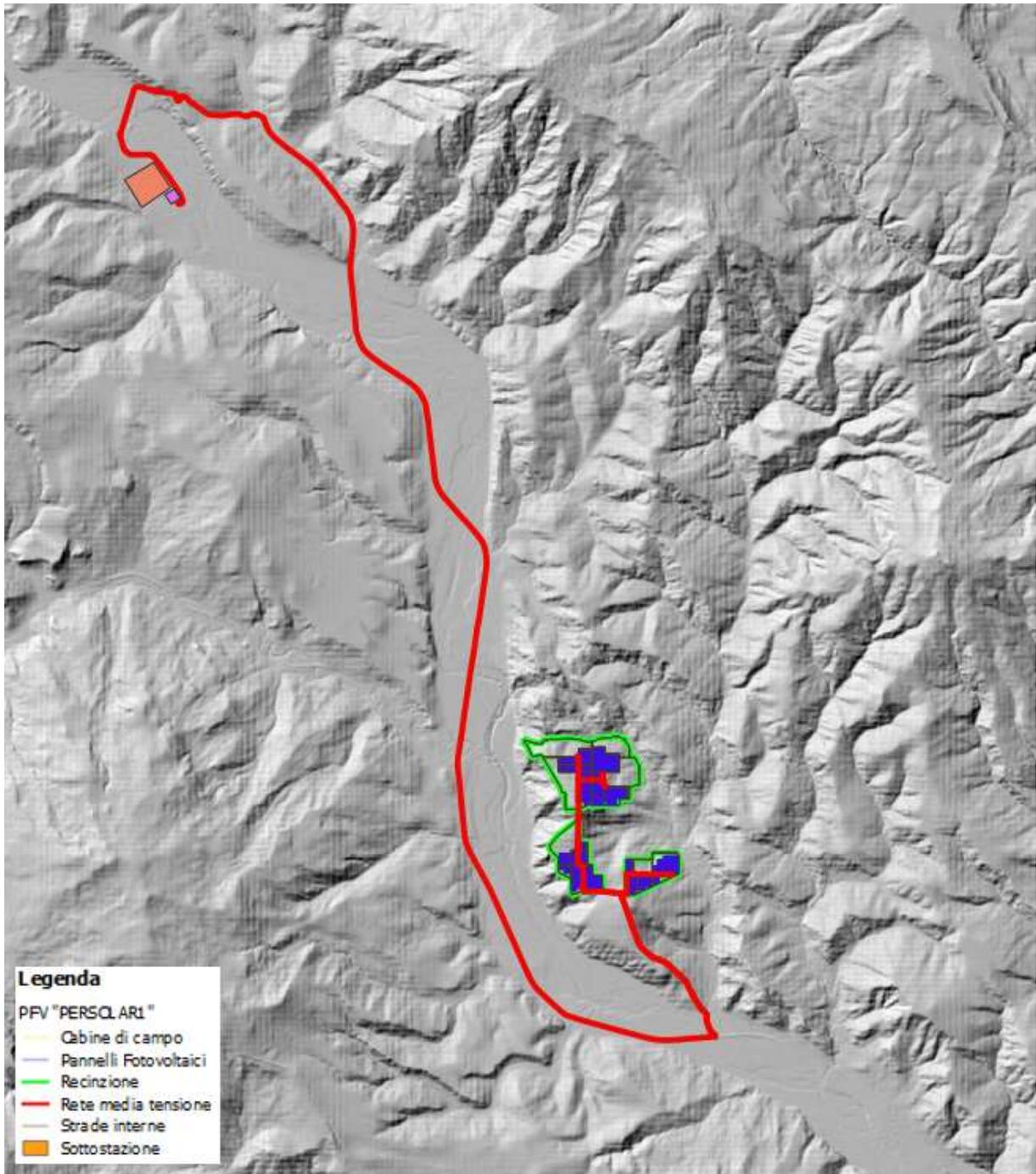


Figura 2: Stralcio unione DTM

RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

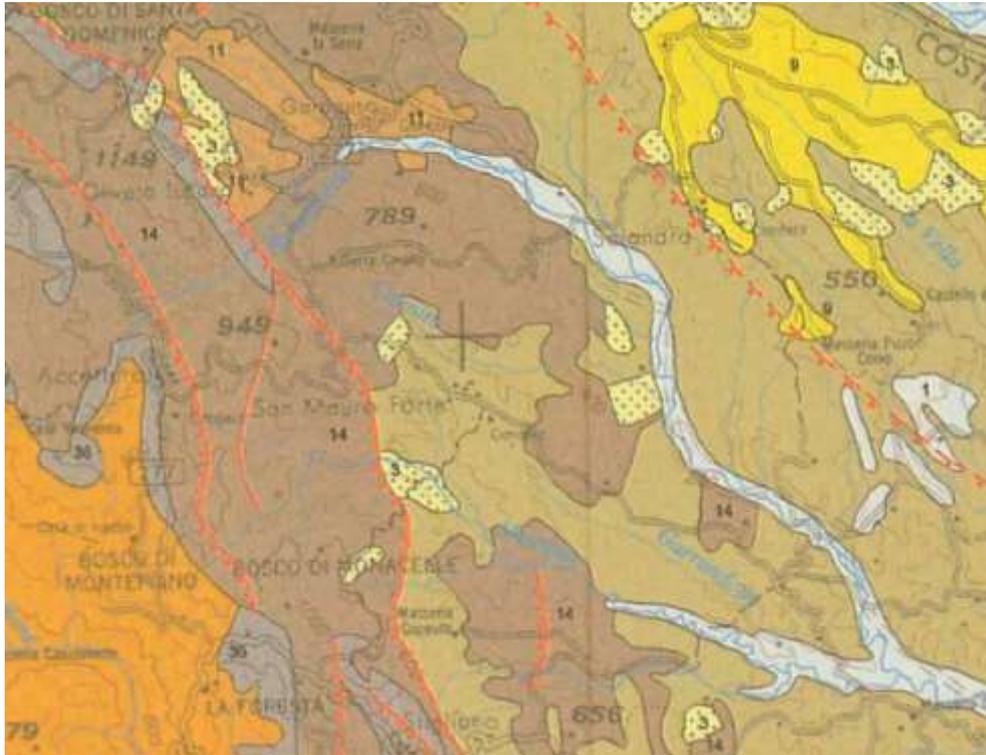
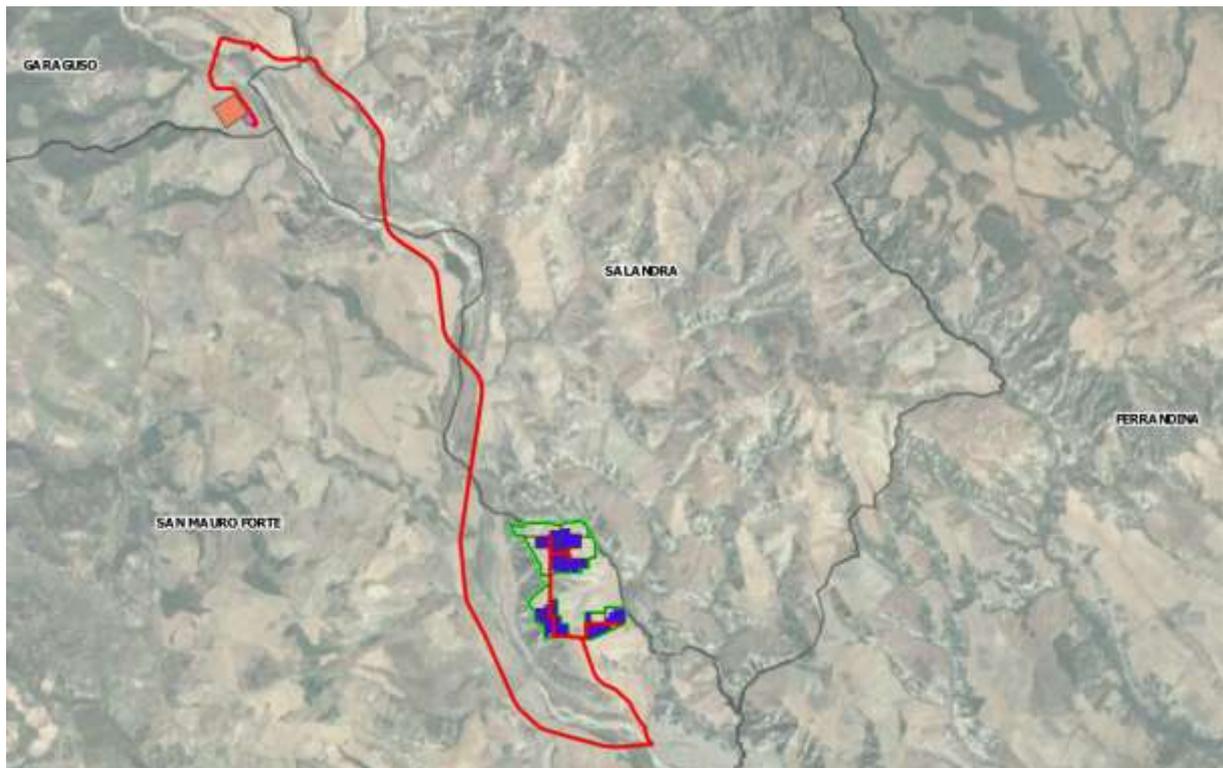


Figura 3: Estratto della Carta Idrogeologica della Regione Basilicata –

## 4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'impianto in oggetto ricade nei limiti amministrativi dei Comuni di Ferrandina, Salandra, San Mauro Forte e Garaguso in provincia di Matera, come si può evincere dalla carta dell'inquadrimento generale riportata di seguito in cui si evidenzia la posizione delle opere di progetto rispetto ai confini comunali.



*Figura 4: Inquadrimento elementi di progetto.*

L'intero parco fotovoltaico ricade nella zona montuosa del bacino idrologico del fiume Cavone che si origina col nome di Torrente Salandrella e nasce nella zona montuosa centro-meridionale della Basilicata e confina con i bacini del Basento e dell'Agri. L'alveo del fiume percorre da nord-ovest a sud-est la provincia di Matera e raggiunge la costa ionica nel Golfo di Taranto; è lungo solo 49 km e la superficie del suo modesto bacino è di circa 675 kmq.

RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA



*Figura 5: Inquadramento elementi di progetto rispetto ai bacini idrografici principali*

Il bacino del fiume Cavone, nel tratto montano del torrente Salandrella, presenta caratteri morfologici prevalentemente montuosi. In questo settore montano i rilievi a quota maggiore sono localizzati in corrispondenza dello spartiacque del bacino; in particolare, procedendo lungo lo spartiacque da nord-ovest verso sud-est, le cime più elevate sono rappresentate dalla dorsale di Monte dell'Impiso (con quote tra 1319 e 1272 m s.l.m.), dai rilievi di Pietra Garresa (1182 m s.l.m.), di Toppo della Guardiola (1154 m s.l.m.), La Montagna (1112 m s.l.m.), mentre procedendo lungo il limite settentrionale dello spartiacque del bacino le cime più alte sono quelle dei rilievi di Monte Costa la Rossa (1177 m s.l.m.), Monte Malerba (1083 m s.l.m.), Monte la Crocchia 1144 m s.l.m.).

In assenza di precipitazioni meteoriche le portate del fiume Cavone nel periodo estivo possono ritenersi praticamente nulle, in quanto il contributo del deflusso idrico sotterraneo al corso d'acqua è trascurabile.

Il regime del fiume Cavone presenta carattere torrentizio; il suo tronco montano e quello delle aste secondarie risultano essere incisi oppure alluvionati larghi.

	<p style="text-align: center;"><b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW<sub>p</sub> DENOMINATO "PERSOLAR1" IN LOCALITÀ SERRA D'ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</b></p> <p style="text-align: center;"><b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b></p>	<p style="text-align: right;">DATA: <b>GENNAIO 2022</b> Pag. 11 di 72</p>
---	---	---

Per l'analisi idrologica-idraulica si è proceduto mediante **applicazione dell'analisi regionale** alla determinazione dei coefficienti delle curve di probabilità pluviometrica.

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.

## 5 OPERE PREVISTE IN PROGETTO

In tale studio ci si riferisce ai lavori di realizzazione di un Parco fotovoltaico, ricadente nei comuni suddetti, e del relativo cavidotto di collegamento costituito da una linea interrata a media tensione con connessione alla cabina di consegna nel Comune di Garaguso (MT).

Nello specifico, il comune dove sarà ubicato il parco è interessato dalla strada statale 407 Basentana e dalla strada statale 7 Via Appia, per raggiungere il parco in progetto si percorre la SP4 e per un tratto la Strada Provinciale Ferrandina – Stigliano.

La soluzione di connessione alla Rete Elettrica Nazionale per il dispacciamento dell'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico prevede il collegamento, mediante un cavidotto interrato della lunghezza di circa 16 km uscente dalla cabina di impianto alla tensione di 30kV, alla cabina di utenza MT/AT; da questa, mediante un cavidotto a 150 kV, sarà connesso alla futura stazione elettrica della RTN a 380 kV a sua volta collegata in entra-esce sulla linea a 380 kV "Matera-Laino" in Loc. "Canalecchia" nel comune di Garaguso (MT).

Il cavidotto MT di collegamento dall'impianto fotovoltaico denominato "Persolar1" alla Cabina di Utenza AT/MT si sviluppa prevalentemente lungo la viabilità già esistente, ed interessa i territori comunali di Ferrandina, San Mauro Forte, Salandra e Garaguso, tutti in provincia di Matera. Sarà realizzato in cavo interrato con tensione nominale di 30 kV e collegherà l'impianto fotovoltaico con la stazione di utenza adiacente alla stazione di rete 380/150 kV denominata "Garaguso".

Il cavidotto lungo il suo sviluppo longitudinale intercetterà alcuni punti critici costituiti da interferenze con corpi idrici naturali e per ognuno di essi è stato eseguito uno studio specifico.

In particolare, nella presente relazione sono illustrate le caratteristiche idrauliche e fluvio-morfologiche dei corpi idrici interessati e le modalità di esecuzione degli interventi da eseguire in merito alla realizzazione ed alla posa in opera del cavidotto di collegamento alla rete elettrica.

	<p style="text-align: center;"><b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW<sub>p</sub> DENOMINATO "PERSOLAR1" IN LOCALITÀ SERRA D'ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</b></p> <p style="text-align: center;"><b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b></p>	<p style="text-align: right;">DATA: <b>GENNAIO 2022</b> Pag. 12 di 72</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 interferiscono con i corpi idrici secondo le seguenti interferenze:

#### *attraversamento n.1:*

- località:
  - Ponte della Salandrella
- corpo idrico
  - Torrente Salandrella, nomenclatura CTR;
  - numero 94, registro acque pubbliche - regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775,
  - BP142c\_359.1, acronimo ai sensi dell'art. 142 del D.Lgs. n. 42/2004 e ss.mm.ii;

#### *attraversamento n.2:*

- località:
  - Ponte Cristallo
- corpo idrico
  - Fosso Acqua Bianca, nomenclatura CTR;
  - numero 91, registro acque pubbliche - regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775,
  - BP142c\_383, acronimo ai sensi dell'art. 142 del D.Lgs. n. 42/2004 e ss.mm.ii;

#### *attraversamento n.2 bis:*

	<p align="center"><b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW<sub>p</sub> DENOMINATO "PERSOLAR1" IN LOCALITÀ SERRA D'ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</b></p> <p align="center"><b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b></p>	<p align="right">DATA: <b>GENNAIO 2022</b> Pag. 13 di 72</p>
---	--	--

- località:
  - Masseria Cristallo.
- corpo idrico
  - Fosso della Foresta, nomenclatura CTR;

attraversamento n.3:

- località:
  - Masseria Molino.
- corpo idrico
  - Fosso Acqua Bianca, nomenclatura CTR;
  - numero 91, registro acque pubbliche - regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775,
  - BP142c\_383, acronimo ai sensi dell'art. 142 del D.Lgs. n. 42/2004 e ss.mm.ii;

attraversamento n.4:

- località:
  - Viadotto Salandrella V.
- corpo idrico
  - Torrente Salandrella, nomenclatura CTR;
  - numero 94, registro acque pubbliche - regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775,
  - BP142c\_359.1, acronimo ai sensi dell'art. 142 del D.Lgs. n. 42/2004 e ss.mm.ii;

attraversamento n.5:

- località:
  - Viadotto Salandrella IV.
- corpo idrico
  - Torrente Salandrella, nomenclatura CTR;
  - numero 94, registro acque pubbliche - regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775,
  - BP142c\_359.1, acronimo ai sensi dell'art. 142 del D.Lgs. n. 42/2004 e ss.mm.ii;

	<p align="center"><b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW<sub>p</sub> DENOMINATO "PERSOLAR1" IN LOCALITÀ SERRA D'ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</b></p> <p align="center"><b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b></p>	<p align="right">DATA: <b>GENNAIO 2022</b> Pag. 14 di 72</p>
---	--	--

attraversamento n.5 bis:

- località:
  - Isca di Croce.
- corpo idrico
  - nessuna nomenclatura CTR;

attraversamento n.6:

- località:
  - Viadotto Salandrella III.
- corpo idrico
  - Torrente Salandrella, nomenclatura CTR;
  - numero 94, registro acque pubbliche - regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775,
  - BP142c\_359.1, acronimo ai sensi dell'art. 142 del D.Lgs. n. 42/2004 e ss.mm.ii;

attraversamento n.7:

- località:
  - Masseria Belmonte.
- corpo idrico
  - Fosso Cannito, nomenclatura CTR;
  - numero 94, registro acque pubbliche - regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775,
  - BP142c\_376, acronimo ai sensi dell'art. 142 del D.Lgs. n. 42/2004 e ss.mm.ii;

attraversamento n.8:

- località:
  - Viadotto Salandra.
- corpo idrico
  - Torrente Salandrella, nomenclatura CTR;
  - numero 94, registro acque pubbliche - regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775,
  - BP142c\_359.1, acronimo ai sensi dell'art. 142 del D.Lgs. n. 42/2004 e ss.mm.ii;

	<p align="center"><b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW<sub>p</sub> DENOMINATO "PERSOLAR1" IN LOCALITÀ SERRA D'ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</b></p> <p align="center"><b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b></p>	<p align="right">DATA: <b>GENNAIO 2022</b> Pag. 15 di 72</p>
---	---	--

attraversamento n.9:

- località:
  - Viadotto Salandrella I.
- corpo idrico
  - Torrente Salandrella, nomenclatura CTR;
  - numero 94, registro acque pubbliche - regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775,
  - BP142c\_359.1, acronimo ai sensi dell'art. 142 del D.Lgs. n. 42/2004 e ss.mm.ii;

attraversamento n.10:

- località:
  - Viadotto Salandrella.
- corpo idrico
  - Torrente Salandrella, nomenclatura CTR;
  - numero 94, registro acque pubbliche - regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775,
  - BP142c\_359.1, acronimo ai sensi dell'art. 142 del D.Lgs. n. 42/2004 e ss.mm.ii;

attraversamento n.11:

- località:
  - Viadotto Salandrella IV.
- corpo idrico
  - Fosso Rusciano, nomenclatura CTR;

RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

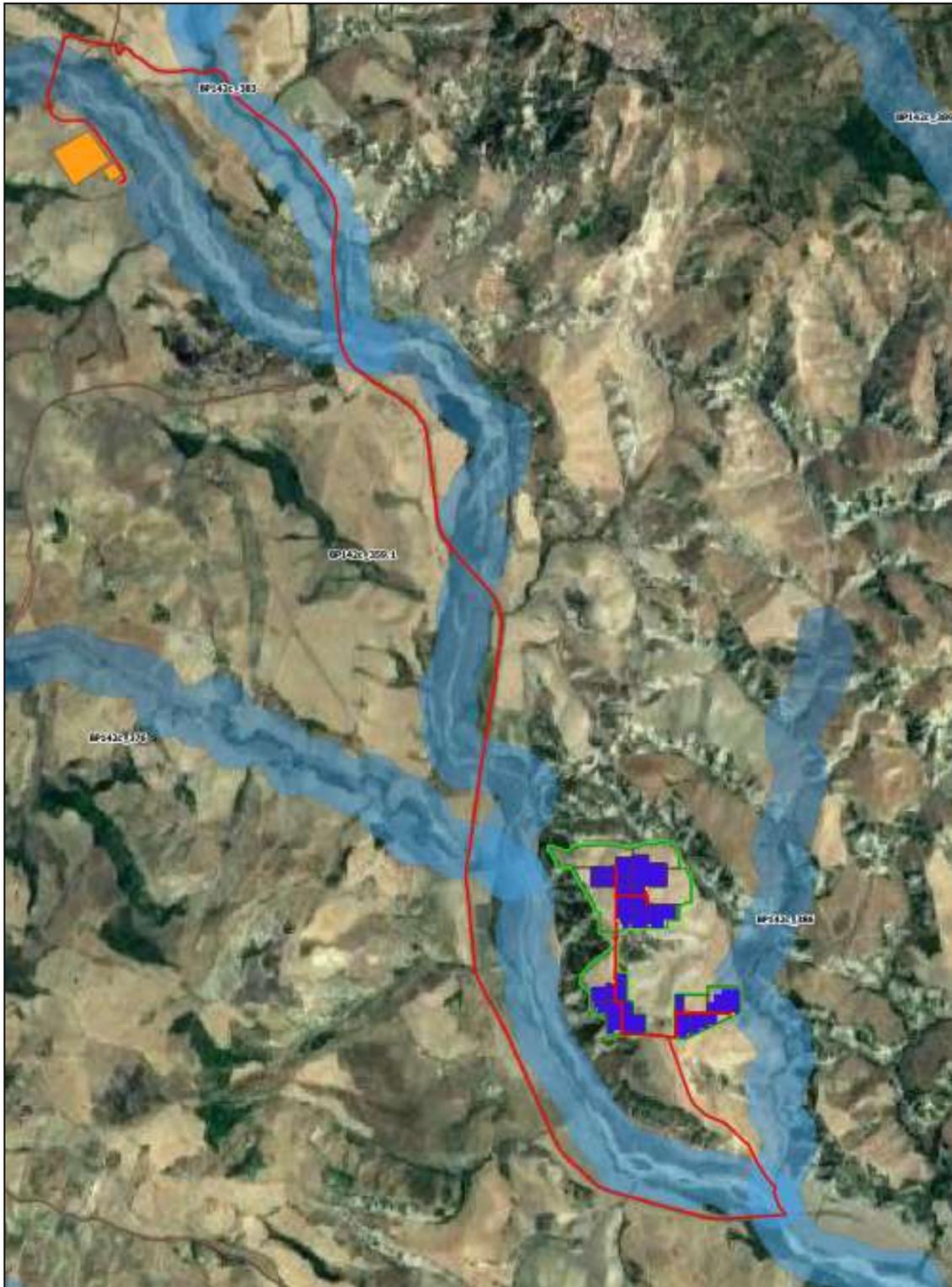


Figura 6: stralcio della "Carta dei vincoli paesaggistici – Aree Tutelate per legge" sensi dell'art. 142 del D.Lgs. n. 42/2004

RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

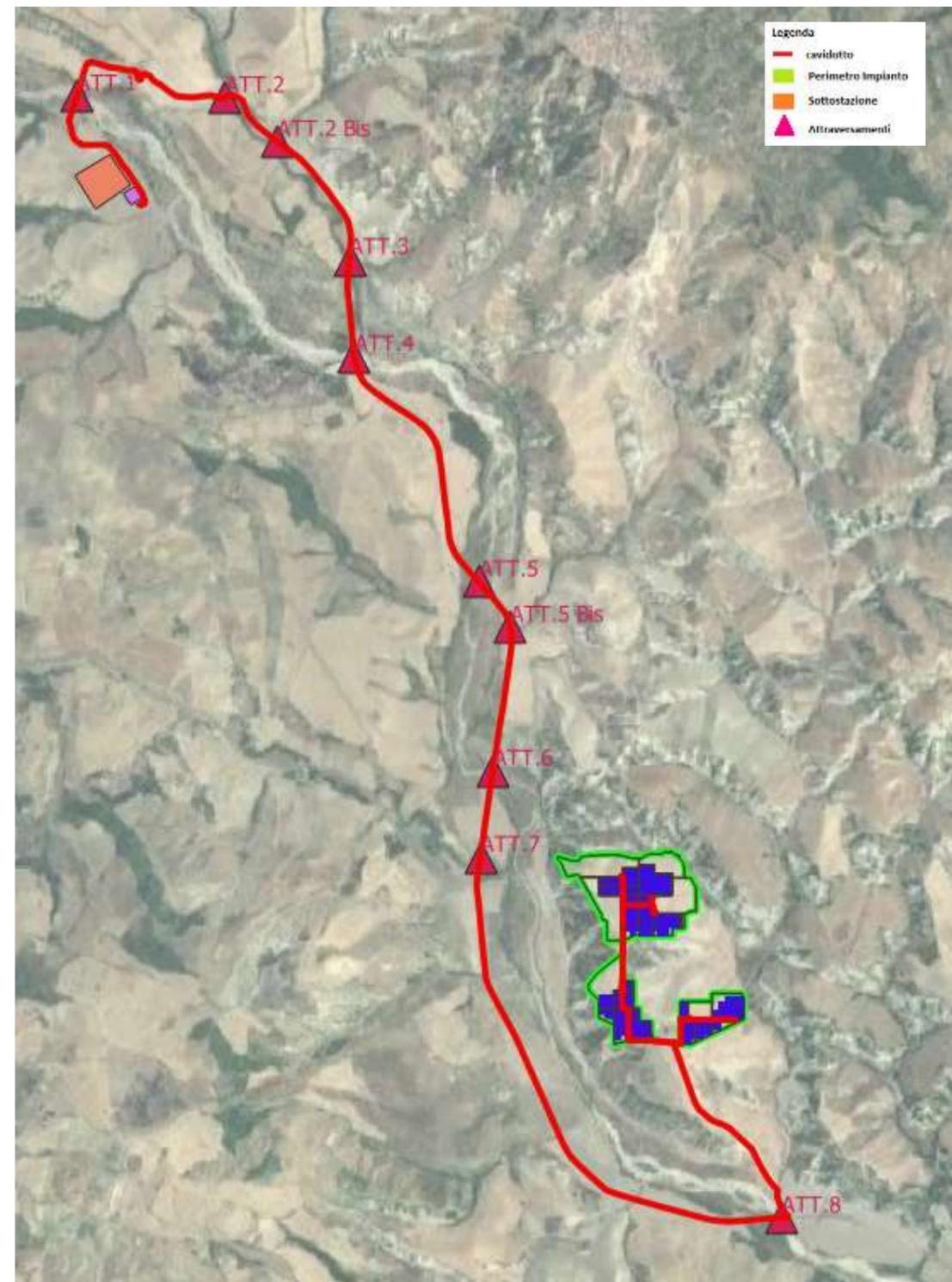


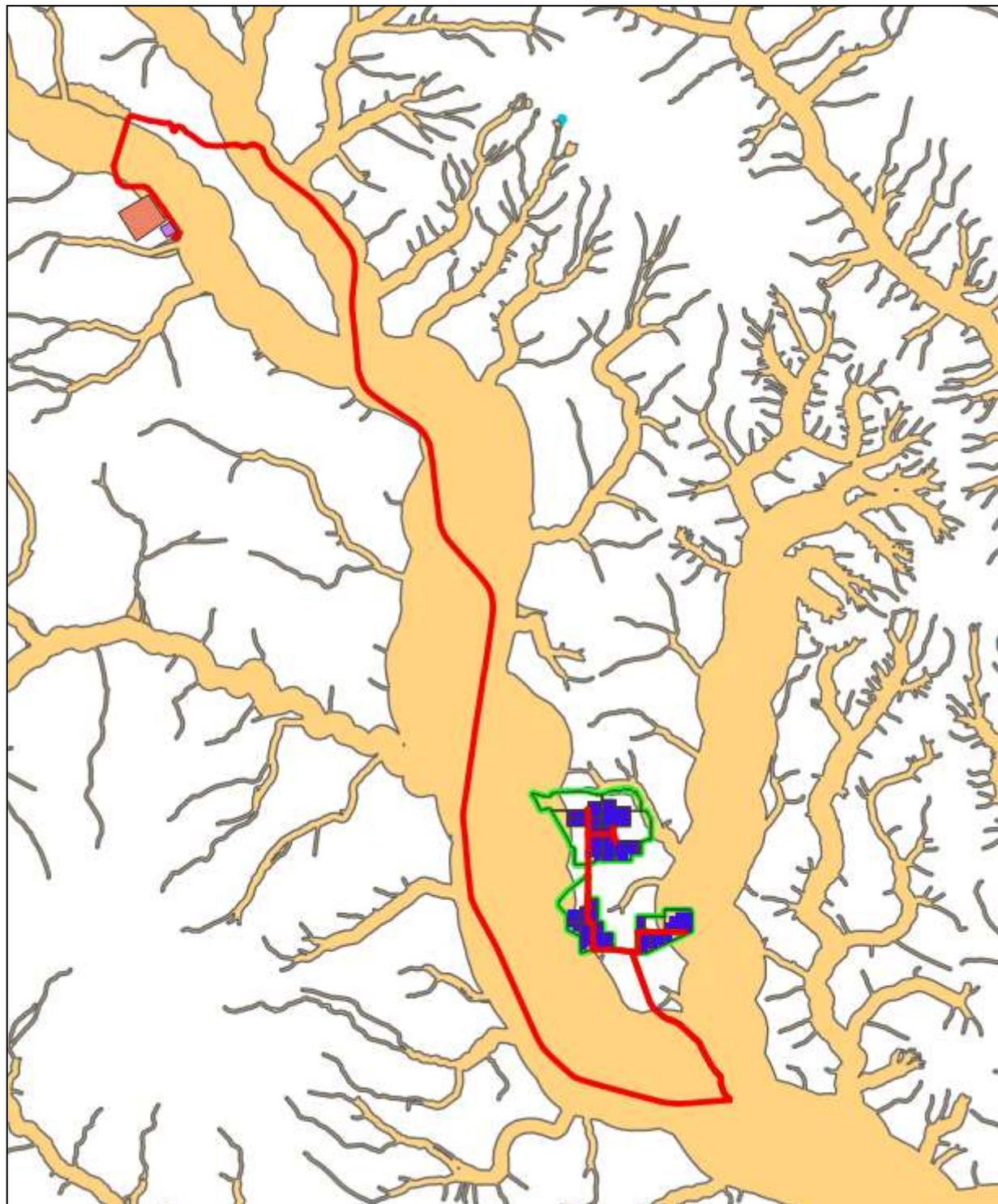
Figura 7 - Censimento interferenza delle opere in progetto con gli attraversamenti e le aree demaniali

	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW<sub>p</sub>, DENOMINATO "PERSOLAR1" IN LOCALITÀ SERRA D'ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</b></p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b></p>	<p><b>DATA:</b> <b>GENNAIO 2022</b> <i>Pag. 18 di 72</i></p>
--	---	--

## **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).

RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA



*Figura 8: Interferenza dell'impianto di progetto con le aree a potenziale rischio alluvione (APFSR)*

	<p style="text-align: center;"><b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW, DENOMINATO "PERSOLAR1" IN LOCALITÀ SERRA D'ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</b></p> <p style="text-align: center;"><b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b></p>	<p style="text-align: right;"><b>DATA:</b> <b>GENNAIO 2022</b> <i>Pag. 20 di 72</i></p>
---	--	---

Le opere in progetto, sebbene presentino interferenza con aree a potenziale rischio alluvione, non incidono sul livello di rischio come può evincersi dalle planimetrie allegate.

In particolare:

- Il cavidotto dell'impianto sarà interrato non interferendo, dunque, sullo stato attuale delle aste e non modificandone la morfografia;
- La sottostazione risulta essere completamente esterna alle suddette aree;

### **5.3 VALUTAZIONE DELL'INTERAZIONE DELLE OPERE DI FONDAZIONE CON GLI AMMASSI ACQUIFERI**

Per quanto attiene all'interazione delle opere di fondazione con gli ammassi acquiferi, occorre specificare che si tratta di opere di fondazione superficiali e puntuali, con ridotta area di impronta che si attestano, mediante infissione, nell'ordine di 2 m di profondità.

Pertanto non si interferisce in alcun modo con le correnti idriche di deflusso sotterraneo non rappresentando per esse alcun disturbo.

Inoltre, tenendo in considerazione la formazione geologica dei terreni ed i valori di permeabilità riscontrati si deduce che le caratteristiche idrogeologiche dei terreni affioranti sono molto differenziate e questo dipende dalle caratteristiche proprie dei litotipi presenti, come la composizione granulometrica, il grado di addensamento o consistenza dei terreni, nonché dal grado di fratturazione dei livelli lapidei o pseudo- lapidei e, più in generale, dalla loro porosità. Sulla base di tali parametri, i terreni affioranti sono stati raggruppati in complessi idrogeologici, in relazione alle proprietà idrogeologiche che caratterizzano ciascun litotipo.

In generale, nel caso in esame, è stato possibile distinguere la permeabilità da "media a ridotta" e da "ridotta a molto ridotta".

Con permeabilità da media a ridotta sono stati classificati i materiali di copertura, a prevalente componente argillosa e limosa; in essa è ancora possibile una certa circolazione idrica in considerazione dello scarso addensamento e della degradazione.

Trattasi, pertanto, di depositi nei quali le frazioni fini hanno un'importanza notevole, sino ad essere predominanti. La loro permeabilità può essere valutata da  $10^{-5}$  e sino a  $10^{-7}$  m/sec.

Rocce con permeabilità da ridotta a molto ridotta (praticamente impermeabili) si intendono quelle con una permeabilità inferiore a  $10^{-7}$  m/sec. (limi, argille, torba).

I parametri di permeabilità riscontrati in laboratorio, propri per questi tipi litologici, sono sempre intorno a  $5-6 \times 10^{-8}$  cm/sec.; i terreni di imposta dell'impianto rientrano tra questi ultimi.

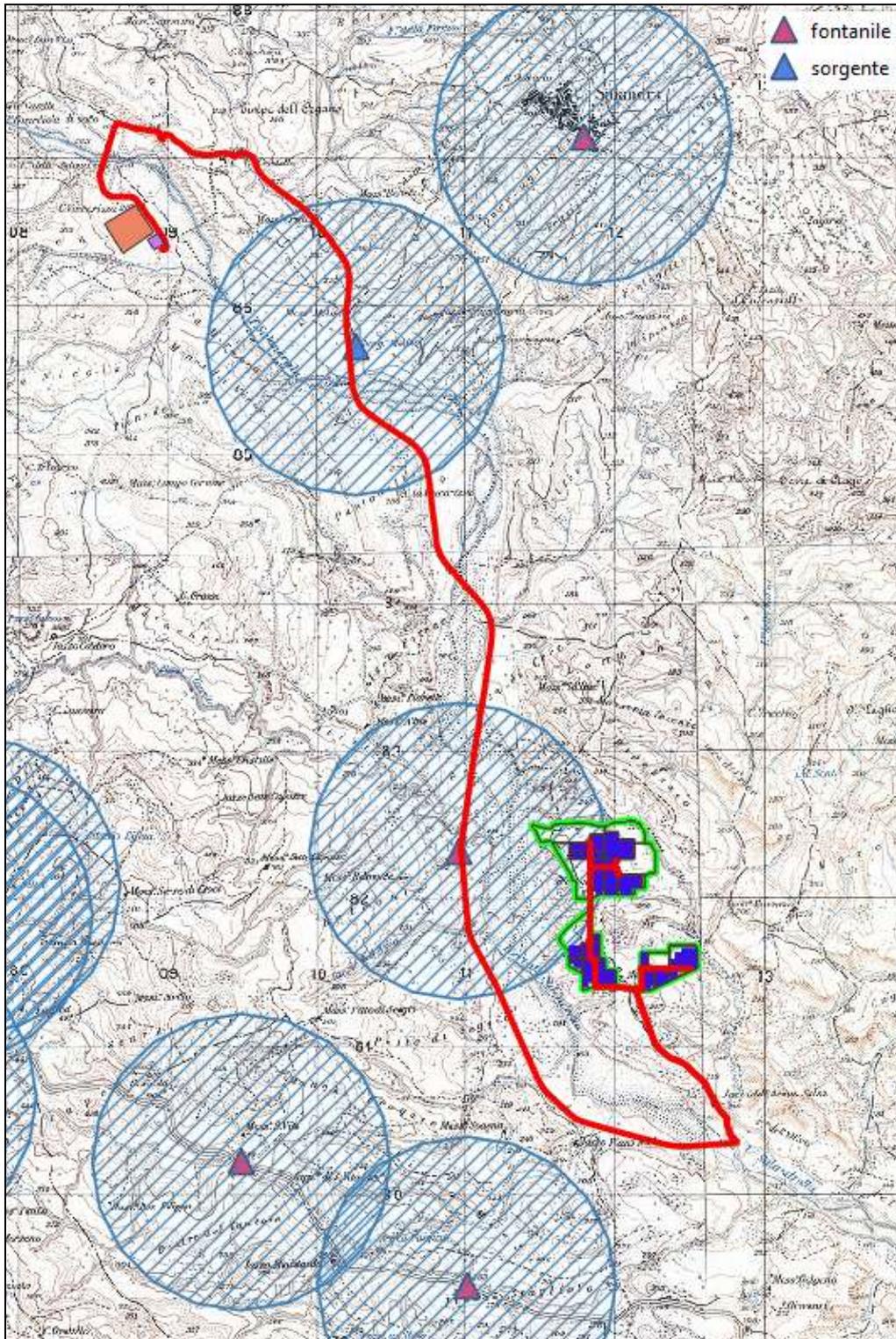
	<p>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW<sub>p</sub>, DENOMINATO "PERSOLAR1" IN LOCALITÀ SERRA D'ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b></p>	<p>DATA: GENNAIO 2022 Pag. 21 di 72</p>
--	---	---

#### **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.

RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA



**Figura 6: 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**

	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 Mw<sub>p</sub>, DENOMINATO "PERSOLAR1" IN LOCALITÀ SERRA D'ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</b></p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b></p>	<p><b>DATA:</b> <b>GENNAIO 2022</b> <i>Pag. 23 di 72</i></p>
--	--	--

L'area di impianto 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 7, la stessa è esterna alle zone ZTA e interna alle zone ZR di tutela assoluta e di rispetto imposte dalla norma al punto 5 delle suddette Direttive e poste pari, rispettivamente, ad un'area delimitata da circonferenze di diametro pari a 10 m e 200m (Figura 7).

RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

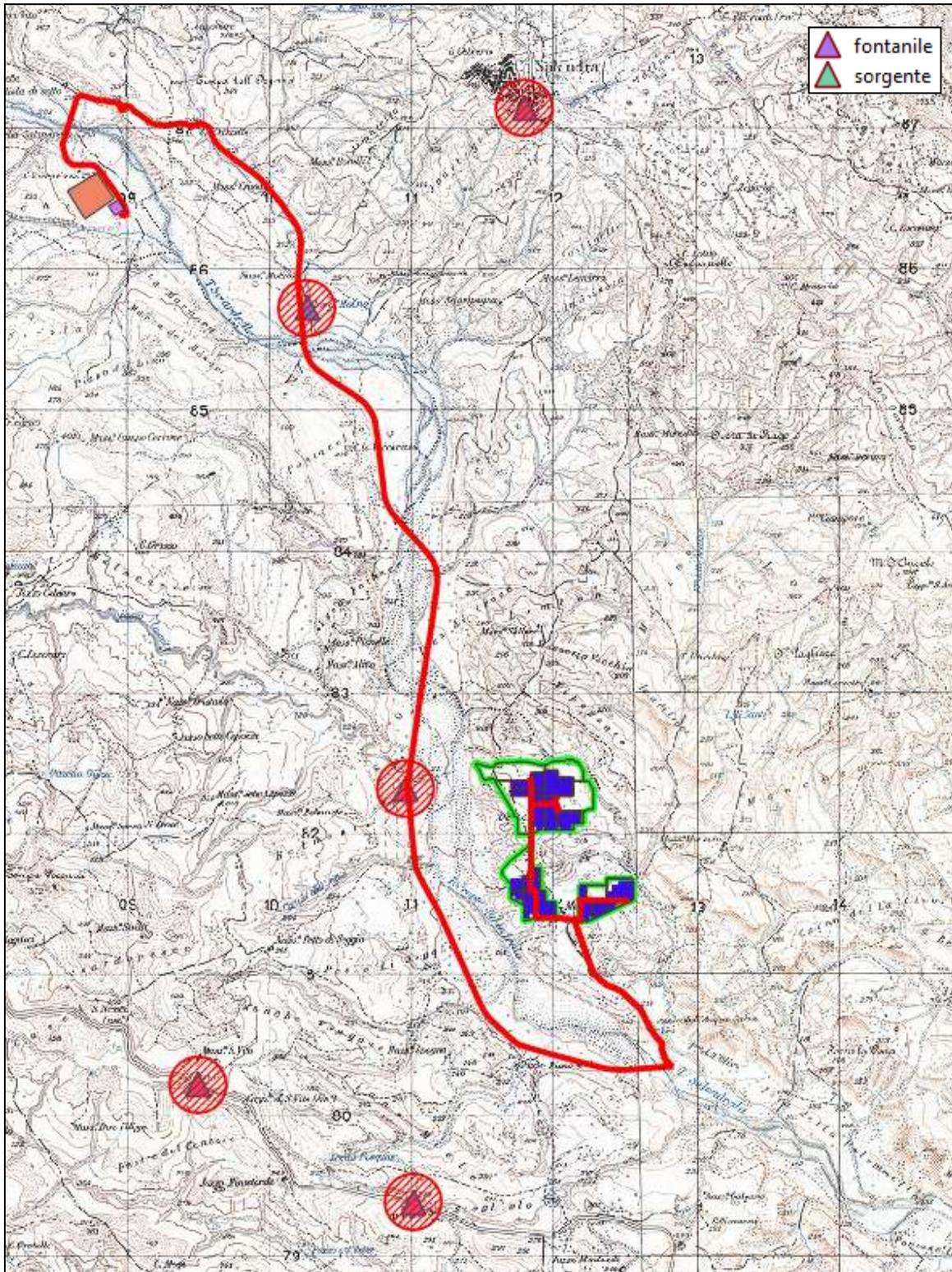


Figura 7: area di impianto, sorgenti ed area di buffer (200 m) di cui al punto 1 del Titolo II delle Direttive tecniche e procedurali di cui alla DGR 663/2014 Regione Basilicata.

	<p style="text-align: center;"> <b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW<sub>p</sub>, DENOMINATO “PERSOLAR1” IN LOCALITÀ SERRA D’ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</b>  <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> </p>	<p style="text-align: right;"> <b>DATA:</b>  <b>GENNAIO 2022</b>  <i>Pag. 25 di 72</i> </p>
--	---	---

Tuttavia, le lavorazioni previste per la posa in opera del cavidotto sono ubicate in corrispondenza della sede viaria esistente in quanto il tracciato del cavidotto si snoda lungo l’arteria viaria principale.

Pertanto, non sono previste lavorazioni che compromettono il ciclo idrogeologico delle suddette sorgenti.

#### **5.5 METODOLOGIA DI RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE CON I CORPI IDRICI: TRIVELLAZIONI ORIZZONTALI CONTROLLATE**

Le aree della sottostazione e del parco risultano in posizione pianoaltimetrica tale da non ricadere in aree depresse o alluvionabili.

Infatti, come può evincersi dalle planimetrie allegate la quota del piano campagna è tale da consentire un franco superiore ad 1 m dal livello idrico relativo al periodo di ritorno T=200 anni.

Tuttavia, le aree stesse sono soggette a fenomeni di ruscellamento areale, a rivoli e scorrimento incanalato delle acque meteoriche; pertanto, nei successivi approfondimenti progettuali occorrerà provvedere alla sistemazione idraulica dei deflussi meteorici superficiali.

Le opere in progetto prevedono anche la realizzazione di un cavidotto che si snoda lungo la Strada Provinciale n.4. – Cavonica. Tale arteria viaria ripercorre ed “interseca” l’alveo naturale del Torrente Salandrella e presenta numerosi attraversamenti, realizzati a mezzo ponti, in corrispondenza delle anse del corpo idrico.

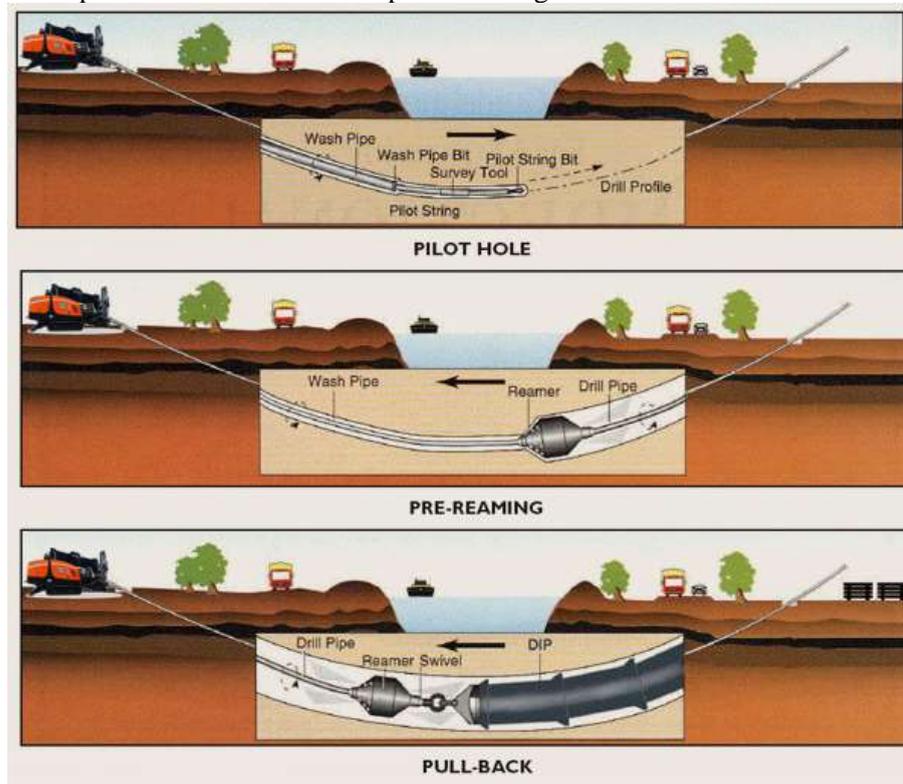


*Figura 8: attraversamento n. 6 SP4 con Torrente Salandrella*

Il progetto prevede, in corrispondenza degli attraversamenti con i corpi idrici naturali, al fine di **annullare completamente l’impatto dell’opera con gli elementi naturali sottoposti a tutela**, di superare l’interferenza mediante la tecnica delle Trivellazioni orizzontali controllate (T.O.C), che consente di superare

**RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA**

le aree tutelate attraverso l'immissione dei cavi con metodologia "nodding" (senza scavo). Questa tecnologia permette di effettuare la posa di cavi con un sistema di aste teleguidate che perforano il sottosuolo creando lo spazio necessario alla posa secondo lo schema riportato in Figura 9.



*Figura 92: schema delle fasi operative per la realizzazione di tubazione a mezzo T.O.C.*

In particolare si adotterà il seguente schema progettuale riportato negli allegati grafici di progetto.



*Figura 10: attraversamento in T.O.C. di progetto.*

Tale metodologia presenta due tipologie di vulnerabilità: la prima è relativa all'interferenza possibile tra le opere in "aggetto" dal piano campagna come i pozzetti di estremità la seconda è legata ai fenomeni di evoluzione degli alvei naturali che possono presentare escavazioni al fondo, localizzate o diffuse.

Infatti, una volta realizzato l'attraversamento, questo viene completato con due pozzetti in calcestruzzo armato, uno di monte e l'altro di valle, in corrispondenza delle estremità del contro tubo. La verifica alla vulnerabilità è soddisfatta posizionando tali pozzetti al di fuori delle fasce del rischio individuate in corrispondenza di un periodo di ritorno di 200 anni.

Il superamento della vulnerabilità legata all'erosioni in corrispondenza della tubazione è ottenuta posizionando la profondità di posa a quota maggiore delle massime escavazioni previste in fase delle piene, dette di modellamento, dell'alveo.

**Pertanto, le verifiche idrauliche relative alle opere previste in progetto sono state finalizzate all'analisi:**

- **dell'interazione tra le correnti di piena e gli attraversamenti. In tale analisi si è posta particolare attenzione alla perimetrazione delle aree inondabili al variare del periodo di ritorno al fine di mappare le aree a rischio;**
- **morfologica delle tendenze evolutive delle aste in esame al fine di valutare la probabilità e l'intensità delle erosioni al fondo diffuse e localizzate.**

	<p style="text-align: center;"><b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW<sub>p</sub>, DENOMINATO "PERSOLAR1" IN LOCALITÀ SERRA D'ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</b></p> <p style="text-align: center;"><b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b></p>	<p style="text-align: right;"><b>DATA:</b> <b>GENNAIO 2022</b> <i>Pag. 28 di 72</i></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.

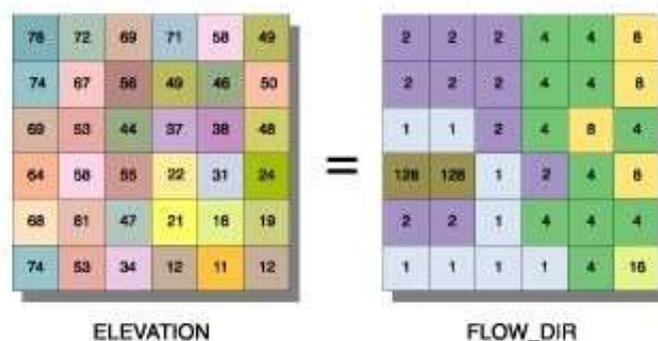
Questa griglia contiene in ogni cella il valore codificato della direzione di massima pendenza tra la cella stessa e le celle circostanti.

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

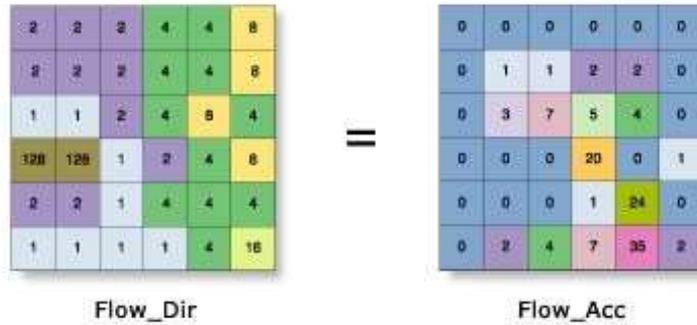
Di seguito è riportato un esempio di una rappresentazione del passaggio dal DEM ad una griglia costituita dalle direzioni preferenziali dei flussi.

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:

RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA



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 caratteristici.

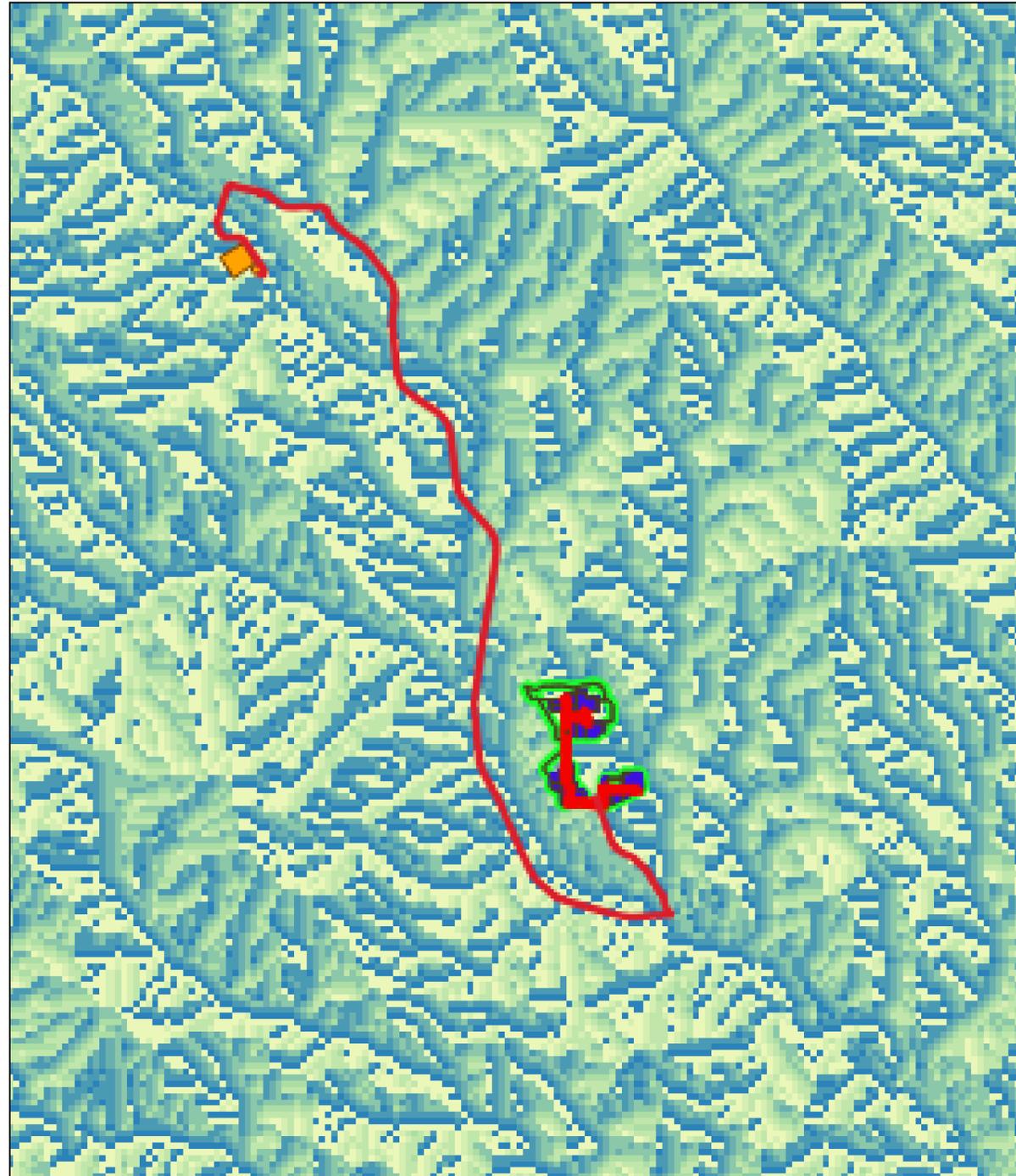


Figura 11: flow accumulation map

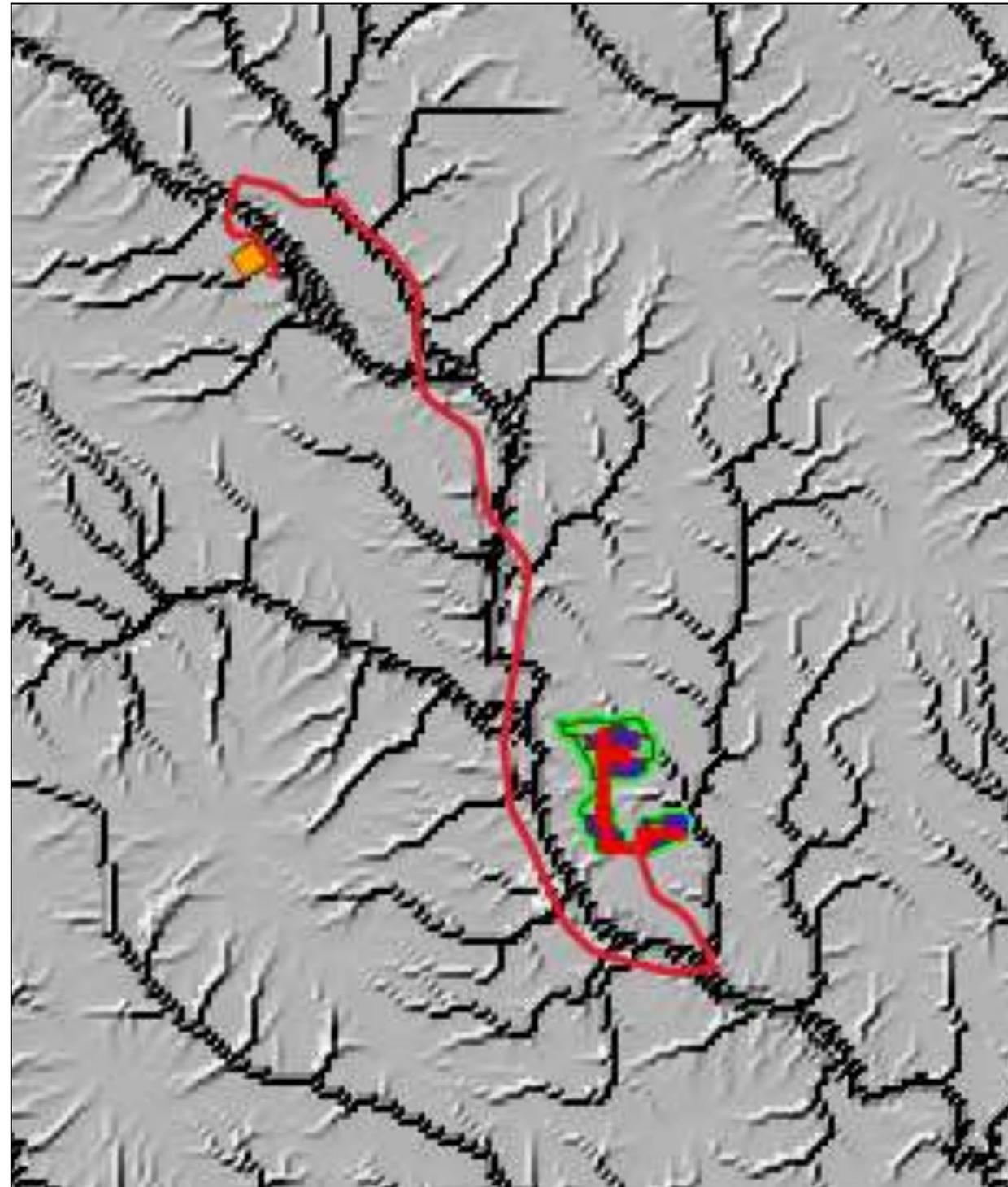


Figura 15: Slope direction map

	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW, DENOMINATO "PERSOLAR1" IN LOCALITÀ SERRA D'ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</b></p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b></p>	<p>DATA: GENNAIO 2021 Pag. 33 di 72</p>
--	--	---

#### **6.4 PERIMETRAZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI CAVIDOTTO.**

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. Mentre i bacini individuati nell'area campo sono riportati nell'allegato 3.2.1.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW<sub>p</sub> DENOMINATO "PERSOLAR1" IN LOCALITÀ SERRA D'ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</b>							<b>DATA:</b> <b>GENNAIO 2021</b>
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>							<b>Pag. 34 di 72</b>

BACINO FOSSO ACQUA BIANCA										
VERSANTE									ASTA PRINCIPALE	
Superficie	quote		pendenze		SCS				φ	lunghezza
	min	max	min	max						
km <sup>2</sup>	m.s.l.m.	m.s.l.m.	%	%	CN <sub>II</sub>	CN <sub>III</sub>	S <sub>II</sub>	S <sub>III</sub>	km	
18.67	253.00	565.6.00	0.00	18.63	65.68	81.47	132.72	57.75	0.29	9.50

**Tabella 1: parametri morfometrici Bacino fosso Acqua Bianca**

BACINO FOSSO DELLA FORESTA										
VERSANTE									ASTA PRINCIPALE	
Superficie	quote		pendenze		SCS				φ	lunghezza
	min	max	min	max						
km <sup>2</sup>	m.s.l.m.	m.s.l.m.	%	%	CN <sub>II</sub>	CN <sub>III</sub>	S <sub>II</sub>	S <sub>III</sub>	km	
2.32	268.00	584.00	0.00	41.85	83.80	92.32	49.11	21.12	0.74	2.65

**Tabella 2: parametri morfometrici Bacino fosso della Foresta**

	<b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW<sub>p</sub> DENOMINATO "PERSOLAR1" IN LOCALITÀ SERRA D'ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</b>								<b>DATA:</b> <b>GENNAIO 2021</b>
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>								<i>Pag. 35 di 72</i>

BACINO FOSSO INTERFERENZA 5_BIS										
VERSANTE										ASTA PRINCIPALE
Superficie	quote		pendenze		SCS				φ	lunghezza
	min	max	min	max						
km <sup>2</sup>	m.s.l.m.	m.s.l.m.	%	%	CN <sub>II</sub>	CN <sub>III</sub>	S <sub>II</sub>	S <sub>III</sub>		km
2.41	225.00	551.00	0.00	38.08	84.44	92.66	46.79	20.12	0.77	3.45

**Tabella 3: parametri morfometrici Bacino fosso Interferenza 5\_Bis**

BACINO FOSSO CANNITO										
VERSANTE										ASTA PRINCIPALE
Superficie	quote		pendenze		SCS				φ	lunghezza
	min	max	min	max						
km <sup>2</sup>	m.s.l.m.	m.s.l.m.	%	%	CN <sub>II</sub>	CN <sub>III</sub>	S <sub>II</sub>	S <sub>III</sub>		km
53.30	208.0	685.00	0.00	13.79	66.35	81.95	128.82	55.93	0.29	12.40

**Tabella 4: parametri morfometrici Bacino fosso Cannito**

BACINO FOSSO RUSCIANO
-----------------------

	<b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW<sub>p</sub> DENOMINATO "PERSOLAR1" IN LOCALITÀ SERRA D'ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</b>								DATA: <b>GENNAIO 2021</b>
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>								Pag. 36 di 72

VERSANTE									ASTA PRINCIPALE	
Superficie	quote		pendenze		SCS				φ	lunghezza
	min	max	min	max						
km <sup>2</sup>	m.s.l.m.	m.s.l.m.	%	%	CN <sub>II</sub>	CN <sub>III</sub>	S <sub>II</sub>	S <sub>III</sub>		km
6.13	158.00	521.00	0.00	42.03	84.44	92.66	46.79	20.12	0.77	5.55

**Tabella 5: parametri morfometrici Bacino fosso Rusciano**

BACINO TORRENTE SALANDRELLA										
VERSANTE									ASTA PRINCIPALE	
Superficie	quote		pendenze		SCS				φ	lunghezza
	min	max	min	max						
km <sup>2</sup>	m.s.l.m.	m.s.l.m.	%	%	CN <sub>II</sub>	CN <sub>III</sub>	S <sub>II</sub>	S <sub>III</sub>		km
189.60	8.00	457.00	0.00	21.61	66.56	82.11	127.59	55.36	0.29	60.40

**Tabella 6: parametri morfometrici Bacino torrente Salandrella**

## 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

$$T = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_I e^{-\eta K_T} - \Lambda_* \cdot \Lambda_I^{1/\theta_*} e^{-\eta K_T / \theta_*})}$$

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:

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

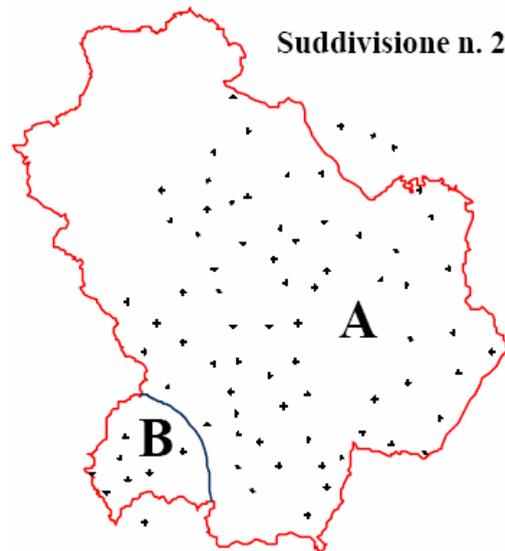
Dove:

**K<sub>T</sub>** : 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<sub>T</sub>, 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 16: 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 2: 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
<b>KT (SZOA)</b>	0.92	1.25	1.49	1.74	1.83	1.90	2.03	2.14	2.49	2.91	3.50
<b>KT (SZOB)</b>	0.97	1.10	1.20	1.30	1.34	1.37	1.42	1.46	1.61	1.78	2.02

*Tabella 3: Valori del coefficiente di crescita in funzione della sottozona e del periodo di ritorno.*

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:

$$K_{30} = 1.90,$$

$$K_{200} = 2.91$$

## 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.

	<p style="text-align: center;"><b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW<sub>p</sub>, DENOMINATO "PERSOLAR1" IN LOCALITÀ SERRA D'ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</b></p> <p style="text-align: center;"><b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b></p>	<p style="text-align: right;">DATA: GENNAIO 2021 Pag. 40 di 72</p>
--	---	--

### **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 Iritano, 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.

RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA



Figura 12: Isolinee del coefficiente  $a$  della curva di probabilità pluviometrica.

RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

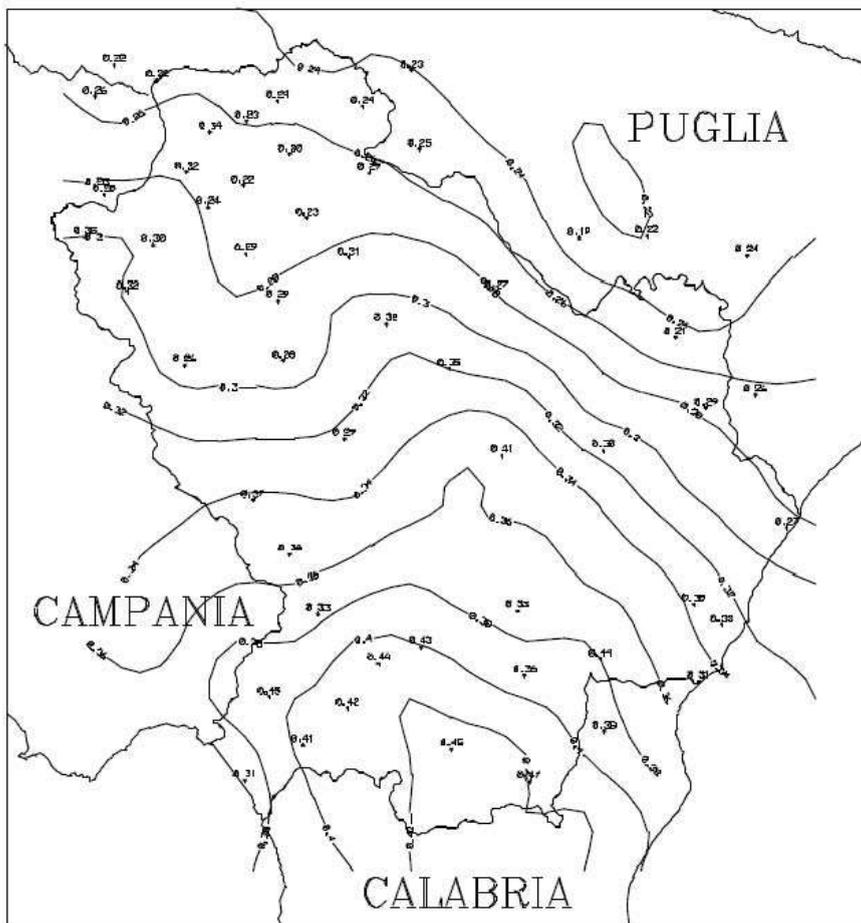


Figura 13: Isolinee dell'esponente  $n$  della curva di probabilità pluviometrica.

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:

$$a = 22,62$$

$$n = 0,300.$$

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;"> <b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW<sub>p</sub> DENOMINATO “PERSOLAR1” IN LOCALITÀ SERRA D’ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</b>  <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> </p>	<p style="text-align: right;"> <b>DATA:</b>  <b>GENNAIO 2021</b>  <i>Pag. 43 di 72</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.

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  $K_T$ :

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

I periodi di ritorno di riferimento sono

	<p style="text-align: center;"><b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW<sub>p</sub>, DENOMINATO “PERSOLAR1” IN LOCALITÀ SERRA D’ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</b></p> <p style="text-align: center;"><b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b></p>	<p style="text-align: right;">DATA: GENNAIO 2021 Pag. 44 di 72</p>
--	---	--

- 30 e 200 anni per gli attraversamenti sul fosso Acqua Bianca, attraversamento 2 e attraversamento 3, e sul Fosso Cannito, attraversamento 7;
- 30, 200 anni per i restanti attraversamenti sul torrente Salandrella.

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 km<sup>2</sup> 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 “ $t_C$ ”.

	<p style="text-align: center;"><b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW<sub>p</sub> DENOMINATO "PERSOLAR1" IN LOCALITÀ SERRA D'ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</b></p> <p style="text-align: center;"><b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b></p>	<p style="text-align: right;">DATA: GENNAIO 2021 Pag. 45 di 72</p>
--	--	--

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 areale<sup>1</sup>.

#### **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

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

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

<sup>1</sup> 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  $\leq 1$ , 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;"><b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW<sub>p</sub> DENOMINATO “PERSOLAR1” IN LOCALITÀ SERRA D’ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</b></p> <p style="text-align: center;"><b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b></p>	<p style="text-align: right;">DATA: GENNAIO 2021 Pag. 46 di 72</p>
--	---	--

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 COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Il coefficiente di deflusso esprime la capacità di infiltrazione del bacino, per cui dipende dalle caratteristiche del suolo, dalle condizioni di umidità precedenti all’inizio dell’evento di pioggia, nonché dalle caratteristiche fisiche del bacino (copertura, estensione, permeabilità eccetera).

Il metodo impiegato nel presente studio è quello del “Curve Number” CN, del Soil Conservation Service [SCS, 1972]. Tale metodo determina l’infiltrazione cumulata riferita all’intero fenomeno di piena attraverso l’applicazione della nota equazione di bilancio:  $P_{\text{eff}} = Q = P - P_{\text{loss}}$ , in cui  $P_{\text{eff}}$ ,  $P_{\text{loss}}$  e  $P$  rappresentano rispettivamente i volumi di pioggia netta, persa e totale per l’evento in esame, e  $Q$  il deflusso superficiale corrispondente.

In funzione dell’analisi idrologica sono stati, pertanto, individuati alcuni elementi caratteristici del bacino, quali il tempo di corrivazione e il coefficiente di afflusso, che definiscono la risposta del bacino ad un determinato evento di pioggia, ed i parametri della curva di possibilità pluviometrica, che individuano il regime delle piogge dell’area cui si riferisce e permettono di correlare, per il tempo di ritorno prescelto, la durata della pioggia alla sua intensità.

Sulla base di tale metodo, considerando un suolo con scarsa capacità di infiltrazione a saturazione (tipo C) è stata desunta per ciascuna porzione di bacino oggetto di studio la corrispondente capacità di infiltrazione.

Con l'ausilio del metodo del CN (Curve Number), si è visto che il rapporto tra il volume affluito e il volume perduto per infiltrazione è mediamente compreso tra 0,2 e 0,50. A favore di sicurezza, si sono assunte condizioni di suolo umide prima dell'evento (Antecedent moisture condition - AMC classe 2) che, tuttavia, sono tipiche dei periodi invernali durante i quali sono più frequenti le precipitazioni di carattere eccezionale.

Tali valori sono stati confrontati con quelli tabellati riportati da Moisello.

In via definitiva, in relazione ai coefficienti di deflusso C della formula razionale, si è fatto riferimento ai dati contenuti nella tabella seguente:

Uso del suolo	Superficie %	Tempo di ritorno T anni						
		2	5	10	25	50	100	500
Asfalto	0,0	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Calcestruzzo tetti	0,0	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
Coltivazioni i = 0 - 2%	10,0	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,57
Coltivazioni i = 2 - 7%	0,0	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60
Coltivazioni i > 7%	60,0	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
Pascoli i = 0 - 2%	0,0	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Pascoli i = 2 - 7%	20,0	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pascoli i > 7%	0,0	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Boschi i = 0 - 2%	0,0	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
Boschi i = 2 - 7%	10,0	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56
Boschi i > 7%	0,0	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58
<b>Coefficienti medi pesati</b>		<b>0,36</b>	<b>0,39</b>	<b>0,41</b>	<b>0,45</b>	<b>0,48</b>	<b>0,52</b>	<b>0,60</b>

*Tabella 4: Definizione del coefficiente C del metodo razionale per diversi tipi di superficie in funzione della pendenza. (Idrologia tecnica pag. 635 tab 6.1, Ugo Moisello)*

	<p style="text-align: center;"><b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW<sub>p</sub> DENOMINATO "PERSOLAR1" IN LOCALITÀ SERRA D'ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</b></p> <p style="text-align: center;"><b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b></p>	<p style="text-align: right;">DATA: GENNAIO 2021 Pag. 48 di 72</p>
--	--	--

### 8.6 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 Uniti<sup>2</sup>, 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 ( $P_e$ ) cioè la frazione della pioggia totale ( $P$ ) che direttamente e in maniera preponderante contribuisce alla formazione dell'evento di piena.

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

$$P_e = \frac{P_n^2}{P_n + S} \qquad P_n = P - IA \qquad IA = k_{ia} \cdot S$$

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.

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

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 5: 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:

	<p style="text-align: center;"><b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW<sub>p</sub>, DENOMINATO “PERSOLAR1” IN LOCALITÀ SERRA D’ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</b></p> <p style="text-align: center;"><b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b></p>	<p style="text-align: right;">DATA: GENNAIO 2021 Pag. 50 di 72</p>
--	--	--

$$CN(I) = \frac{CN(II)}{2.3 - 0.013 CN(II)}$$

$$CN(III) = \frac{CN(II)}{0.43 + 0.0057CN(II)}$$

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

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 6: Classificazione dei tipi idrologici di suolo secondo il metodo SCS- CN*

RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

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 <sup>2</sup> (area imperm. 65%)	77	85	90	92
Zone residenziali, lotti di 500+1000 m <sup>2</sup> (area imperm. 38%)	61	75	83	87
Zone residenziali, lotti di 1000+1500 m <sup>2</sup> (area imperm. 30%)	57	72	81	86
Zone residenziali, lotti di 1500+2000 m <sup>2</sup> (area imperm. 25%)	54	70	80	85
Zone residenziali, lotti di 2000+5000 m <sup>2</sup> (area imperm. 20%)	51	68	79	84
Zone residenziali, lotti di 5000+10000 m <sup>2</sup> (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 7: 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 studio.

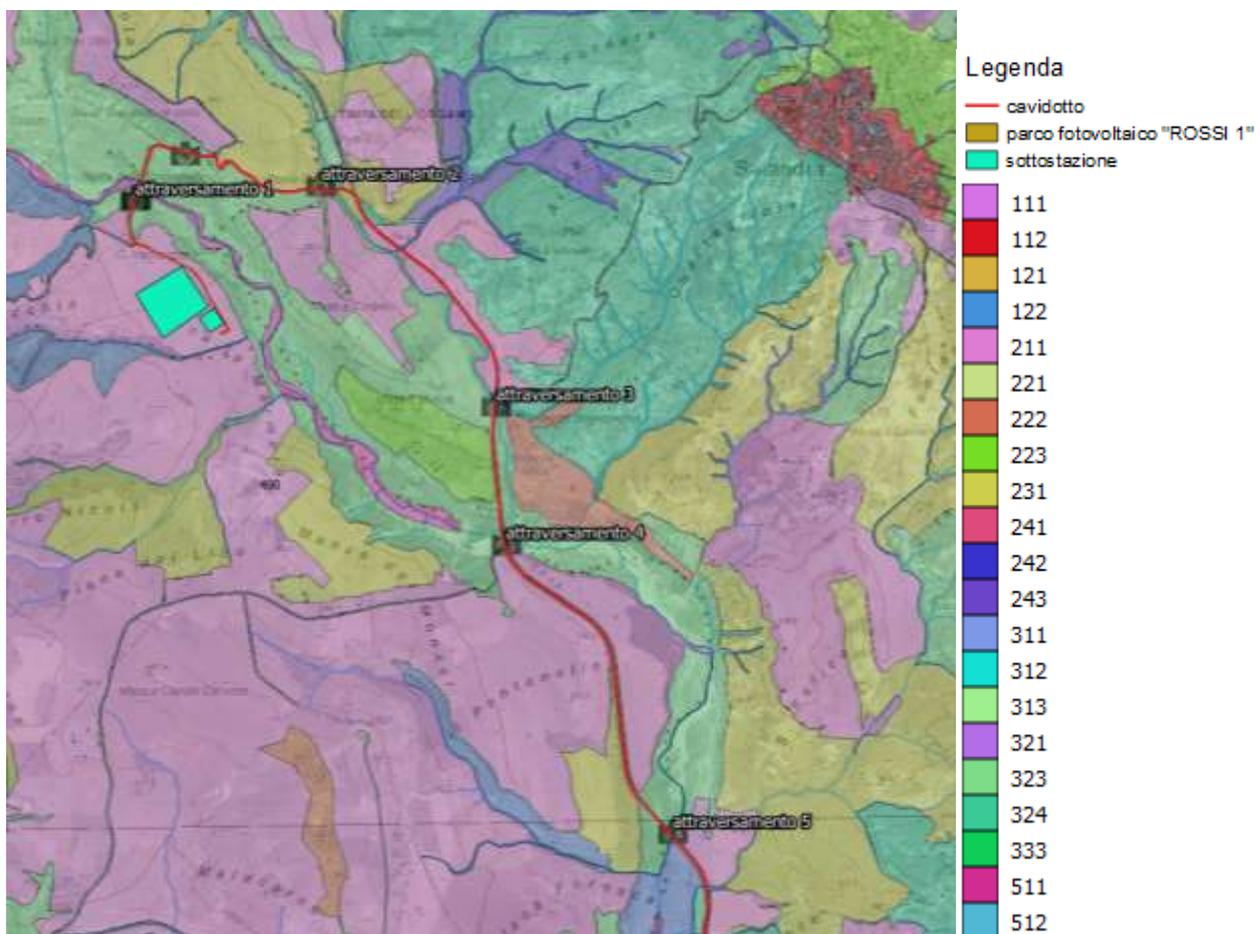


Figura 19: stralcio n 1 - carta uso del suolo opere in progetto ed attraversamenti.

RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

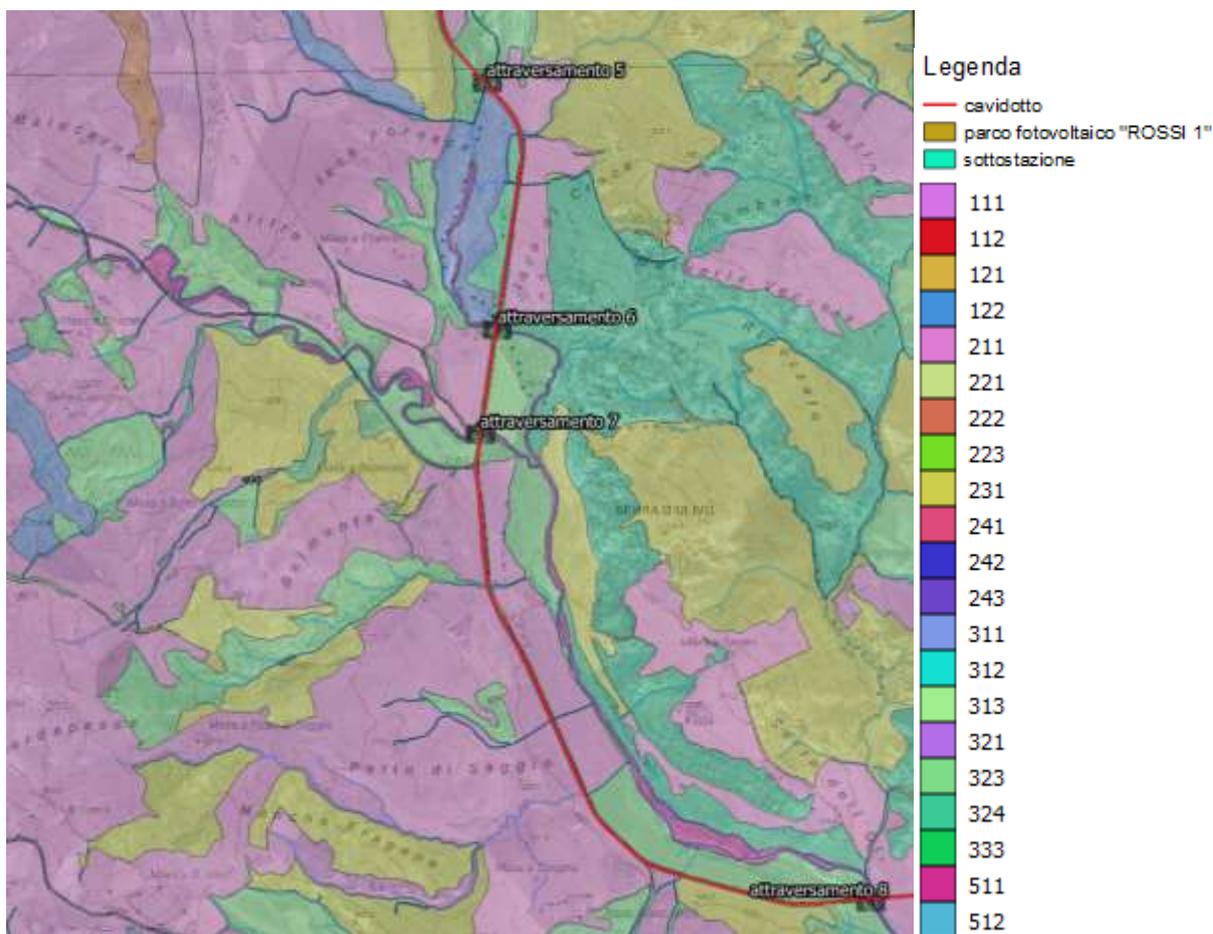


Figura 20: stralcio n 2 - carta uso del suolo opere in progetto ed attraversamenti.

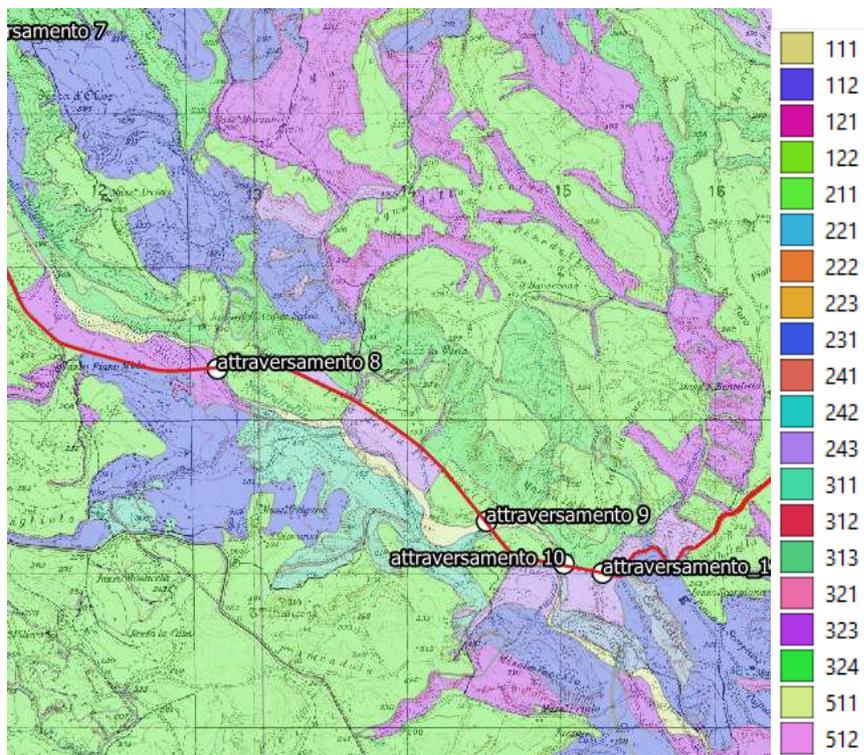


Figura 14: stralcio n 3 - carta uso del suolo, opere in progetto ed attraversamenti.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW<sub>p</sub> DENOMINATO "PERSOLAR1" IN LOCALITÀ SERRA D'ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>GENNAIO 2021</b> <i>Pag. 55 di 72</i>
---	---	---

I codici riportati in legenda vanno interpretati secondo il seguente elenco:

- 1.1.1. Zone residenziali a tessuto continuo
- 1.1.2. Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado
- 1.2.1. Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati
- 1.2.2. Reti stradali, ferroviarie e infrastrutture tecniche
- 1.2.4. Aeroporti
- 1.3.1. Aree estrattive
- 1.3.2. Discariche
- 1.3.3. Cantieri
- 1.4.1. Aree verdi urbane
- 1.4.2. Aree ricreative e sportive
- 2.1.1. Seminativi in aree non irrigue
- 2.1.2. Seminativi in aree irrigue
- 2.2.1. Vigneti
- 2.2.2. Frutteti e frutti minori
- 2.2.3. Oliveti
- 2.3.1. Prati stabili
- 2.4.1. Colture temporanee associate a colture permanenti
- 2.4.2. Sistemi colturali e particellari complessi
- 2.4.3. Aree prevalentemente occupate da colture agrarie
- 3.1. Zone boscate
  - 3.1.1. Boschi di latifoglie
  - 3.1.2. Boschi di conifere
  - 3.1.3. Boschi misti di conifere e latifoglie
- 3.2.1. Aree a pascolo naturale e praterie
- 3.2.3. Aree a vegetazione sclerofilla
- 3.2.4. Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione
- 3.3.1. Spiagge, dune e sabbie
- 3.3.2. Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti
- 3.3.3. Aree con vegetazione rada
- 4.1.1. Paludi interne
- 5.1.1. Corsi d'acqua, canali e idrovie
- 5.1.2. Bacini d'acqua

### 8.7 VALORI DI PORTATA AL COLMO.

La portata al colmo di piena corrisponde alla **massima portata** generata da un 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.

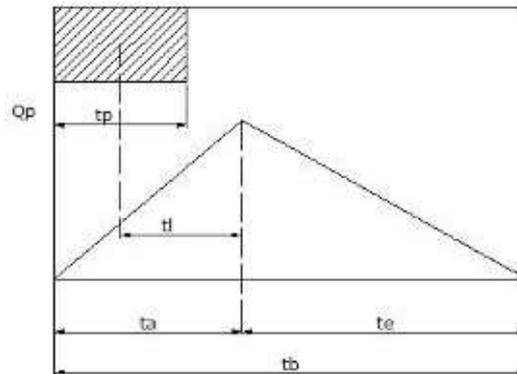


Figura 15: Idrogramma di Mockus

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 ottenuti sono i seguenti:

○ **BACINO FOSSO ACQUA BIANCA:**

	$t_l$ [ore]	$t_p=t_c$ [ore]	$t_a$ [ore]	$Q_p$ [m <sup>3</sup> /s]
T <sub>30</sub>	1,69	2,82	3,10	37.45
T <sub>200</sub>				67.77

○ **BACINO FOSSO DELLA FORESTA:**

	$t_l$ [ore]	$t_p=t_c$ [ore]	$t_a$ [ore]	$Q_p$ [m <sup>3</sup> /s]
T <sub>30</sub>	0.29	0.49	0.54	11.76
T <sub>200</sub>				30.08

○ **BACINO FOSSO INTERFERENZA 5\_BIS:**

	$t_l$ [ore]	$t_p=t_c$ [ore]	$t_a$ [ore]	$Q_p$ [m <sup>3</sup> /s]
T <sub>30</sub>	0.38	0.63	0.70	11.25
T <sub>200</sub>				27.69

○ **BACINO FOSSO CANNITO:**

	$t_l$ [ore]	$t_p=t_c$ [ore]	$t_a$ [ore]	$Q_p$ [m <sup>3</sup> /s]
T <sub>30</sub>	2,77	4,62	5,08	69.39
T <sub>200</sub>				129.12

○ **BACINO FOSSO RUSCIANO:**

	$t_l$ [ore]	$t_p=t_c$ [ore]	$t_a$ [ore]	$Q_p$ [m <sup>3</sup> /s]

T <sub>30</sub>	0.62	1.03	1.13	22.72
T <sub>200</sub>				53.75

○ **BACINO SALANDRELLA:**

	t <sub>i</sub> [ore]	t <sub>p</sub> =t <sub>c</sub> [ore]	t <sub>a</sub> [ore]	Q <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]
T <sub>30</sub>	4,87	8,12	8,93	319.39
T <sub>200</sub>				529.12

**8.8 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.

Per i risultati grafici e tabellari delle interferenze relative al cavidotto e alle aste fluviali si rimanda all'appendice A.3.2 allegata al presente studio.

Mentre per i risultati grafici e tabellari delle interferenze relative all'area campo e alle incisioni idriche secondarie si rimanda all'appendice A.3.3 allegata al presente studio.

	<p style="text-align: center;"> <b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW<sub>p</sub> DENOMINATO "PERSOLAR1" IN LOCALITÀ SERRA D'ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</b>  <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> </p>	<p> <b>DATA:</b>  <b>GENNAIO 2021</b>  <i>Pag. 59 di 72</i> </p>
---	--	--

### **8.9 VERIFICA IDRAULICA: CONCLUSIONI.**

Gli elementi sensibili in relazione agli attraversamenti considerati in progetto sono i pozzetti di estremità delle T.O.C.. In particolari gli stessi **risultano verificati**:

- Altimetricamente, in quanto sono disposti tutti, ad una quota, pari o superiore alla quota corrispondente al livello idrico corrispondente alla portata duecentennale;
- Planimetricamente, in quanto sono ubicati all'esterno della fascia di alluvionamento corrispondente ad un periodo di ritorno di 200 anni.

La sottostazione è ubicata in sponda destra del torrente Salandrella in corrispondenza dell'attraversamento 1. La quota media di ubicazione della sottostazione è di 282,0 m.l.m.m. con un franco sul livello idrico massimo, corrispondente ad un periodo di ritorno di 200 anni, pari a 1.4 m.

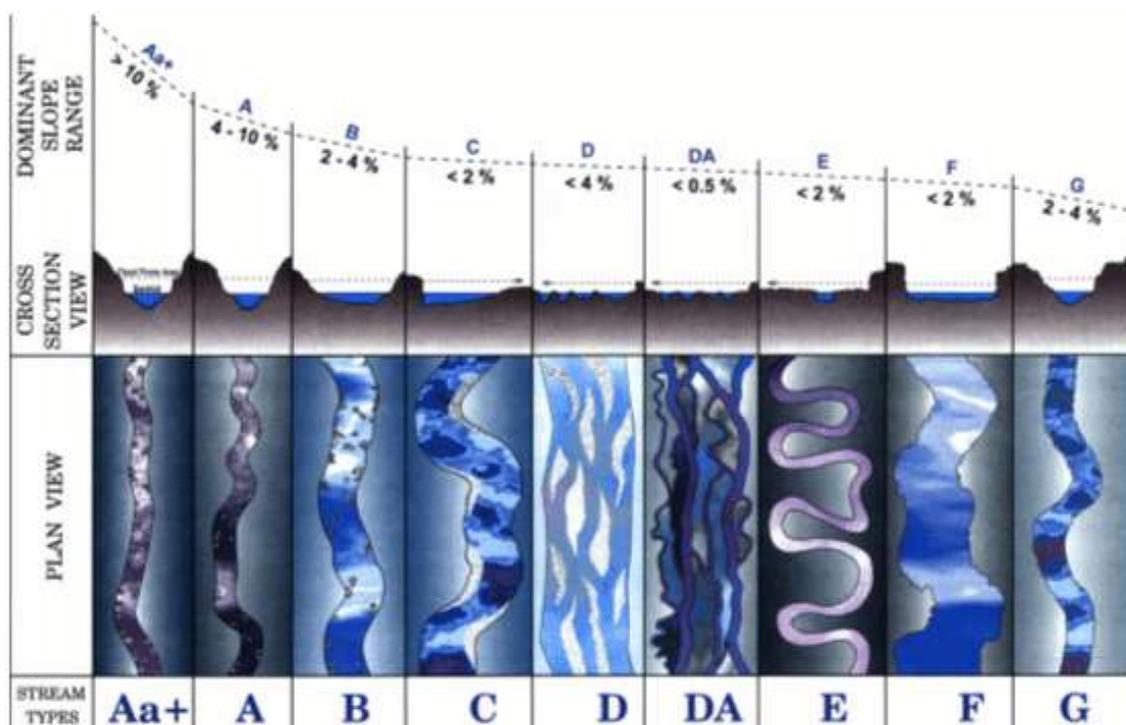
## 9 CARATTERISTICHE FLUVIO-MORFOLOGICHE

### 9.1 DESCRIZIONE MORFOLOGICA DEI CORPI IDRICI PRESENTI NELL'AREA OGGETTO DI STUDIO.

Per comprendere le peculiarità di un corso d'acqua è necessario far riferimento alla classificazione dei corsi d'acqua messa a punto da vari studiosi, in quanto la caratterizzazione morfologica dei corsi d'acqua consente di prevederne le evoluzioni in risposta alle sollecitazioni di origine naturale o antropica.

La classificazione classica, alla quale solitamente ci si riferisce, è quella del Rosgen (1996) che valuta tutte le informazioni riguardanti tipologia e stabilità della vegetazione, caratteristiche planimetriche dei tratti fluviali, granulometria del materiale di fondo, modalità di trasporto solido, caratteristiche delle sezioni trasversali ed andamento longitudinale. Secondo tale classificazione i sistemi fluviali possono essere descritti attraverso più livelli di organizzazione e di dettaglio identificando opportune variabili di riferimento per le successive e più fini scale di risoluzione.

In Figura è riportata una rappresentazione delle relazioni tra andamento plano-altimetrico del corso d'acqua e la forma e delle sezioni trasversali.



	<p style="text-align: center;"><b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW<sub>p</sub> DENOMINATO "PERSOLAR1" IN LOCALITÀ SERRA D'ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</b></p> <p style="text-align: center;"><b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b></p>	<p>DATA: GENNAIO 2021 Pag. 61 di 72</p>
---	--	---

*Figura 23: Relazione tra l'andamento altimetrico, planimetrico e la sezione trasversale di un corso d'acqua (da Applied River Morphology)*

Tuttavia la teoria di Rosgen non fornisce indicazioni utili al fine di comprendere quali processi hanno condotto l'alveo allo stato attuale e quale sia quello a cui tende e non fornisce un criterio di analisi tale da consentire l'applicazione delle relazioni ricavate a condizioni generali.

Tra le teorie riportate in letteratura per classificare i corsi d'acqua vi è quella proposta da Carlo e Michele Viparelli (1972) che è di tipo energetico e che non prescinde dalla "storia" evolutiva di un dato tronco.

Secondo tale teoria energetica, le caratteristiche di un corso d'acqua sono il risultato di una serie di processi in cui intervengono, in concomitanza ma talvolta anche in concorrenza tra loro, parametri ambientali, dipendenti dalle caratteristiche geologiche, litologiche e climatiche del bacino considerato, e parametri idraulici connessi ai processi di moto che si sviluppano all'interno del corso d'acqua.

Fra questi parametri si distinguono la portata liquida, la portata solida e la granulometria di fondo alveo, per lo più dipendenti dai parametri ambientali; la pendenza di fondo alveo, la velocità e profondità della corrente e la larghezza d'alveo, dipendenti dai processi di moto in atto nell'alveo.

I corsi d'acqua naturali assumono una diversa morfologia in funzione dei processi evolutivi, di erosione e di alluvionamento, che si sono avuti nel passato e attraverso tali processi tendono a quella pendenza, detta di equilibrio, che permette il trasporto a valle di tutto il materiale proveniente da monte.

La teoria del Rosgen e quella energetica, nonostante partano da considerazioni differenti, hanno moltissimi punti di contatto tant'è che la classificazione energetica trova pieno riscontro in quella geomorfologica e viceversa.

Nel caso in esame si riscontrano, all'interno del bacino con sezione di chiusura in corrispondenza dell'attraversamento numero 10 sul Salandrella, tre tipologie di alveo fluviale ed, in particolare, si hanno tratti che ricadono nella classificazione degli alvei cosiddetti incisi, come i tratti montani del fosso Acqua Bianca e del fosso Cannito, tratti di transizione, quali le confluenze dei fossi Acqua Bianca e Cannito con gli affluenti, e tratti alluvionati, sia unicorsali, come i tratti finali dei fossi Acqua Bianca e Cannito, che pluricorsali, come il torrente Salandrella.

Le caratteristiche morfologiche di ogni tipologia e le tendenze evolutive di ognuno verranno approfondite nei paragrafi seguenti.

Gli attraversamenti 2\_bis, 5\_bis ed 11 sono ubicati internamente alle aree di influenza delle TOC degli attraversamenti 2, 5 e 10.

### 9.1.1 Alvei incisi

Gli alvei incisi sono caratterizzati dalla presenza di una sezione detta a V e con una granulometria di fondo alquanto eterogenea.

I tratti in transizione sono quelli in corrispondenza delle conoidi di deiezione, non hanno raggiunto condizioni di equilibrio dinamico e rappresentano il passaggio di un corso d'acqua da inciso ad alluvionato.

Il tratto in esame del Torrente Salandrella è del tipo alluvionato pluricorsale con presenza di barre centrali e con granulometria di fondo costituita da ghiaia e ciottoli.



*Figura 24: attraversamento 2 – fosso Acqua Bianca - tralcio di mappa e cono di scatto*



*Figura 16: attraversamento 2 – vista da valle verso monte – tratto inciso*

### *9.1.2 Alvei alluvionati unicorsali e pluricorsali.*

Gli alvei che ricadono nella classificazione degli alvei cosiddetti alluvionati stretti, o unicorsali, e larghi, o pluricorsali, sono caratterizzati dalla presenza di barre, laterali gli unicorsali e centrali i pluricorsali, che si modificano in termini planimetrici in funzione dell'entità delle piene in transito.

Occorre tener presente che quando si parla di alvei alluvionati si parla di situazioni estremamente complesse dal momento che per questo tipo di alvei non è possibile stabilire neppure una vera e propria sezione idrica.

RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

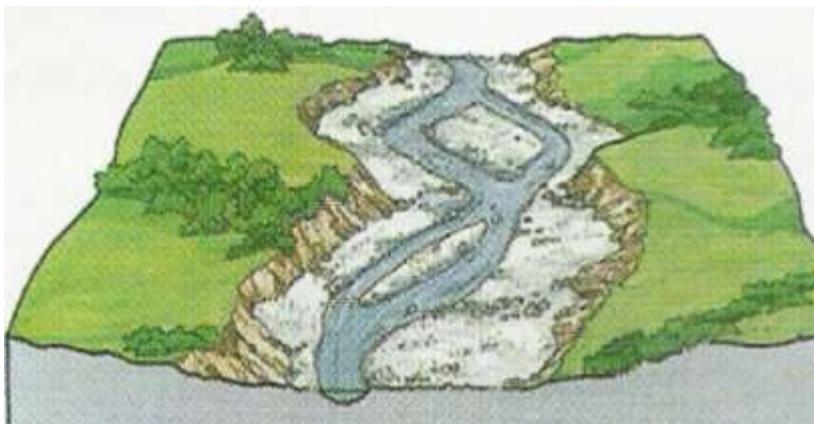


Figura 17: - Esempio di tronco fluviale alluvionato pluricorsale (da Applied River Morphology)

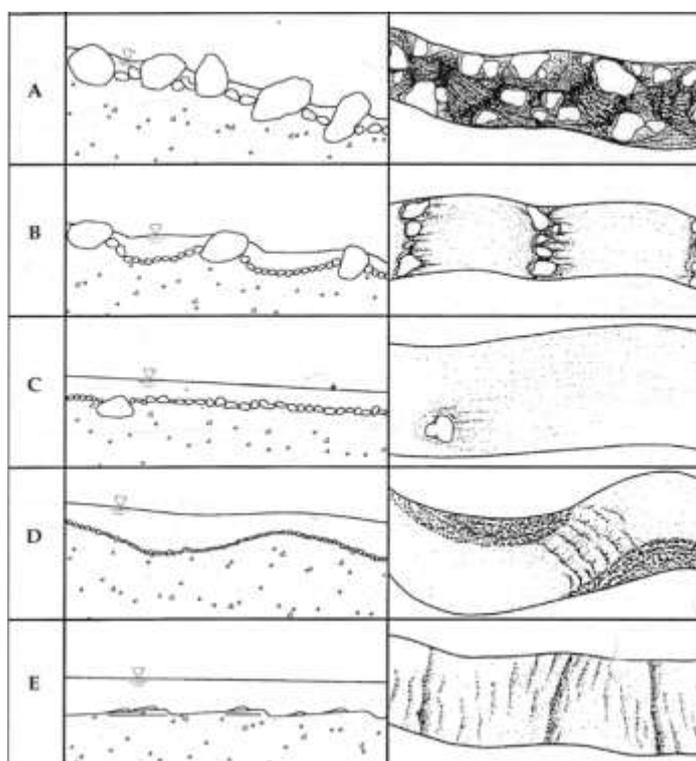


Figura 18: Unità morfologiche tipiche dei corsi d'acqua alluvionali: A) rapida; B) step pool; C) letto piano; D) riffe pool; E) dune ripple (modificato da Montgomery e Buffington, 1997).

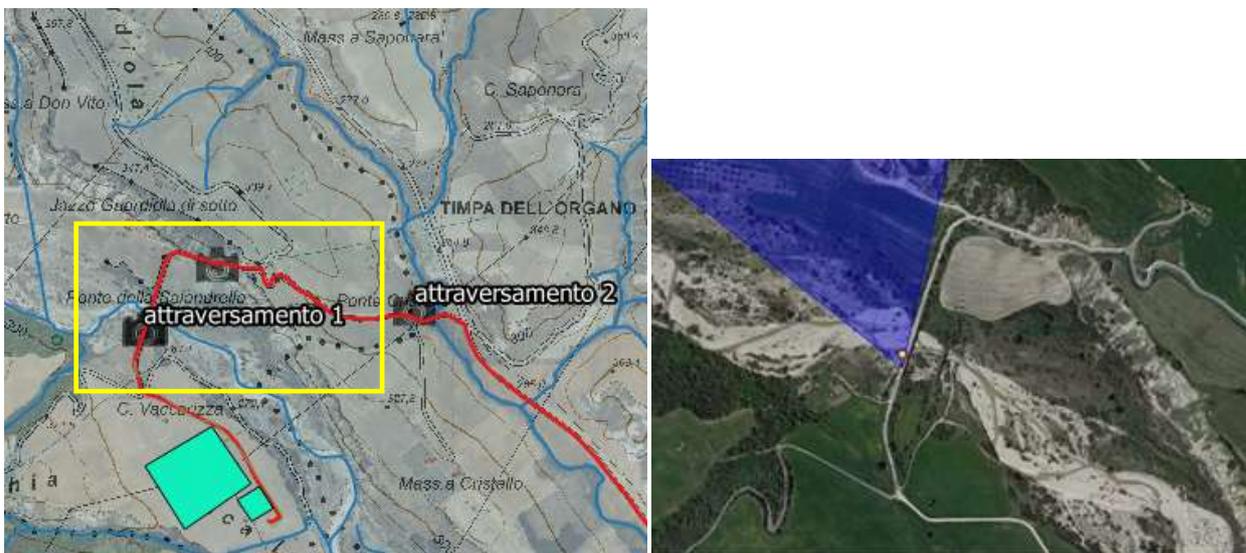


Figura 19: attraversamento 1 - torrente Salandrella - tralcio di mappa e cono di scatto



Figura 20: attraversamento 1 – vista da valle verso monte della sponda in sinistra idraulica – tratto alluvionato pluricorsale



Figura 21: attraversamento 7 –fosso Cannito - tralcio di mappa e cono di scatto



Figura 22: attraversamento 7 – vista da monte verso valle – tratto alluvionato (di transizione) unicorsale

I tronchi alluvionati hanno raggiunto l'assetto attuale in seguito ad un processo di alluvionamento ed hanno raggiunto caratteristiche intermedie tra l'alveo inciso di montagna e quello incassato di pianura. Il passaggio dall'alveo inciso a quello alluvionato è caratterizzato da una brusca diminuzione di

	<p style="text-align: center;"><b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW<sub>p</sub> DENOMINATO "PERSOLAR1" IN LOCALITÀ SERRA D'ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</b></p> <p style="text-align: center;"><b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b></p>	<p>DATA: GENNAIO 2021 Pag. 67 di 72</p>
---	--	---

pendenza della valle che impedisce alla corrente di trasportare ancora più a valle il sedimento più grossolano. Le alluvioni, depositandosi sul fondo valle, formano un greto alluvionale la cui larghezza è strettamente correlata alla morfologia originaria della valle. Nei tratti più stretti, dove la corrente tende a defluire in un unico canale, la configurazione dell'alveo può dirsi unicorsale a thalweg pseudomeandriforme ed andamento sinuoso della corrente; nei tratti più larghi, invece, anche durante le piene di una certa entità, la corrente non riesce ad occupare l'intera larghezza dell'alveo e incide nel materiale alluvionale di fondo uno o più rami effimeri che vengono, almeno in parte, reinteriti nella fase decrescente della piena. Qui la configurazione dell'alveo è pluricorsale o ramificata.

La granulometria delle alluvioni depositate, molto eterogenea, è costituita da una componente media (sabbia grossa) e una grossa (ghiaia grossa) e la curva granulometrica ha forma tipicamente bimodale. Tipico del tronco alluvionato è il fenomeno della pavimentazione o corazzamento: durante la piena la corrente riesce ad asportare la componente fina e media del materiale depositato sul greto attivo dell'alveo, cioè quello impegnato dalla corrente, mentre il materiale più grossolano rimasto in sito forma una sorta di corazza superficiale a protezione degli strati più profondi. Se si effettua uno scavo in profondità, nell'alveo alluvionato si riscontra sulla stessa verticale il succedersi di strati a diversa granulometria: questo perché si sono succeduti nel tempo piene che hanno investito la zona di greto considerata, portando via il materiale fino e piene che hanno occupato altre porzioni di greto consentendo che, nella zona considerata, si depositasse il materiale più sottile.

Negli alvei alluvionati, nonostante le pendenze raggiungano valori compresi tra 0.5 e 2.5 %, gli sforzi tangenziali sul fondo risultano, anche durante piene notevoli, di poco superiori agli sforzi critici. (Viparelli C., 1972).

Lungo il suo percorso, l'acqua trasforma l'energia a disposizione in lavoro necessario a trasportare a valle il materiale solido e vincere le resistenze al moto: se l'energia non uguaglia il lavoro, il tronco è in fase di evoluzione; se, invece, l'energia e il lavoro sono dello stesso ordine di grandezza la rete idrografica è in fase di equilibrio dinamico. In questo ultimo caso, sia le grandezze geometriche che caratterizzano l'alveo, sia quelle che caratterizzano il processo di moto, scartano tutte intorno a valori medi.

Quando la rete idrografica è in fase di evoluzione possono verificarsi le seguenti due situazioni:

	<p style="text-align: center;"> <b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW<sub>p</sub> DENOMINATO "PERSOLAR1" IN LOCALITÀ SERRA D'ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</b>  <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> </p>	<p> <b>DATA:</b>  <b>GENNAIO 2021</b>  <i>Pag. 68 di 72</i> </p>
---	---	--

- se l'energia a disposizione supera il lavoro necessario per trasportare a valle il materiale solido e vincere le resistenze al moto, la corrente tende ad erodere sponde e fondo alveo e il processo evolutivo è di tipo erosivo;
- se l'energia disponibile è inferiore al lavoro richiesto, una parte del materiale solido che giunge in determinati tratti d'alveo viene depositato producendo un aumento delle quote di fondo e delle pendenze medie e il processo evolutivo è di alluvionamento.

## ***1.1 Analisi di equilibrio dinamico e valutazione del trasporto solido.***

### ***1.1.1 Torrente Salandrella***

Il tronco del torrente Salandrella oggetto del presente studio è lungo 5 km mentre la lunghezza del tronco interessato dagli attraversamenti è in totale lungo 1,3 km. Tale tratto è posizionato nella parte centrale del tratto oggetto di studio in modo tale da esaminare le dinamiche a monte e a valle dello stesso.

Per quanto enunciato nei paragrafi precedenti, è necessario individuare le condizioni di equilibrio al fine di progettare le opere di attraversamento mediante T.O.C. tali da non sconvolgere le tendenze evolutive dei vari tronchi.

**Occorre precisare che per questo tipo di alveo non possono essere fatte considerazioni circa lo stato dinamico (analisi mediante numero di Froude) delle correnti perché non è possibile individuare una vera e propria sezione idrica.**

Dall'analisi sulle pendenze si deduce che il tronco in esame ha raggiunto configurazione attuale con pendenza del fondo pari a 0,013.

Un discorso particolare occorre fare per le grandezze geometriche.

Infatti, per questa tipologia d'alveo non è possibile stabilire una sezione idraulica e, quindi, una corrispondente scala di deflusso: durante l'evento di piena in corrispondenza della portata di modellamento, corrispondente ad un tempo di ritorno  $T_{20}$ , le sezioni trasversali del corso d'acqua

	<b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW<sub>p</sub> DENOMINATO "PERSOLAR1" IN LOCALITÀ SERRA D'ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>GENNAIO 2021</b> <i>Pag. 69 di 72</i>
---	---	---

subiscono profonde modifiche subendo notevoli approfondimenti ma la larghezza della sezione bagnata rimane pressoché invariata.

Per quanto riguarda le grandezze idrauliche da definire si ha il rapporto  $p$  tra portata liquida e portata solida e definito come

$$p = \frac{G_s}{\gamma Q_{20}}$$

e la portata liquida per unità di larghezza data da

$$q = \frac{Q_{20}}{\sum B_i}$$

Se ci fossero condizioni di equilibrio possono essere applicate le equazioni ricavate in tali condizioni per gli alvei alluvionati risolvendo il sistema di equazioni costituito da:

- equazione di Meyer-Peter et al.

$$\frac{i}{d} = \frac{0,17}{q^{\frac{2}{3}}} + 0,4 \frac{p^{\frac{2}{3}}}{d}$$

dove:

$i$ : pendenza di fondo alveo;

$d$ : il diametro del materiale solido costituente il fondo mobile pari a 200 mm.

- Formula dell'indice di trasporto

$$T = \frac{Q^{\frac{1}{18}} i^{\frac{1}{2}}}{d^{\frac{1}{6}} g^{\frac{5}{9}}}$$

- Relazione sperimentale  $T=T(p)$  dedotta su alvei naturali in equilibrio

$$T(p) = 0,0561 p^{0,2415}$$

Si deduce che per un valore del  $d_{50}$ , stimato in sito e pari a 0,200 m, si ottiene:

$$T = 0,59$$

$$p = 0,033 \text{ ‰}$$

$$q = 3,4 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$B = 26,6 \text{ m}$$

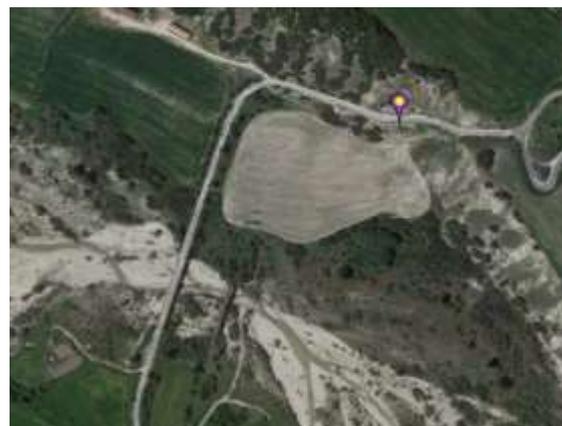
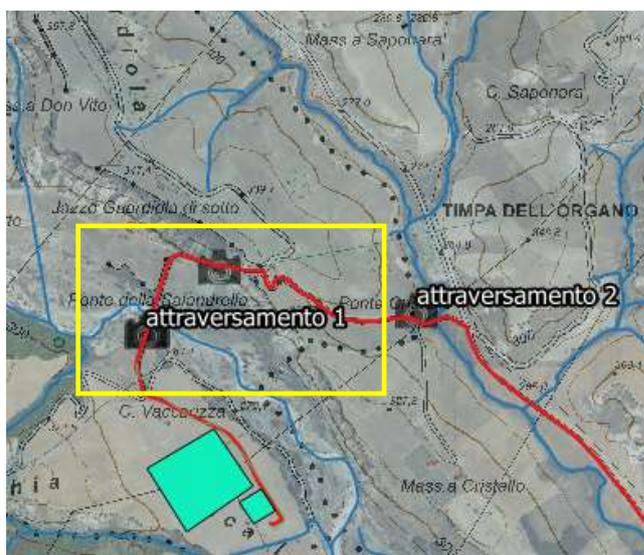
Essendo in presenza di un alveo alluvionato pluricorsale tale larghezza va moltiplicata per un fattore 1,5.

**Si ottiene così una larghezza di equilibrio pari a:**

$$B_{\text{eff}} = 39,9 \text{ m} \approx 40 \text{ m}$$

In definitiva affinché il tronco fluviale in oggetto rimanga in equilibrio senza fenomeni di erosione né di deposito è necessario che, nel tratto in cui la pendenza naturale sia pari al valore medio di 0,013, le sezioni del tronco non risultino di larghezza inferiore a 40 m.

Questo trova riscontro sia nelle sezioni naturali che risultano molto maggiori di 40 m che nelle sezioni degli attraversamenti carrabili e di quello costituito dal ponte canale, ubicato a valle dell'attraversamento 1.



*Figura 23: attraversamento 1 - torrente Salandrella - tralcio di mappa e cono di scatto*



*Figura 24: attraversamento 1 - torrente Salandrella – panoramica dalla sponda in sinistra idraulica –da valle verso monte si individuano il ponte canale, il ponte carrabile dismesso e il ponte carrabile in uso.*

**Il tronco d'alveo analizzato, pertanto, se non subisce restringimenti in seguito ad azioni antropiche, rispetto allo stato di fatto analizzato, risulta in equilibrio dinamico, senza fenomeni di erosione o alluvionamento.**

**Per proteggere il cavidotto dai fenomeni localizzati, che si hanno in occasione delle piene, si prevede cautelativamente, di porre il cavo ad una profondità minima di 3.0 m.**

## **9.2 VERIFICA ANALISI MORFOLOGICA: CONCLUSIONI.**

Gli elementi sensibili in relazione alla verifica condotta sono le profondità di infissione delle T.O.C..

L'alveo risulta in equilibrio dinamico, in tali condizioni l'alveo si mantiene dinamicamente stabile senza subire innalzamenti o abbassamenti del fondo. Le sezioni in T.O.C. risultano verificate.

In particolare le stesse risultano verificate anche in corrispondenza di fenomeni di erosione localizzati, in occasione di piene intense, in quanto in progetto la profondità di infissione è imposta pari ad un valore di 3 m.

Tali fenomeni, che hanno carattere transitorio e che durano fino alla fase discendente della piena, in questo tipo di alveo, da letteratura di settore, si attestano su profondità di escavazione pari a circa 1.5/2.0 m.

	<p>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 19.99 MW<sub>p</sub> DENOMINATO "PERSOLAR1" IN LOCALITÀ SERRA D'ULIVO NEL COMUNE DI SAN MAURO FORTE (MT)</p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b></p>	<p>DATA: GENNAIO 2021 <i>Pag. 72 di 72</i></p>
---	--	--

**Pertanto, al fine di proteggere il cavidotto dai fenomeni localizzati che si hanno in occasione delle piene si prevede di porre il cavo, come prescritto in progetto, ad una profondità minima di 3.0 m.**