

# IMPIANTO FOTOVOLTAICO EG CELESTE E OPERE CONNESSE

POTENZA IMPIANTO 19,99 MW<sub>p</sub> - COMUNE DI S. ARCANGELO (PZ)

## Proponente

**EG CELESTE S.R.L.**

VIA DEI PELLEGRINI 22 · 20122 MILANO (MI) · P.IVA: 11616240963 · PEC: egceleste@pec.it

## Progettazione

**Ing. Michele TASSELLI.** Via Matera, 28 - 85100 Potenza (PZ)

tel.: 347/5407153 · e-mail: ing.tasselli@gmail.com · PEC: michele.tasselli2@ingpec.eu

**Ing. Massimo BIANCO.** Via S. Antonio, 14 - 85043 Latronico (PZ)

tel.: 328/3779118 · e-mail: prgbianco@gmail.com · PEC: massimo.bianco@ingpec.eu

## Consulente

**Ing. Carmen MARTONE.** Via del Popolo, 6 - 85100 Potenza (PZ)

tel.: 327/6697708 · e-mail: carmen@martoneingegneri.it · PEC: carmen.martone@ingpec.eu

## Coordinamento progettuale

**RAMUNNO S.R.L.**

C.DA CAOLO - ZONA P.I.P. · 85057 TRAMUTOLA (PZ) · P.IVA: 01633510761 · email: info@ramunnosrl.it



## Titolo Elaborato

### RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA

LIVELLO PROGETTAZIONE	CODICE ELABORATO	FILENAME	RIFERIMENTO	DATA	SCALA
Progetto definitivo	A.3	A.3	A3_3 PD	06/2021	-

## Revisioni

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
01	21/06/2021	-	CM	MT/RAM	ENF



COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ)  
REGIONE BASILICATA



	<b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWP</b> <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>GIUGNO 2021</b> <i>Pag. 1 di 46</i>
---	--	---

## Sommario

1	PREMESSA.....	4
2	DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ.....	6
2.1	Sintesi delle attività.....	6
3	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	6
4	ANALISI STATO DI FATTO E PROGETTO.....	10
4.1	INTERFERENZE DELLE OPERE IN PROGETTO CON IL RETICOLO IDROGRAFICO.....	10
5	ANALISI GEOMORFOLOGICA.....	20
5.1	Digital Terrain Model.....	20
5.2	Slope Model.....	20
5.3	Flow Accumulation.....	21
5.4	Perimetrazione dei bacini idrografici.....	22
6	ANALISI IDROLOGICA.....	26
6.1	Curve di Possibilità Pluviometrica.....	26
6.2	Massimizzazione delle portate di piena col metodo SCS.....	31
7	<b>ANALISI IDRAULICA.....</b>	<b>37</b>
7.1	<b>Simulazione idraulica stato di fatto e di progetto.....</b>	<b>37</b>
7.2	<b>Analisi dei risultati.....</b>	<b>42</b>
8	CONCLUSIONI.....	42
9	<b>Attraversamento 2 – I.17: scheda grafica di sintesi – progetto e verifica.....</b>	<b>44</b>
10	Attraversamento 3 – I.15: scheda grafica di sintesi – progetto e verifica.....	45

	<p style="text-align: center;"><b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWP</b>  <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b>  <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b>  <b>STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>  <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b></p>	<p>DATA:  GIUGNO 2021  <i>Pag. 2 di 46</i></p>
---	---	--

11 Attraversamento 4 – I.16: scheda grafica di sintesi – progetto e verifica.....46

	<b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWP</b> <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>GIUGNO 2021</b> <i>Pag. 3 di 46</i>
---	--	---

## Indice Delle Figure

Figura 1: sovrapposizione dello stralcio dell'ortofoto con layout progettuale .....	5
Figura 2: Griglia di geolocalizzazione .....	7
Figura 3: DTM su CRT .....	9
Figura 4: opere di progetto interferenti con aree del Demanio Pubblico - Ramo Idrico evidenziate in giallo. ....	11
Figura 5: opere di progetto e area di buffer prevista dall'art. 142 lettera c del DLgs 42/2004. 11	
Figura 6: opere di progetto adiacenti ad aree del Demanio Pubblico - Ramo Idrico evidenziate in giallo – interferenza A. ....	12
Figura 7: censimento delle interferenze delle opere di progetto con i corpi idrici naturali .....	12
Figura 8: Interferenze I.01, I.02 e I.03 su mappe catastali ed ortofoto .....	14
Figura 9: Interferenze I.04, I.05, I.06 e I.07 su mappe catastali ed ortofoto.....	15
Figura 10: Interferenze I.08, I.09, I.010, I.11, I.12 e I.13 su mappe catastali ed ortofoto .....	17
Figura 11: Bacino idrografico 1 .....	23
Figura 12: Bacino idrografico 2.....	23
Figura 13: Bacino idrografico 3.....	24
Figura 14: Bacino idrografico 4.....	24
Figura 15: Aree pluviometriche omogenee VAPI Regione Basilicata .....	27
Figura 16: Curva di possibilità pluviometrica .....	30
Figura 17: Idrogramma di Mockus .....	35
Figura 18. Schema geometrico utilizzato nella modellazione idraulica 1D terrain – river 1. ...	38
Figura 19. Schema geometrico utilizzato nella modellazione idraulica 1D terrain – river 2 ....	39
Figura 20. Schema geometrico utilizzato nella modellazione idraulica 1D terrain – river 3 e 4 .....	40

	<b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWp</b> <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>GIUGNO 2021</b> <i>Pag. 4 di 46</i>
---	---	---

## **1 PREMESSA**

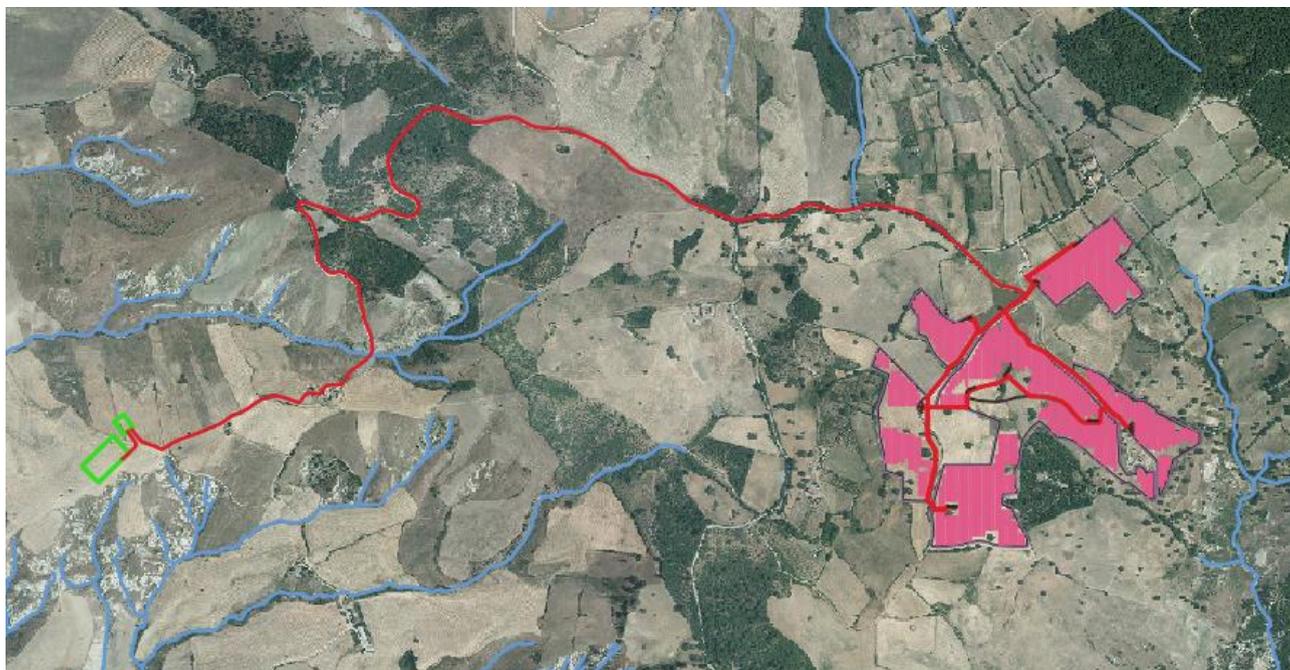
L'impianto fotovoltaico "EG Celeste" sorgerà in Località "Monte Niviera" nel comune di Sant'Arcangelo (PZ) e verrà collegato in antenna alla Stazione Elettrica (SE) di smistamento a 150 kV della RTN, da inserire in entra-esce sulla linea RTN a 150 kV "Aliano – Senise", di futura realizzazione. L'impianto sarà del tipo installato a terra e non integrato, con moduli fotovoltaici bifacciali in silicio cristallino montati su apposite strutture metalliche (tracker) a inseguimento solare.

L'estensione complessiva dell'impianto sarà pari a circa 33 ha (superficie delimitata dalle recinzioni di impianto) e la potenza complessiva dell'impianto sarà pari ad 19,99 MWp (somma della potenza dei moduli).

Il presente studio è stato predisposto secondo quanto previsto dall'Ufficio Regionale – Ciclo dell'Acqua per consentire all'Ente di esprimere il parere circa le interferenze delle opere di progetto con le aree appartenenti al Demanio Pubblico dello Stato – Ramo Idrico e le interferenze con i corpi idrici vincolati ai sensi dell'art. 142 lettera c del DLgs n. 42 del 2004.

È stato predisposto, pertanto, lo "Studio di compatibilità idrologico ed idraulico" di cui la presente Relazione e gli allegati Appendice A, Appendice B e la carta delle Interferenze con il reticolo idrico sottoposto a vincolo ne costituiscono parte integrante.

	<b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWp</b> <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>GIUGNO 2021</b> <i>Pag. 5 di 46</i>
---	---	---



**Figura 1: sovrapposizione dello stralcio dell'ortofoto con layout progettuale**

Il presente studio di compatibilità idrologica ed idraulica analizza compiutamente gli effetti sul regime idraulico a monte e a valle delle aree di interferenza con il reticolo idrico e dimostra l'esistenza di adeguate condizioni di sicurezza idraulica per le opere in progetto.

Tale studio, quindi, è finalizzato a illustrare e dimostrare la compatibilità idrologica ed idraulica delle opere previste dal progetto con l'assetto delle aree sottoposte a vincolo demaniale.

La relazione descrive le metodologie adottate e le analisi svolte per **l'analisi idrologica dell'area, l'esame dello stato di fatto, per il dimensionamento e la verifica idraulica** degli interventi descritti negli elaborati a corredo del progetto definitivo con particolare attenzione alle sezioni idrauliche di attraversamento con i corpi idrici superficiali.

Lo studio parte dalle informazioni e dagli studi propedeutici che costituiscono la base per l'attuale progettazione dell'impianto in esame, implementa le informazioni e propone a base dei dimensionamenti idraulici i risultati degli approfondimenti idromorfologici e idrologici descritti in seguito.

	<b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWP</b> <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>GIUGNO 2021</b> <i>Pag. 6 di 46</i>
---	---	---

## 2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ

### 2.1 Sintesi delle attività

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

- analisi morfometrica finalizzata alla costruzione del DTM e alla delimitazione dei bacini idrografici;
- analisi morfologica di bacino mediante software Quantum GIS 3.6 e GRASS 7.2.0;
- analisi idrologica per la definizione delle curve di possibilità pluviometrica mediante la metodologia VAPI e CN ed implementazione del modello idrologico;
- calcolo delle portate di piena per tempi di ritorno  $T_{30}$  e  $T_{200}$  per ogni sotto-bacino individuato nell'analisi morfometrica;

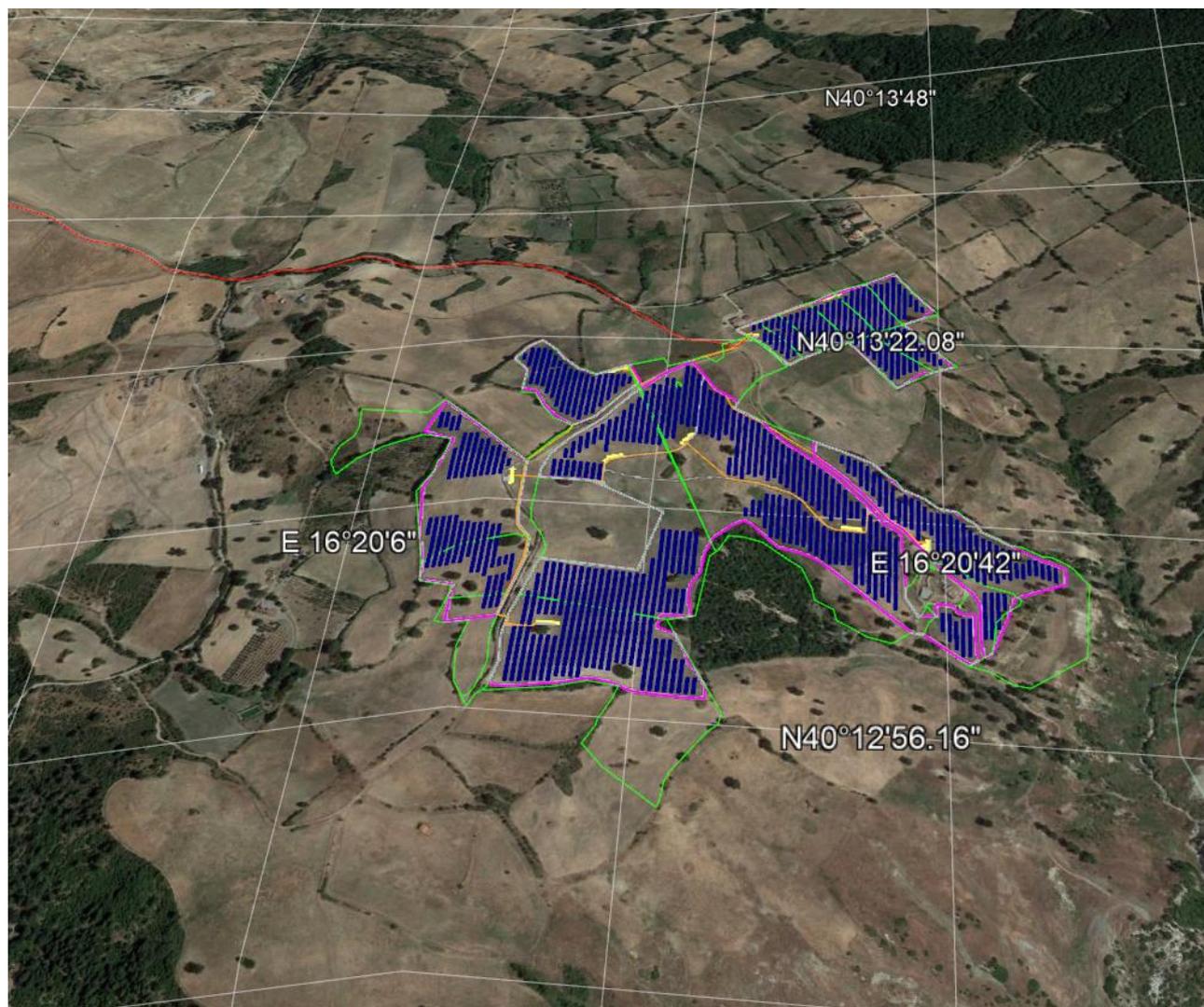
Tutte le analisi condotte sono state riferite alla Cartografia Tecnica Regionale nel sistema di riferimento UTM33 WGS84.

## 3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'insediamento produttivo in oggetto, sarà realizzato nella provincia di Potenza in agro del Comune di Sant'Arcangelo; il campo sarà ubicato ad una altitudine compresa tra i 632.6 m s.l.m., 641.3 m s.l.m. e 590.0 m s.l.m. in finzione della dislocazione plano-altimetrica dei vari sottocampi.

L'area parco in oggetto è identificata dal baricentro del perimetro di ingombro avente coordinate geografiche di Latitudine 40°13'10.47"N e Longitudine 16°20'24.27"E (in coordinate UTM: 614028.44 m E; 4453039.50 m N).

	<p style="text-align: center;"><b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWp</b>  <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b>  <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCAANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b>  <b>STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>  <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b></p>	<p>DATA:  GIUGNO 2021  Pag. 7 di 46</p>
---	---	---



**Figura 2: Griglia di geolocalizzazione**

L'impianto progettato, della potenza di 19.99 MWp, è ubicato in direzione sud-est del territorio comunale di Sant'Arcangelo, e dista più di 3 km dal centro abitato, in una zona occupata da terreni agricoli e distante da agglomerati residenziali.

L'impianto sarà suddiviso in più "aree" e all'interno dell'area di impianto sarà realizzata apposita viabilità interna in modo da permettere le operazioni di manutenzione e di raggiungere agevolmente tutti i punti dell'impianto.

	<b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWP</b> <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCAANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>GIUGNO 2021</b> <i>Pag. 8 di 46</i>
---	--	---

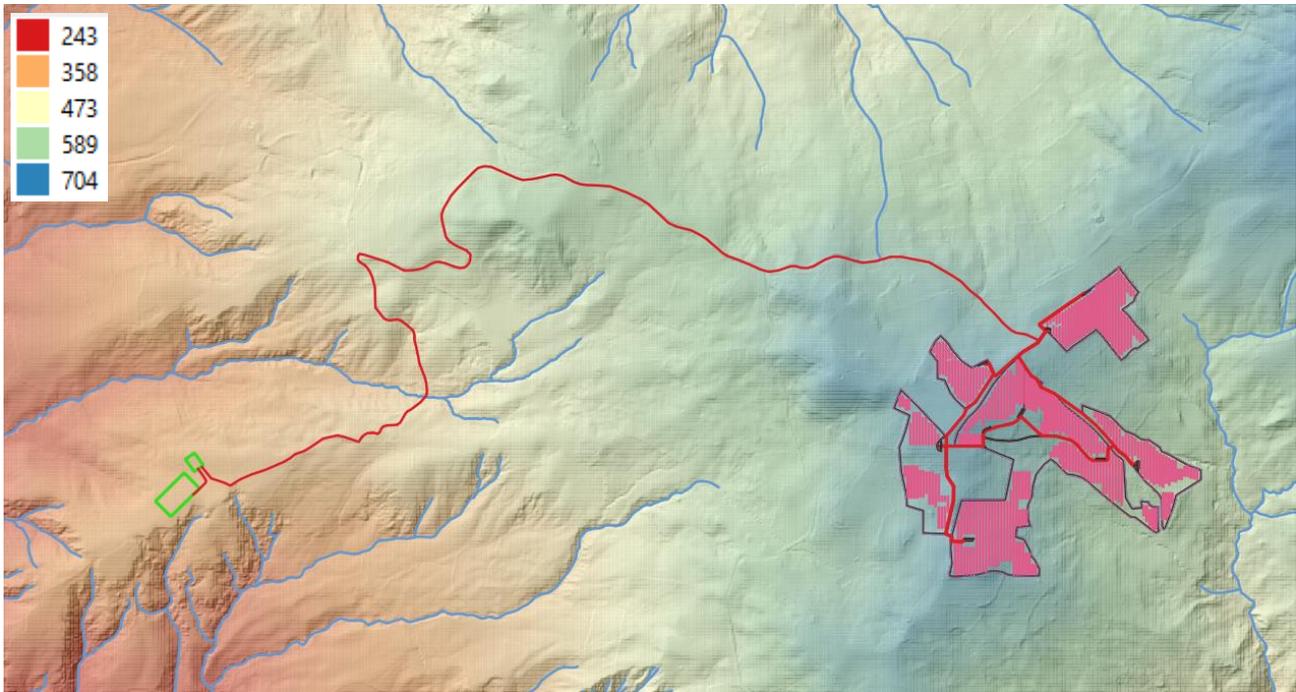
L'area disponibile per l'installazione dell'impianto fotovoltaico è individuata al Catasto Terreni del comune di Sant'Arcangelo al foglio di mappa n° 55 particelle 28 – 29 – 30 – 31 – 32 – 33– 45 – 46 101 – 196 – 201 – 208 – 209 – 210 – 211 – 214 – 215 – 216 e si estende per più di 44 ha.

L'elettrodotto per la connessione dell'impianto prevede l'interramento di un cavidotto MT per una lunghezza di circa 4 km, prevalentemente su viabilità esistente (strada sterrata nel primo tratto in uscita dal campo, strada comunale per circa 2,5 Km, strada sterrata esistente su terreni privati per circa 1,2 Km, strada vicinale sterrata per circa 100 m) fino a raggiungere la futura sottostazione elettrica (SSE) utente MT/AT, da realizzarsi sui terreni censiti al foglio 60 particelle 49 e 50, nelle adiacenze della stazione elettrica (SE) di TERNA SpA, anch'essa di futura realizzazione.

L'elettrodotto interrato per la connessione prevede l'interramento di un cavidotto MT prevalentemente lungo strada esistente e a margine di terreni agricoli, per poi proseguire lungo la predetta strada e fino a raggiungere la futura sottostazione MT/AT, quest'ultima da realizzarsi su terreni censiti al foglio 60 particelle 46 - 50.

La cartografia, ufficiale e metadatata, disponibile sul territorio è la seguente:

- Fogli IGM 1:50.000:
  - Foglio 506 – Sant'Arcangelo
- Fogli IGM 1:25.000:
  - 506 II (Sant'arcangelo),
- Fogli IGM 1:10.000:
  - 506160,
- Digital Terrain Model Tavolette 1:5.000
  - DTM\_506\_100371
- Cartografia Tecnica Regionale Tavolette 1:5.000
  - 506161
  - 506162,
- Carta Uso del Suolo della Regione Basilicata
  - Foglio 506 – Sant'Arcangelo



**Figura 3: DTM su CRT**

	<b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWp</b> <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>GIUGNO 2021</b> <i>Pag. 10 di 46</i>
---	---	--

#### 4 ANALISI STATO DI FATTO E PROGETTO

L'impianto fotovoltaico si compone essenzialmente di:

- generatore fotovoltaico
- strutture di sostegno ed ancoraggio
- cavi, cavidotti,
- gruppo di conversione CC/CA
- quadri di protezione, sezionamento e misura
- trasformatori MT/BT
- accumulatori
- cabine di campo, di accumulo e di raccolta MT
- trasformatori AT/MT

Ulteriori informazioni di dettaglio sono contenute negli elaborati tecnici specialistici a corredo del presente progetto, in particolare all'elaborato A.5 Relazione Tecnica Impianto Fotovoltaico.

Per quanto concerne descrizione delle opere di connessione in AT, si rimanda alla relazione tecnica specialistica appositamente redatta a corredo del progetto.

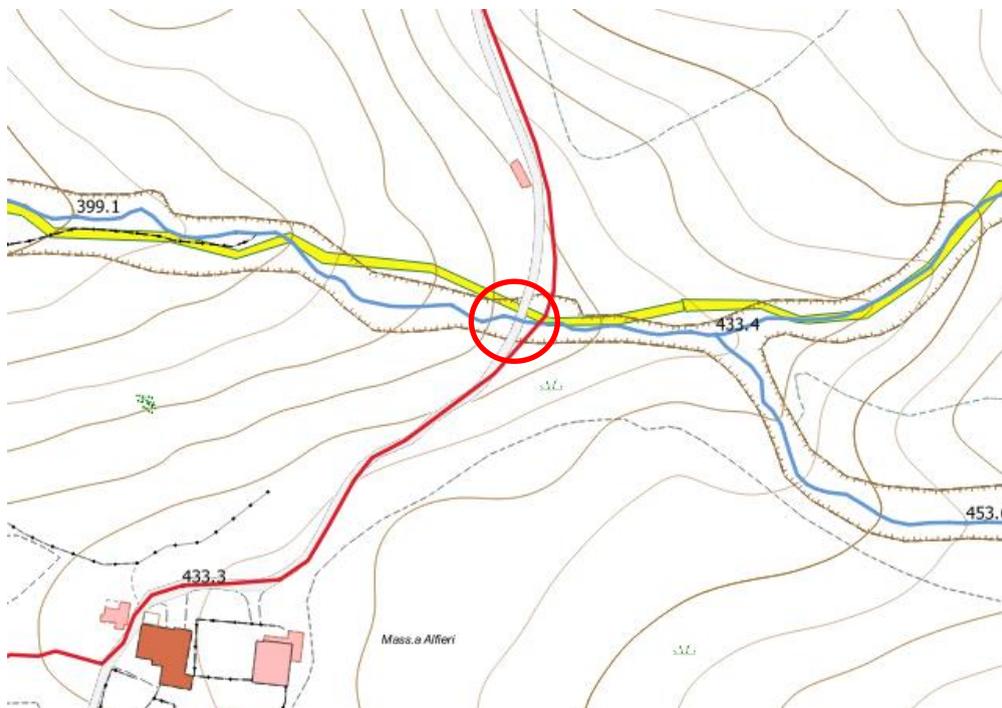
**L'intera zona d'impianto si sviluppa su un'area caratterizzata da alcune incisioni naturali caratterizzate da alvei fluviali, aree golenali e relative fasce di pertinenza fluviale NON vincolate ai sensi del DLgs 42/2004 art. 142 lettera c e con le aree appartenenti al Demanio Pubblico dello Stato – Ramo Idrico.**

##### 4.1 INTERFERENZE DELLE OPERE IN PROGETTO CON IL RETICOLO IDROGRAFICO.

Le opere previste in progetto NON interferiscono con il buffer previsto dall' art.142 lettera c della legge 142/2007 mentre vi è un'interferenza con le aree appartenenti al Demanio Pubblico – ramo idrico evidenziata nella Figura 4 e rappresentata dall'interferenza censita al numero I.17 del cavidotto esterno di connessione.

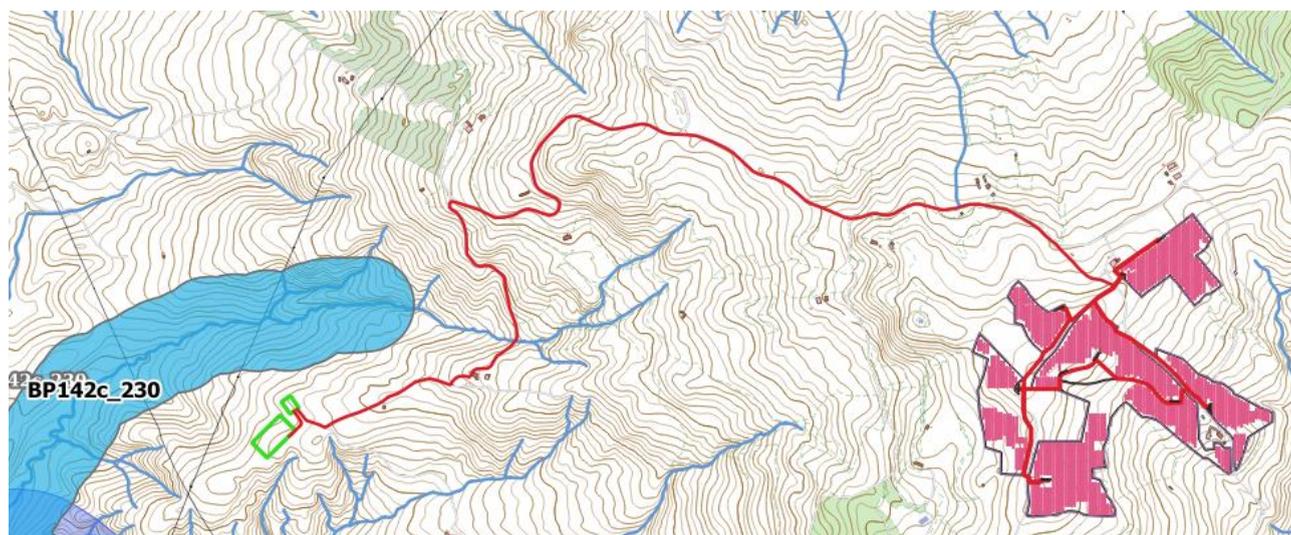
Inoltre, la recinzione di uno dei sottocampi di progetto lambisce un'area appartenente al Demanio Pubblico come evidenziato nella Figura 6

	<b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWp</b> <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>GIUGNO 2021</b> <i>Pag. 11 di 46</i>
---	--	--



○ Interferenza aree Demanio Pubblico

**Figura 4: opere di progetto interferenti con aree del Demanio Pubblico - Ramo Idrico evidenziate in giallo.**



**Figura 5: opere di progetto e area di buffer prevista dall'art. 142 lettera c del DLgs 42/2004.**

	<b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWp</b> <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCAANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>GIUGNO 2021</b> <i>Pag. 12 di 46</i>
---	---	--

L'area del parco posta a SUD-EST lambisce aree appartenenti al Demanio Pubblico-Ramo idrico come può evincersi dalla figura seguente

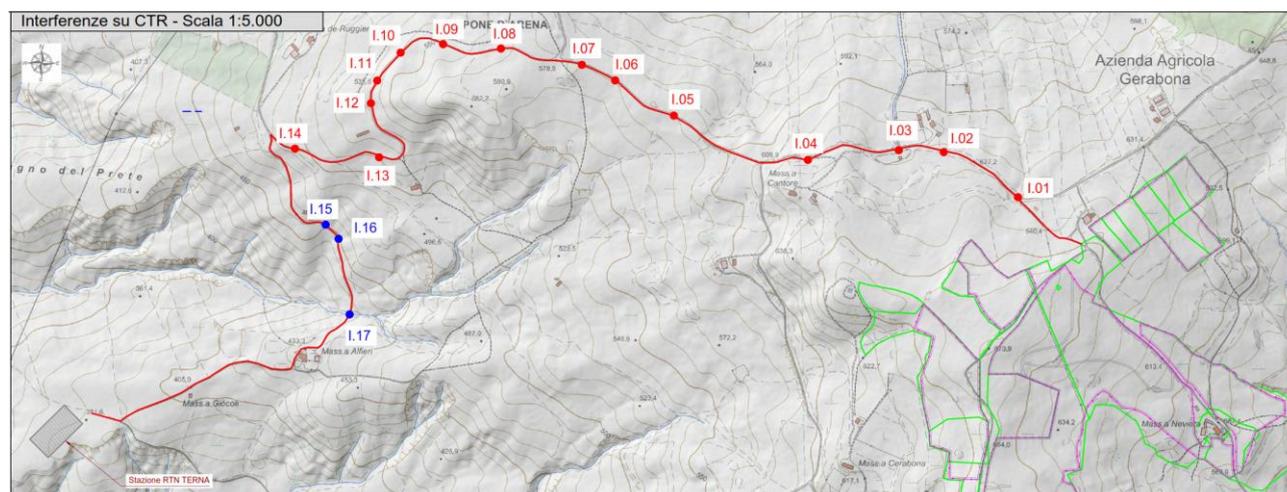


**Figura 6: opere di progetto adiacenti ad aree del Demanio Pubblico - Ramo Idrico evidenziate in giallo – interferenza A.**

Tale interferenza, individuata come “di adiacenza”, è individuata dalla lettera A.

Il cavidotto di interconnessione interferisce con aste idriche che non risultano vincolate ai sensi del Regio Decreto acque pubbliche come riportato di seguito tranne l’interferenza I.17.

In particolare, le interferenze sono denominate così come rilevate e censite nella tavola A.12.a.17.3 allegata al progetto e qui riportate con la sovrapposizione alle mappe catastali.

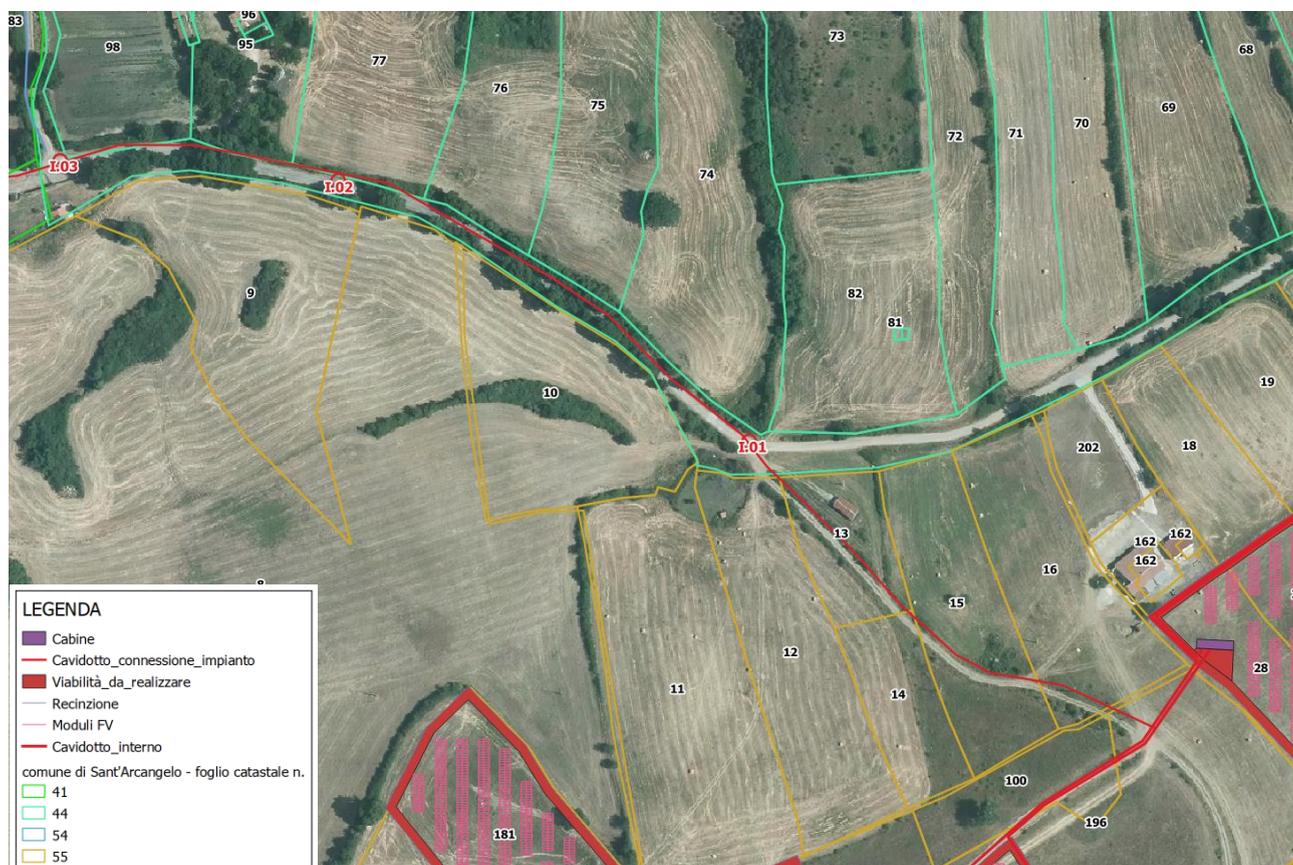


**Figura 7: censimento delle interferenze delle opere di progetto con i corpi idrici naturali**

	<b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWp</b> <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>GIUGNO 2021</b> <i>Pag. 13 di 46</i>
---	---	--

- Interferenza I.01: Il cavidotto interferisce con opere idrauliche/tombinature esistenti su particella classificata come “strada”. A monte vi è la particella n.12 foglio 55 mentre a valle vi è la particella n. 74 foglio 44.
  - Area: NON vincolata
  - Asta fluviale: priva di denominazione;
- Interferenza I.02: Il cavidotto interferisce con opere idrauliche/tombinature esistenti su particella classificata come “strada”. A monte vi è la particella n.9 foglio 55 mentre a valle vi è la particella n. 77 foglio 44.
  - Area: NON vincolata
  - Asta fluviale: priva di denominazione
- Interferenza I.03: Il cavidotto interferisce con opere idrauliche/tombinature esistenti su particella classificata come “strada”. A monte vi è la particella n.98 foglio 44 mentre a valle vi è la particella n. 8 foglio 55.
  - Area: NON vincolata
  - Asta fluviale: priva di denominazione

	<b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWP</b> <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCAANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>GIUGNO 2021</b> <b>Pag. 14 di 46</b>
---	--	--

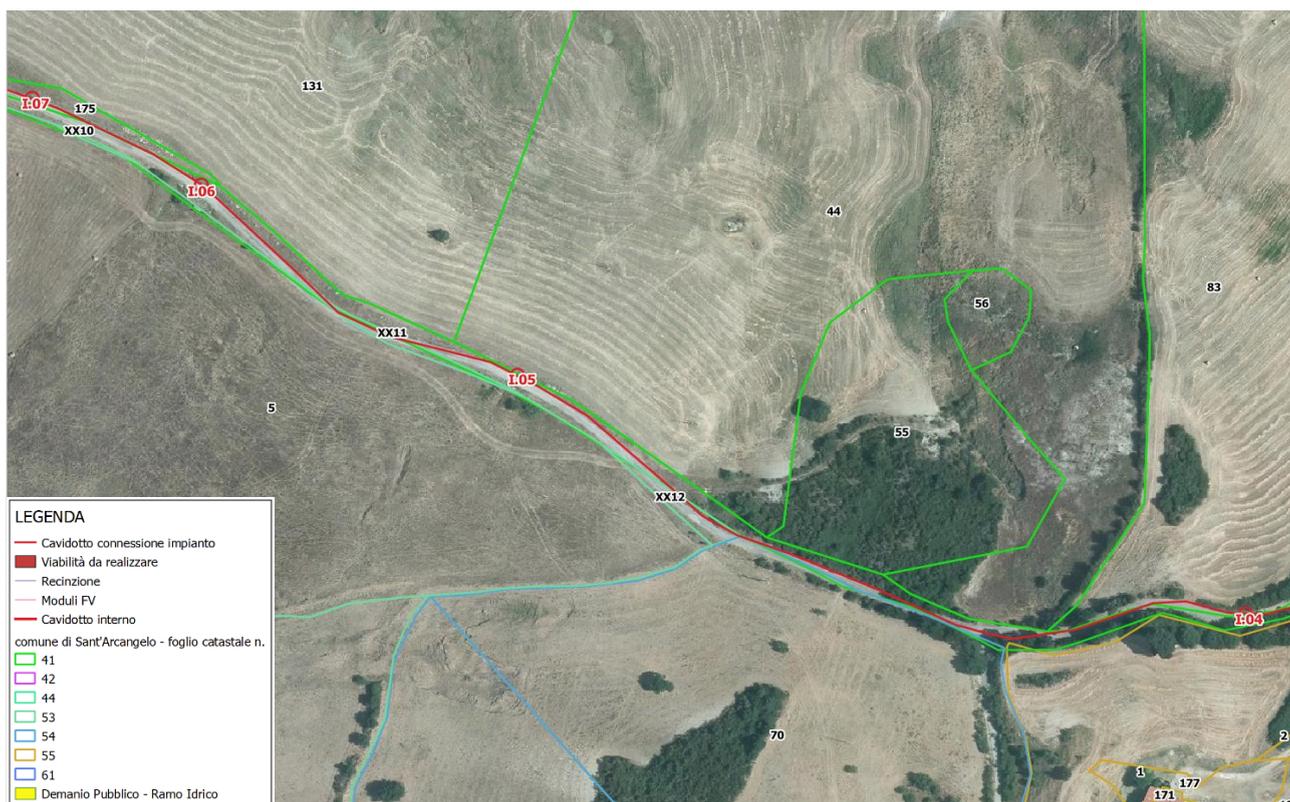


**Figura 8: Interferenze I.01, I.02 e I.03 su mappe catastali ed ortofoto**

- Interferenza I.04: Il cavidotto interferisce con opere idrauliche/tombinature esistenti su particella classificata come “strada”. A monte vi è la particella n.1 foglio 55 mentre a valle vi è la particella n. 83 foglio 41.
  - Area: NON vincolata
  - Asta fluviale: priva di denominazione;
- Interferenza I.05: Il cavidotto interferisce con opere idrauliche/tombinature esistenti su particella classificata come “strada”. A monte vi è la particella n.5 foglio 53 mentre a valle vi è la particella n. 44 foglio 41.
  - Area: NON vincolata
  - Asta fluviale: priva di denominazione

	<b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWp</b> <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>GIUGNO 2021</b> <i>Pag. 15 di 46</i>
---	---	--

- **Interferenza I.06:** Il cavidotto interferisce con opere idrauliche/tombinature esistenti su particella classificata come “strada”. A monte vi è la particella n.5 foglio 53 mentre a valle vi è la particella n. 131 foglio 41.
  - Area: NON vincolata
  - Asta fluviale: priva di denominazione
- **Interferenza I.07:** Il cavidotto interferisce con opere idrauliche/tombinature esistenti su particella classificata come “strada”. A monte vi è la particella n.5 foglio 53 mentre a valle vi è la particella n. 131 foglio 41.
  - Area: NON vincolata
  - Asta fluviale: priva di denominazione



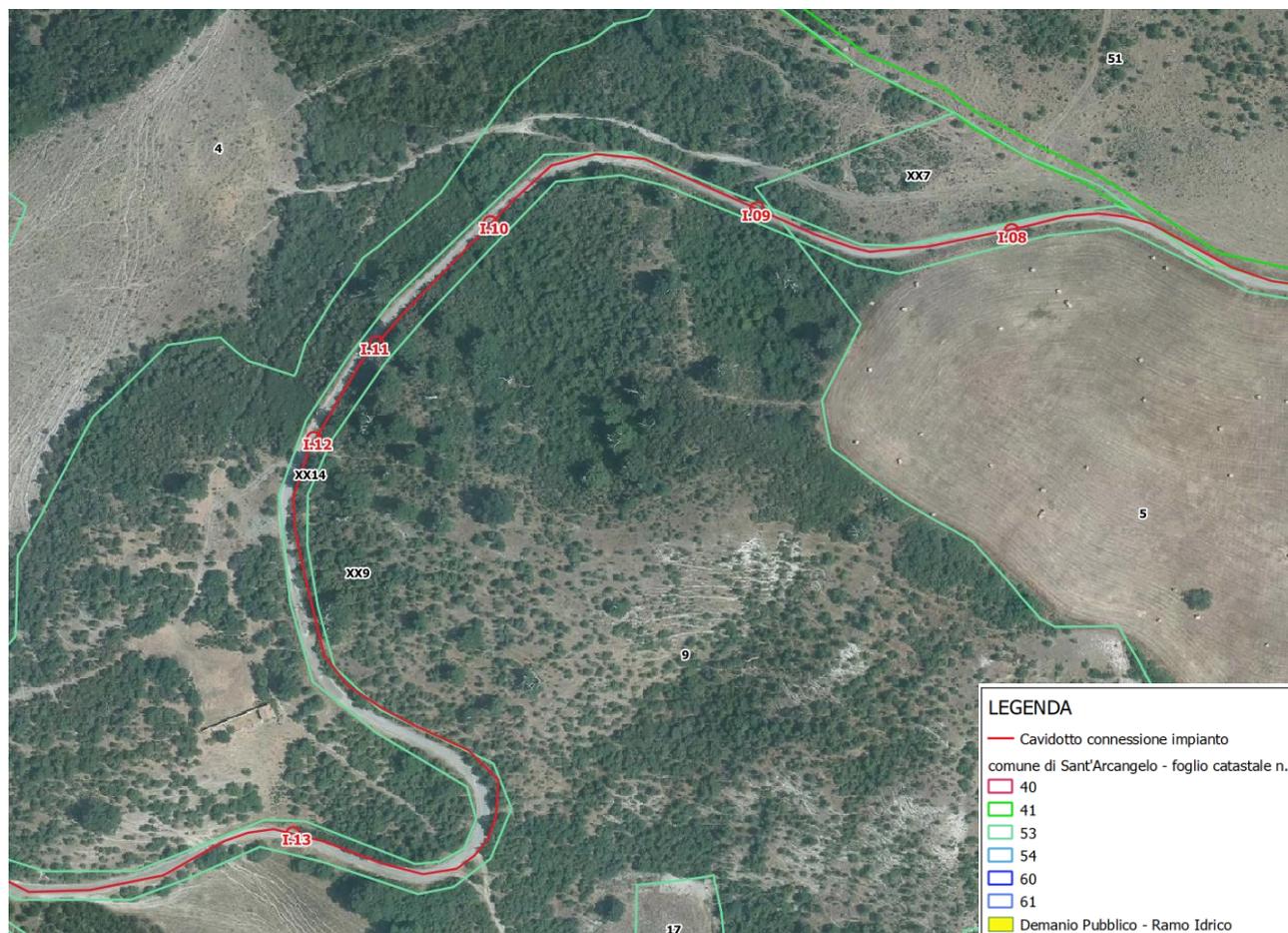
**Figura 9: Interferenze I.04, I.05, I.06 e I.07 su mappe catastali ed ortofoto**

- **Interferenza I.08:** Il cavidotto interferisce con l’asta fluviale su particella n.XX6 foglio n.53. A monte vi è la particella n.XX6 foglio 53 mentre a valle vi è la particella n. XX7 foglio 53.

	<b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWp</b> <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>GIUGNO 2021</b> <i>Pag. 16 di 46</i>
---	--	--

- Area: NON vincolata
- Asta fluviale: priva di denominazione;
- Interferenza I.09: Il cavidotto interferisce con opere idrauliche/tombinature esistenti su particella n.XX9 foglio n.53. A monte vi è la particella n.9 foglio 53 mentre a valle vi è la particella n. XX14 foglio 53.
  - Area: NON vincolata
  - Asta fluviale: priva di denominazione
- Interferenza I.010: Il cavidotto interferisce con opere idrauliche/tombinature esistenti su particella n.XX9 foglio n.53. A monte vi è la particella n.9 foglio 53 mentre a valle vi è la particella n. XX14 foglio 53.
  - Area: NON vincolata
  - Asta fluviale: priva di denominazione
- Interferenza I.011: Il cavidotto interferisce con opere idrauliche/tombinature esistenti su particella n.XX9 foglio n.53. A monte vi è la particella n.9 foglio 53 mentre a valle vi è la particella n. XX14 foglio 53.
  - Area: NON vincolata
  - Asta fluviale: priva di denominazione
- Interferenza I.012: Il cavidotto interferisce con opere idrauliche/tombinature esistenti su particella n.XX9 foglio n.53. A monte vi è la particella n.9 foglio 53 mentre a valle vi è la particella n. XX14 foglio 53.
  - Area: NON vincolata
  - Asta fluviale: priva di denominazione;
- Interferenza I.13: Il cavidotto interferisce con opere idrauliche/tombinature esistenti su particella n.XX9 foglio n.53. A valle vi è la particella n.9 foglio 53 mentre a monte vi è la particella n. XX14 foglio 53.
  - Area: NON vincolata
  - Asta fluviale: priva di denominazione

	<b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWP</b> <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCAANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>GIUGNO 2021</b> <b>Pag. 17 di 46</b>
---	--	--



**Figura 10: Interferenze I.08, I.09, I.10, I.11, I.12 e I.13 su mappe catastali ed ortofoto**

- Interferenza I.014: Il cavidotto interferisce con opere idrauliche/tombinature esistenti su particella denominata “strada”. A monte vi è la particella n.2 foglio 53 mentre a valle vi è la particella n. 27 foglio 53.
  - Area: NON vincolata
  - Asta fluviale: priva di denominazione
- Interferenza I.015: Il cavidotto interferisce con reticolo idrico superficiale minore su particella n.14 foglio n.53. A monte e a valle vi è la particella n.14 foglio 53.
  - Area: NON vincolata
  - Asta fluviale: priva di denominazione

	<b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWp</b> <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>GIUGNO 2021</b> <i>Pag. 18 di 46</i>
---	---	--

- Interferenza I.016: Il cavidotto interferisce con reticolo idrico superficiale minore su particella n.14 foglio n.53. A monte e a valle vi è la particella n.14 foglio 53.
  - Area: NON vincolata
  - Asta fluviale: priva di denominazione
- Interferenza I.17: Il cavidotto interferisce con opere idrauliche/tombinature esistenti su particella denominata “acque”.
  - Area: Demanio Pubblico
  - Asta fluviale: priva di denominazione



LEGENDA	
<span style="color: red;">—</span>	Cavidotto connessione impianto
comune di Sant'Arcangelo - foglio catastrale n.	
<span style="border: 1px solid red; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	40
<span style="border: 1px solid green; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	41
<span style="border: 1px solid cyan; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	53
<span style="border: 1px solid blue; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	54
<span style="border: 1px solid darkblue; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	60
<span style="border: 1px solid lightblue; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	61
<span style="background-color: yellow; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	Demanio Pubblico - Ramo Idrico

I corsi d'acqua oggetto di verifica, che non hanno una propria nomenclatura, quali “interferenza di adiacenza” A ed interferenza I.17, verranno indicati di seguito con il nome “River” accompagnato dalla lettera dell'attraversamento di pertinenza.

Si individua, pertanto, l'asta fluviale River 1 per l'interferenza A e River 2 per l'interferenza 2, alias I.17 ed i River 3 e 4 per le interferenze 3 e 4, alias I.15 ed I.16.

Tali interferenze sottendono altrettanti bacini idrici denominati come Bacino 1, Bacino 2, Bacino 3 e 4, che hanno come sezione di chiusura la sezione dell'interferenza per quanto attiene le interferenze A, I.17, I.16 ed I.15.

Inoltre, l'interferenza A è stata oggetto di verifica al fine di individuare le aree interessate dai deflussi di piena relativi a periodi di ritorno di 30 e 200 anni.

	<b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWp</b> <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>GIUGNO 2021</b> <i>Pag. 19 di 46</i>
---	---	--

Mentre le interferenze I.15 e I.16, allo stato di fatto risultano prive di opere di tombinatura e, pertanto, a valle della verifica idraulica sono state calcolate le sezioni idonee di attraversamento e risoluzione dell'interferenza.

Mentre l'interferenza I.17 che nello stato di fatto risulta in pessimo stato e non è idraulicamente verificata è stata risolta con il progetto di un'adeguata sezione mediante il progetto di un manufatto di attraversamento idoneo.

	<b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWP</b> <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>GIUGNO 2021</b> <i>Pag. 20 di 46</i>
---	---	--

## 5 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.

Mediante i software Qgis 3.10.2 e Grass 7.4.4 sono state condotte le analisi morfologiche e morfometriche dei bacini individuati in base alle sezioni di chiusura fissate dagli attraversamenti esistenti e di progetto.

### 5.1 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 disponibili sul portale cartografico della Regione Puglia.

Il modello digitale di elevazione (anche noto come DEM, dall'inglese Digital Elevation Model) utilizzato rappresenta la distribuzione delle quote del territorio in formato digitale. Il modello digitale di elevazione utilizzato è in formato raster associando a ciascun pixel l'attributo relativo alla quota assoluta.

### 5.2 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.

### 5.3 Flow Accumulation

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

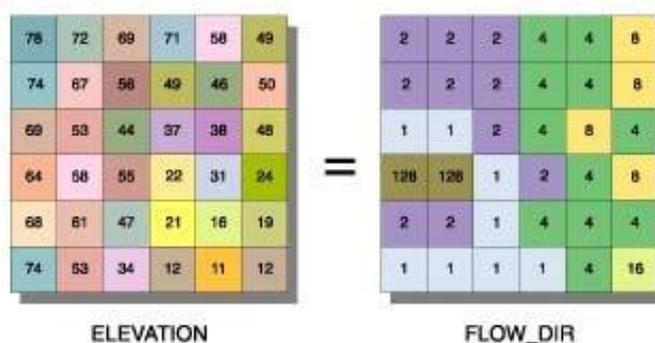
Questa griglia contiene in ogni cella il valore codificato della direzione di massima pendenza tra la cella stessa e le celle circostanti.

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

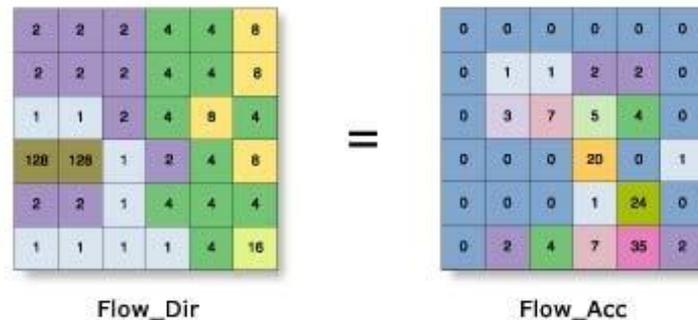
Di seguito è riportato un esempio di una rappresentazione del passaggio dal DEM ad una griglia costituita dalle direzioni preferenziali dei flussi.

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:

	<b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWP</b> <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>GIUGNO 2021</b> <b>Pag. 22 di 46</b>
---	--	--



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.

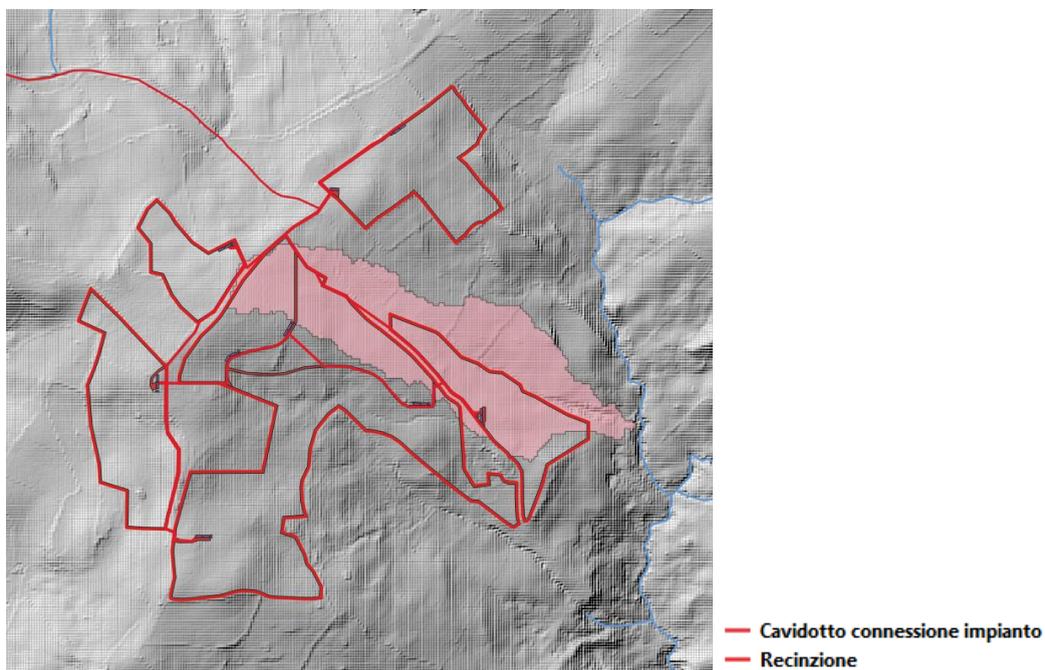
#### 5.4 Perimetrazione dei bacini idrografici.

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

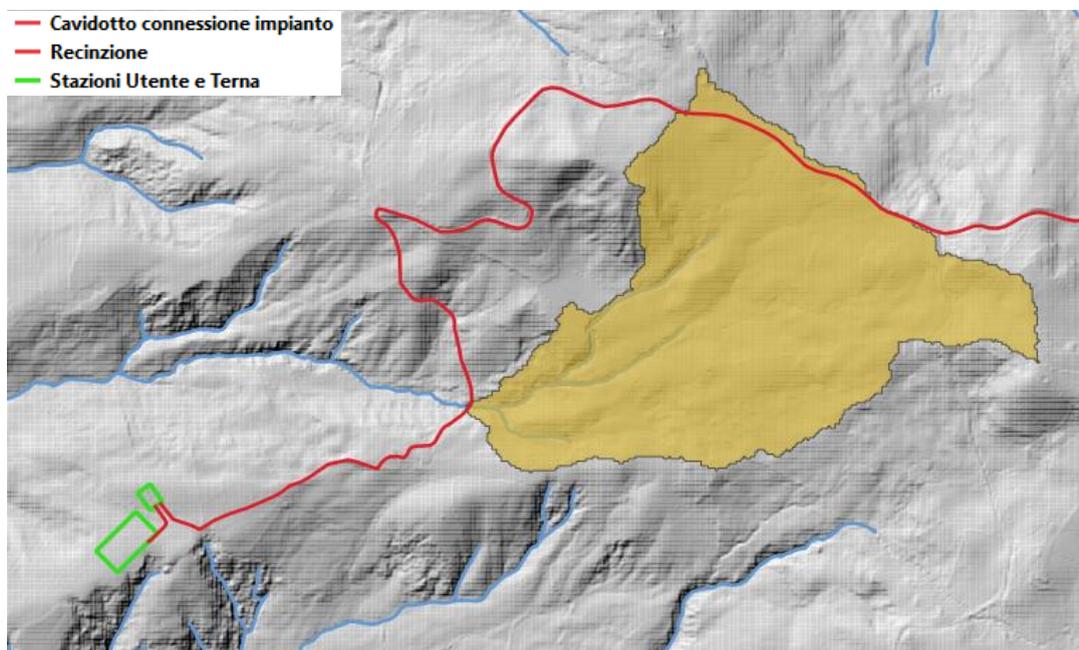
La sezione di chiusura è rappresentata dal punto più depresso della linea di drenaggio naturale.

Grazie ai processi di analisi precedentemente esposti è stato possibile individuare i bacini idrografici gravante l'area di studio, le cui caratteristiche morfometriche sono riportate nelle tabelle riportate nei paragrafi successivi.

	<p style="text-align: center;"><b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWP</b>  <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b>  <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b>  <b>STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>  <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b></p>	<p>DATA:  GIUGNO 2021  Pag. 23 di 46</p>
---	---	--

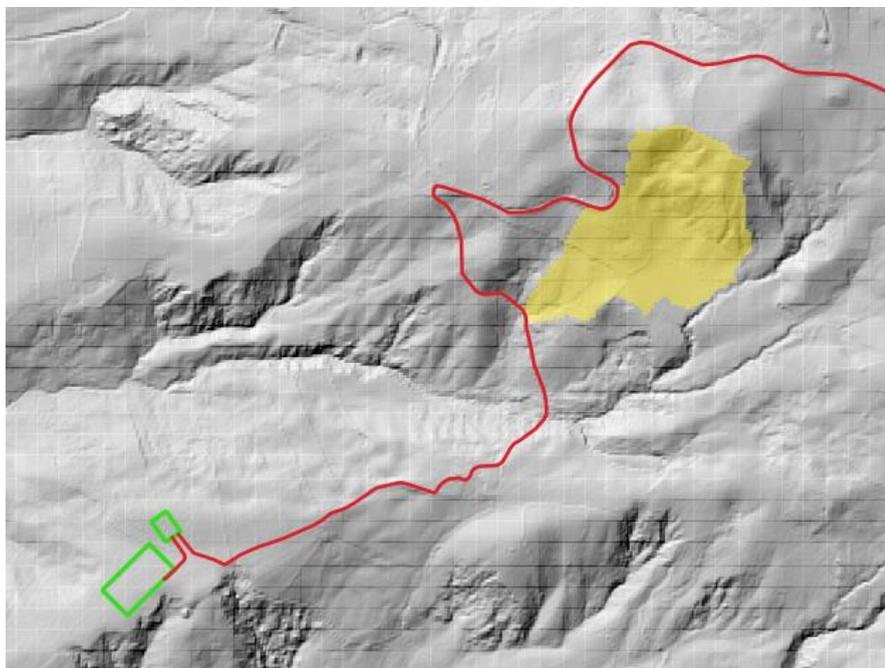


**Figura 11: Bacino idrografico 1**



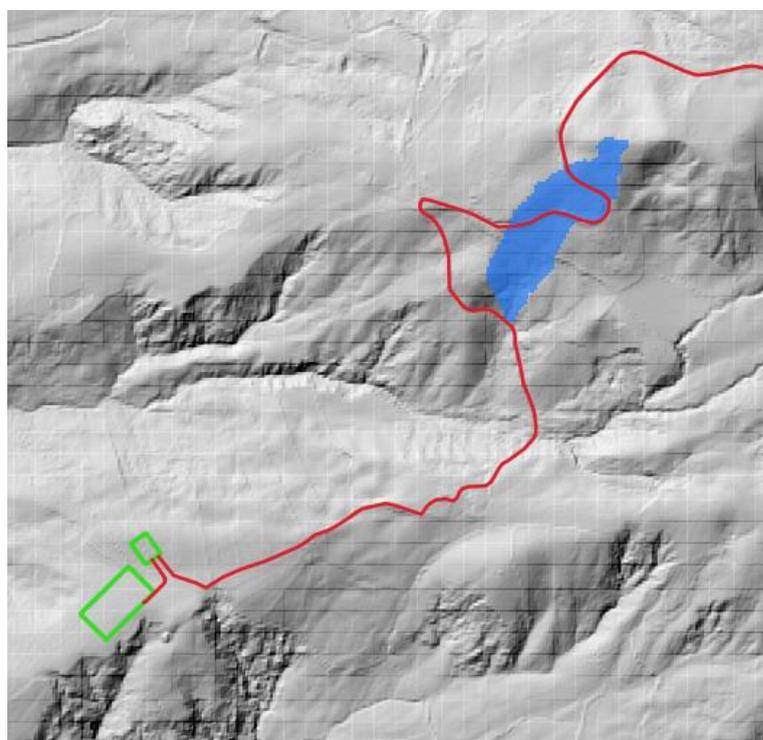
**Figura 12: Bacino idrografico 2**

	<p style="text-align: center;"><b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWP</b>  <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b>  <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b>  <b>STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>  <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b></p>	<p>DATA:  GIUGNO 2021  Pag. 24 di 46</p>
---	---	--



— Stazioni Utente e Terna  
— Cavidotto connessione impianto

**Figura 13: Bacino idrografico 3**



— Stazioni Utente e Terna  
— Cavidotto connessione impianto

**Figura 14: Bacino idrografico 4**

	<p style="text-align: center;"><b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWp</b> <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b></p>	<p>DATA: GIUGNO 2021 <i>Pag. 25 di 46</i></p>
---	--	---

Le mappe grafiche con la delimitazione dei bacini e le informazioni circa la morfologia, l'altimetria e l'uso del suolo sono riportate negli elaborati grafici a corredo dello studio idrologico ed idraulico nell'Appendice A.

	<b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWP</b> <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>GIUGNO 2021</b> <i>Pag. 26 di 46</i>
---	---	--

## 6 ANALISI IDROLOGICA

### 6.1 Curve di Possibilità Pluviometrica

Lo scopo dell'analisi idrologica è stata la valutazione delle portate di piena per prefissati tempi di ritorno (30 e 200 anni).

La valutazione della massima precipitazione al variare del tempo di ritorno è stata svolta, rifacendosi alla metodologia proposta dal Gruppo Nazionale Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche nell'ambito degli studi per la "Analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni in Basilicata".

Il modello statistico utilizzato fa riferimento alla distribuzione TCEV (Rossi et al., 1984) con regionalizzazione di tipo gerarchico (Fiorentino et al., 1987).

Per l'individuazione delle regioni omogenee di primo e secondo livello si è fatto ricorso a generazioni sintetiche Montecarlo in grado di riprodurre la struttura correlativa delle serie osservate (Gabriele e Liritano, 1994).

L'utilizzo della TCEV ha consentito di ricostruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, mediante il quale è possibile individuare regioni in cui risulta costante il coefficiente di asimmetria (primo livello di regionalizzazione), e sotto-regioni in cui risulta costante anche il coefficiente di variazione (secondo livello di regionalizzazione).

La curva di distribuzione di probabilità corrisponde alla curva di crescita, che ha caratteristiche regionali in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i parametri della TCEV legati al coefficiente di asimmetria e al coefficiente di variazione.

Pertanto, fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata, all'interno della zona pluviometrica omogenea, previamente identificata, al secondo livello di regionalizzazione, è possibile esprimere la relazione tra il tempo di ritorno  $T$  ed il fattore di crescita  $K_T$ , ritenendo trascurabile la sua variabilità con la durata.

Dove il fattore  $K_T$  è espresso mediante la

$$K_T = \frac{P_{d,T}}{X_T}$$

	<b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWP</b> <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>GIUGNO 2021</b> <i>Pag. 27 di 46</i>
---	---	--

Con il terzo livello di regionalizzazione viene analizzata la variabilità spaziale del parametro di posizione delle serie storiche in relazione a fattori locali; in particolare si ricercano eventuali legami esistenti tra i valori medi dei massimi annuali delle piogge di diversa durata ed i parametri geografici significativi (ad esempio la quota sul livello del mare) delle diverse località, consentendo in definitiva di proporre la stima dei valori medi dei massimi annuali di precipitazione anche in siti sprovvisti di stazioni di misura o con serie storica di lunghezza ridotta.

Nell'analisi delle piogge orarie, in analogia ai risultati classici della statistica idrologica, per ogni sito è possibile legare il valore medio  $m[h(d)]$  dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata  $t$  alle durate stesse, attraverso la relazione:

$$m[h(d)] = a d^n$$

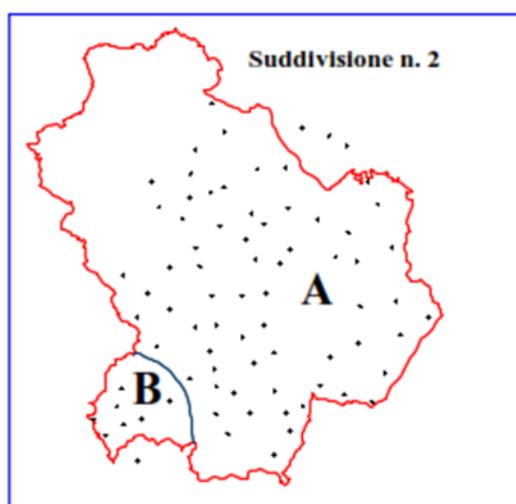
essendo "a" ed "n" i parametri caratteristici della curva di probabilità pluviometrica.

In definitiva il territorio di competenza della regione Basilicata è stato suddiviso in 2 aree pluviometriche omogenee, per ognuna delle quali è possibile calcolare la Curva di Possibilità Pluviometrica sulla base delle seguenti equazioni:

$$(SZO A) K_T = -0.7628 + 0.6852 \ln T$$

$$(SZO B) K_T = -0.4032 + 0.5455 \ln T$$

dove  $t$  = durata della precipitazione e  $z$  = altezza media del bacino considerato.



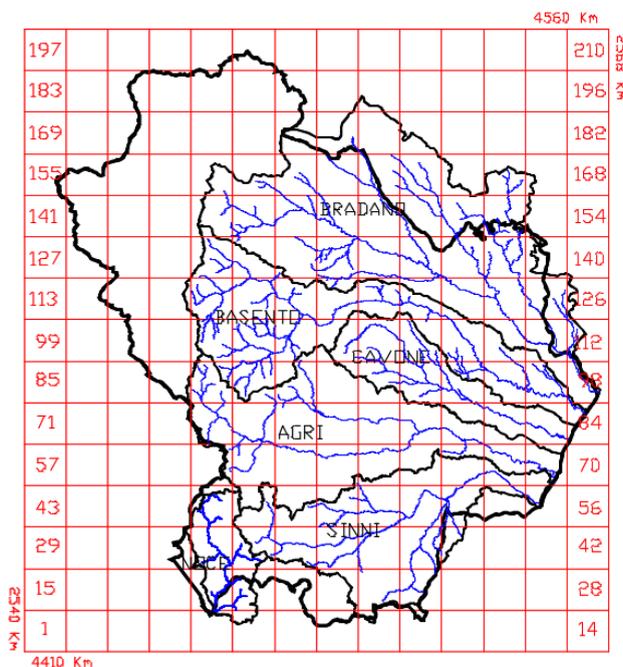
**Figura 15: Aree pluviometriche omogenee VAPI Regione Basilicata**

	<b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWP</b> <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCAANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>GIUGNO 2021</b> <i>Pag. 28 di 46</i>
---	--	--

Noto il valore di  $m[h(d)]$  è possibile ricavare il valore della pioggia massima per prefissato tempo di ritorno a partire dalla conoscenza del fattore probabilistico di crescita  $K_T$ .  
 Per la valutazione del fattore di crescita si è utilizzata la seguente relazione:

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

Inoltre, a e b sono due parametri che variano in funzione della zona considerata e per la Basilicata, in riferimento ai parametri statistici, relativi alla legge del fattore di crescita, si fa riferimento alla seguente schematizzazione



Cella di riferimento	a	b
66	20.50	0.33

**Tabella 1: parametri a e b per area pluviometrica omogenea 6.**

L'applicazione della metodologia VAPI all'area oggetto di studio, determinati tutti i parametri necessari, ha portato alla determinazione delle curve di probabilità pluviometrica.

Ai fini della determinazione delle Curve di Possibilità Climatica, attraverso lo studio statistico del DEM, si determinano la quota media sul livello del mare del bacino.

	<b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWP</b> <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>GIUGNO 2021</b> <i>Pag. 29 di 46</i>
---	---	--

I valori assunti dal fattore di crescita calcolati per i tempi di ritorno 30 e 200 anni e per tutti i bacini sono riportati nella tabella sottostante.

<b>TEMPO DI RITORNO</b>	<b>KT</b>
30 anni	2,13
200 anni	3,28

**Tabella 2: Valore del fattore di crescita KT**

Si riportano nel seguito la rappresentazione grafica della curva di possibilità pluviometrica e le loro equazioni in funzione del tempo di pioggia.



**PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWP**  
**DENOMINATO " EG CELESTE"**  
**DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA**  
**STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA**  
**RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA**

DATA:  
GIUGNO 2021  
Pag. 30 di 46

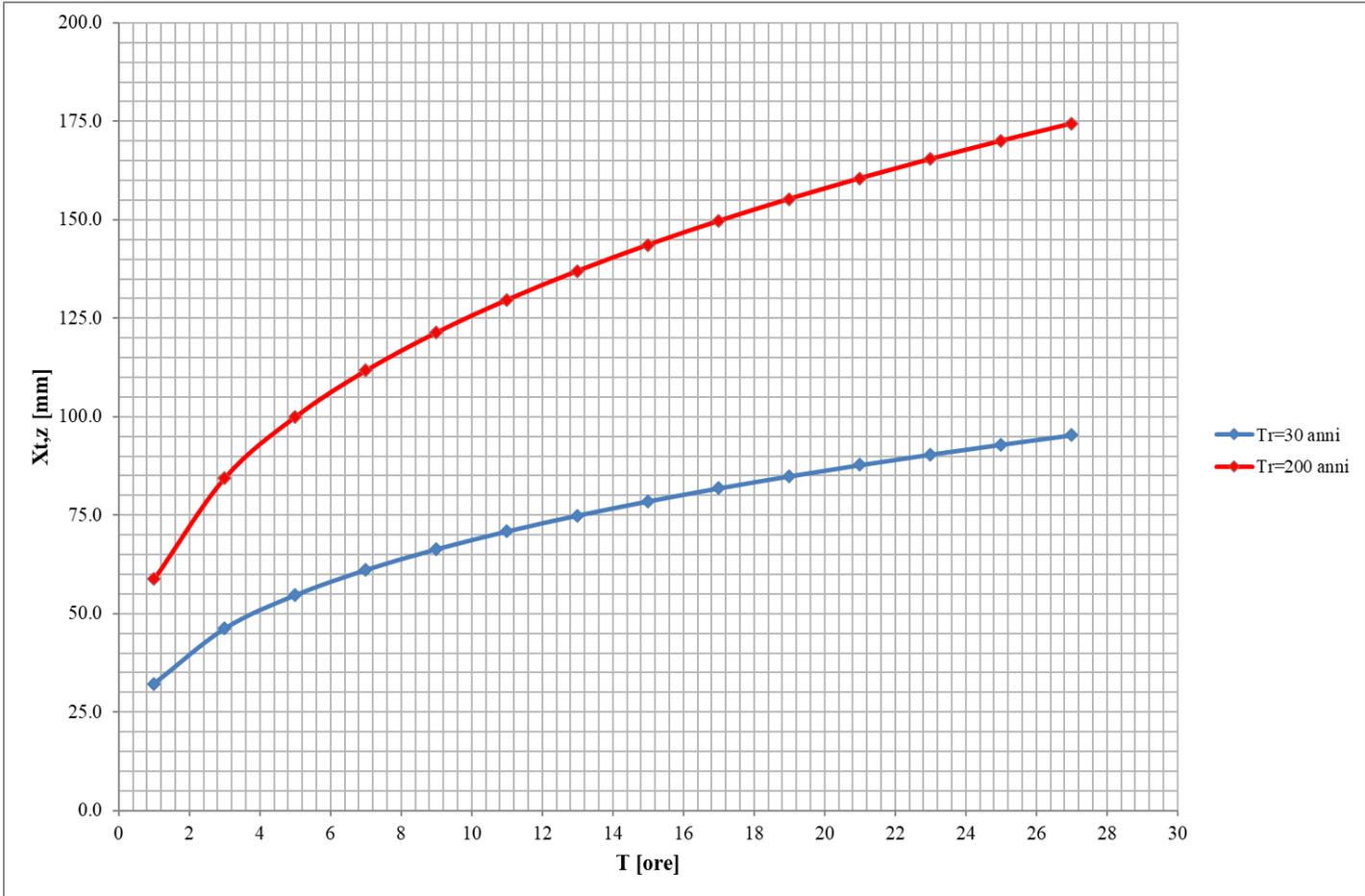


Figura 16: Curva di possibilità pluviometrica

Dott. Ing. Carmen Martone– Via del Popolo, 6 - 85100 Potenza  
Tel 0971 35586 – cell. 3276697708 - info@martoneingegneri.it

	<b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWP</b> <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>GIUGNO 2021</b> <b>Pag. 31 di 46</b>
---	---	--

## 6.2 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>1</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>1</sup> SOIL CONSERVATION SERVICE, (1972) *National Engineering Handbook*, section 4, Hydrology, U.S. Department of Agriculture, Washington D.C., U.S.A.

	<b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWP</b> <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> GIUGNO 2021 Pag. 32 di 46
---	---	--

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

$$I_a = 0.2 S$$

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

$$P_n = V + W$$

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

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

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

La valutazione di  $S$  viene condotta mediante la seguente relazione:

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

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

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

**Tabella 3: Attribuzione della classe AMC**

	<b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWP</b> <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> GIUGNO 2021 <i>Pag. 33 di 46</i>
---	--	---

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

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

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

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

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

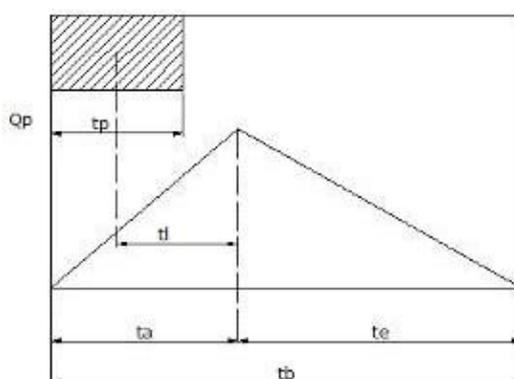
	<b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWP</b> <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> GIUGNO 2021 <i>Pag. 34 di 46</i>
---	---	---

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 buone condizioni	68	79	86	89
	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
	68	79	86	89
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 5: Valori di “Curve Number (CN)” in funzione delle diverse tipologie di uso del suolo: *Handbook of Hydrology D.R. Maidment, 1992***

L'individuazione, delle aree omogenee per destinazione d'uso e condizione idrica è stata svolta in ambiente GIS, intersecando gli shapefile di uso del suolo e permeabilità dell'area oggetto di studio. I risultati grafici e numerici sono riportati in Appendice A– Bacini Idrografici: Dati morfometrici ed idrogrammi di piena.

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



**Figura 17: 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:

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

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.

	<b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWP</b> <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>GIUGNO 2021</b> <i>Pag. 36 di 46</i>
---	---	--

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 grafici e numerici sono contenuti Appendice A – Bacini Idrografici: Dati morfometrici ed idrogrammi di piena.

In particolare si ha

Bacino 1

- $Q_{30} = 0.91 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{200} = 2.78 \text{ m}^3/\text{s}$

Bacino 2

- $Q_{30} = 2.43 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{200} = 7.90 \text{ m}^3/\text{s}$

Bacino 3

- $Q_{30} = 0.77 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{200} = 2.45 \text{ m}^3/\text{s}$

Bacino 4

- $Q_{30} = 0.39 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{200} = 1.33 \text{ m}^3/\text{s}$

	<b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWP</b> <b>DENOMINATO " EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>GIUGNO 2021</b> <i>Pag. 37 di 46</i>
---	---	--

## 7 ANALISI IDRAULICA

L'analisi idraulica è stata realizzata considerando la situazione attuale e quella di progetto. In entrambi i casi si è utilizzato un modello di simulazione monodimensionale in moto permanente.

### 7.1 Simulazione idraulica stato di fatto e di progetto.

L'analisi dello stato di fatto e quello di progetto sono state realizzate con un modello monodimensionale.

Con il software di simulazione idraulica HEC-RAS 6.0 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 e 200 anni calcolate come specificato nella relazione specialistica dedicata all'analisi idrologica.

Le sezioni trasversali, ove possibile, 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 condotto in situ.

Lo schema geometrico del modello idraulico è riportato nelle figure seguenti.

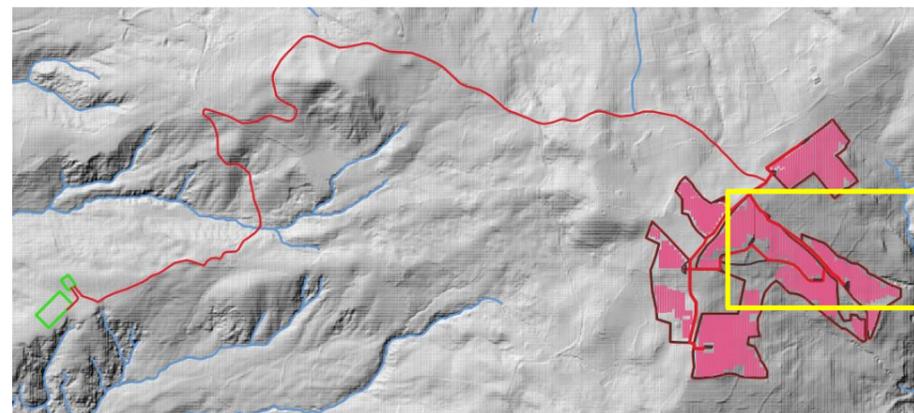
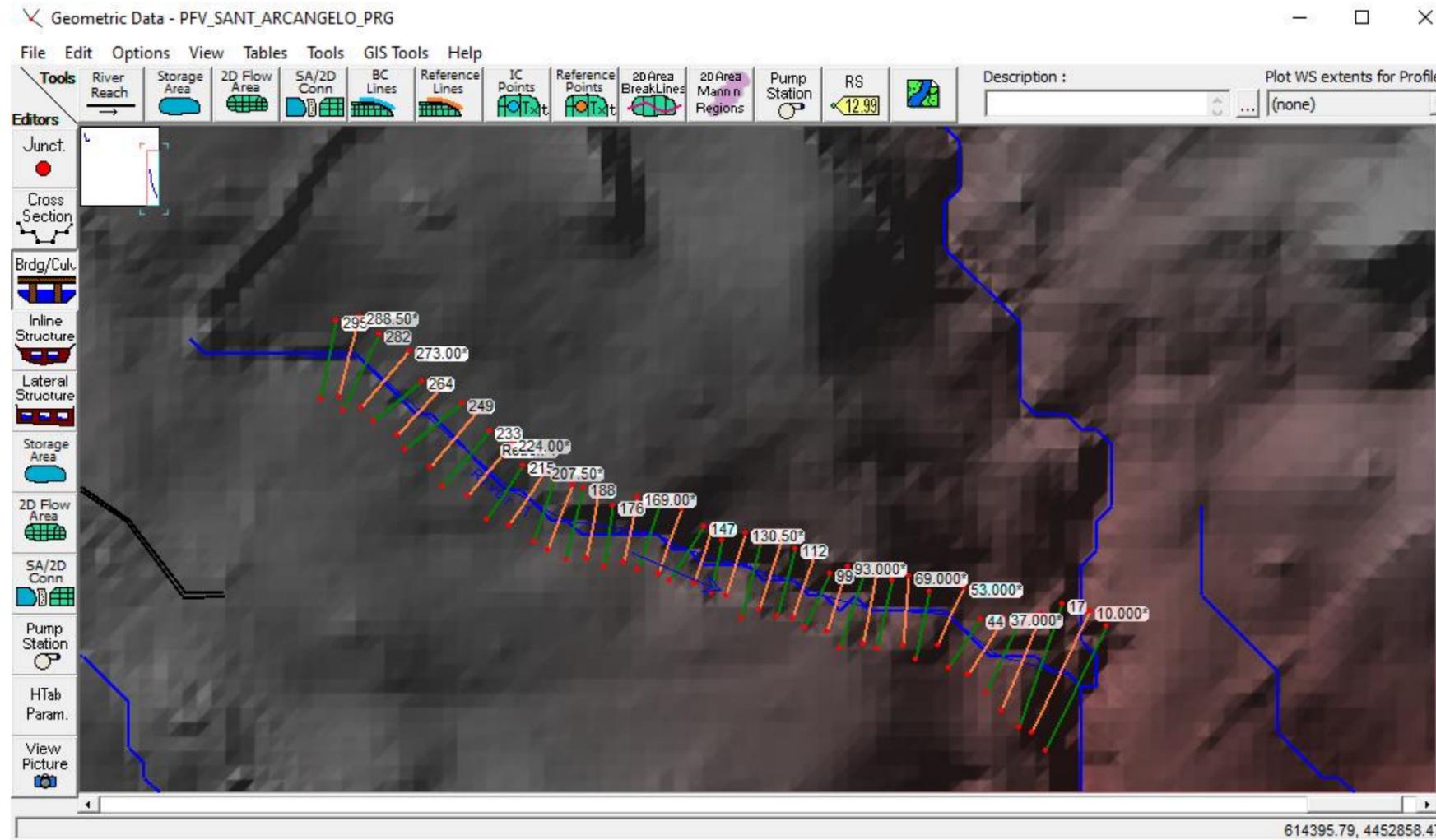


Figura 18. Schema geometrico utilizzato nella modellazione idraulica 1D terrain – river 1.  
 Dott. Ing. Carmen Martone– Via Vincenzo Verrastro, 15/A - 85100 Potenza  
 Tel 0971 1790116 – cell. 3276697708 - martone@egmproject.it

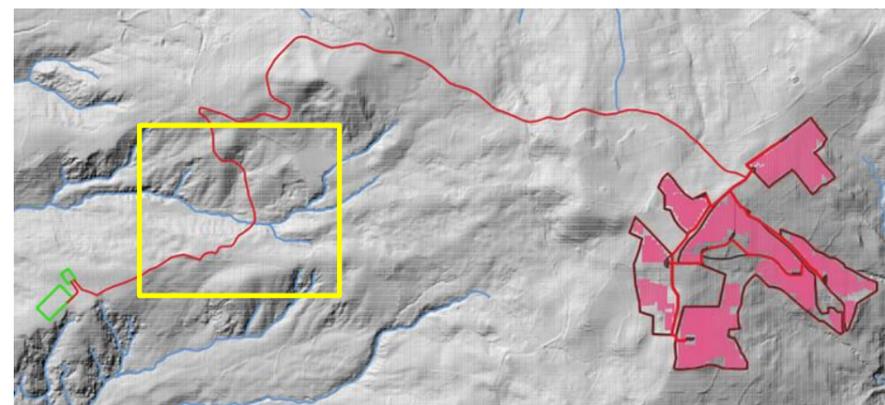
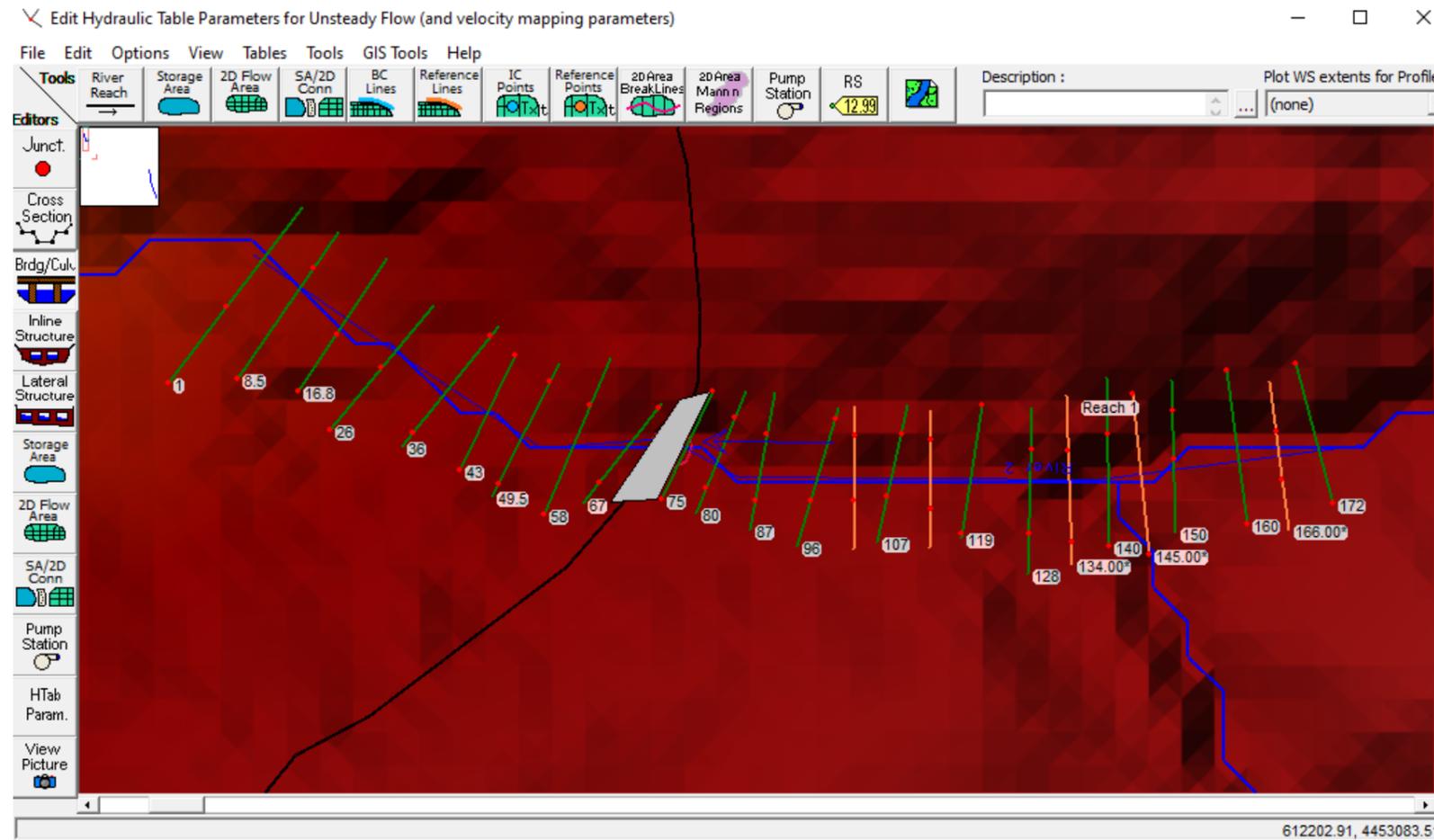


Figura 19. Schema geometrico utilizzato nella modellazione idraulica 1D terrain – river 2

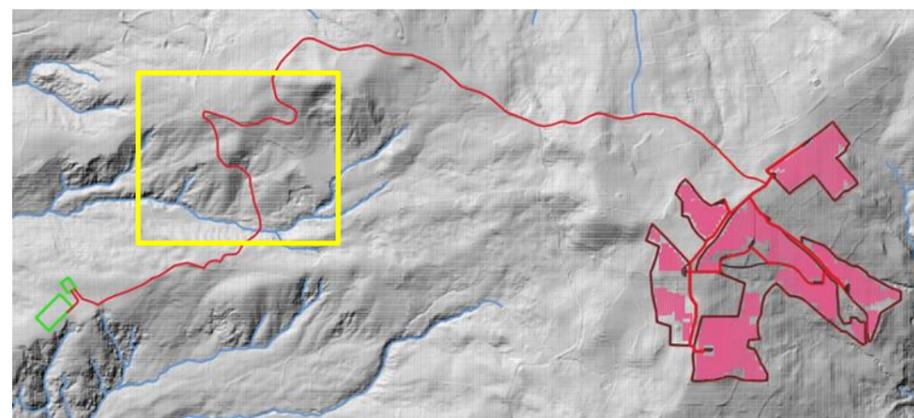
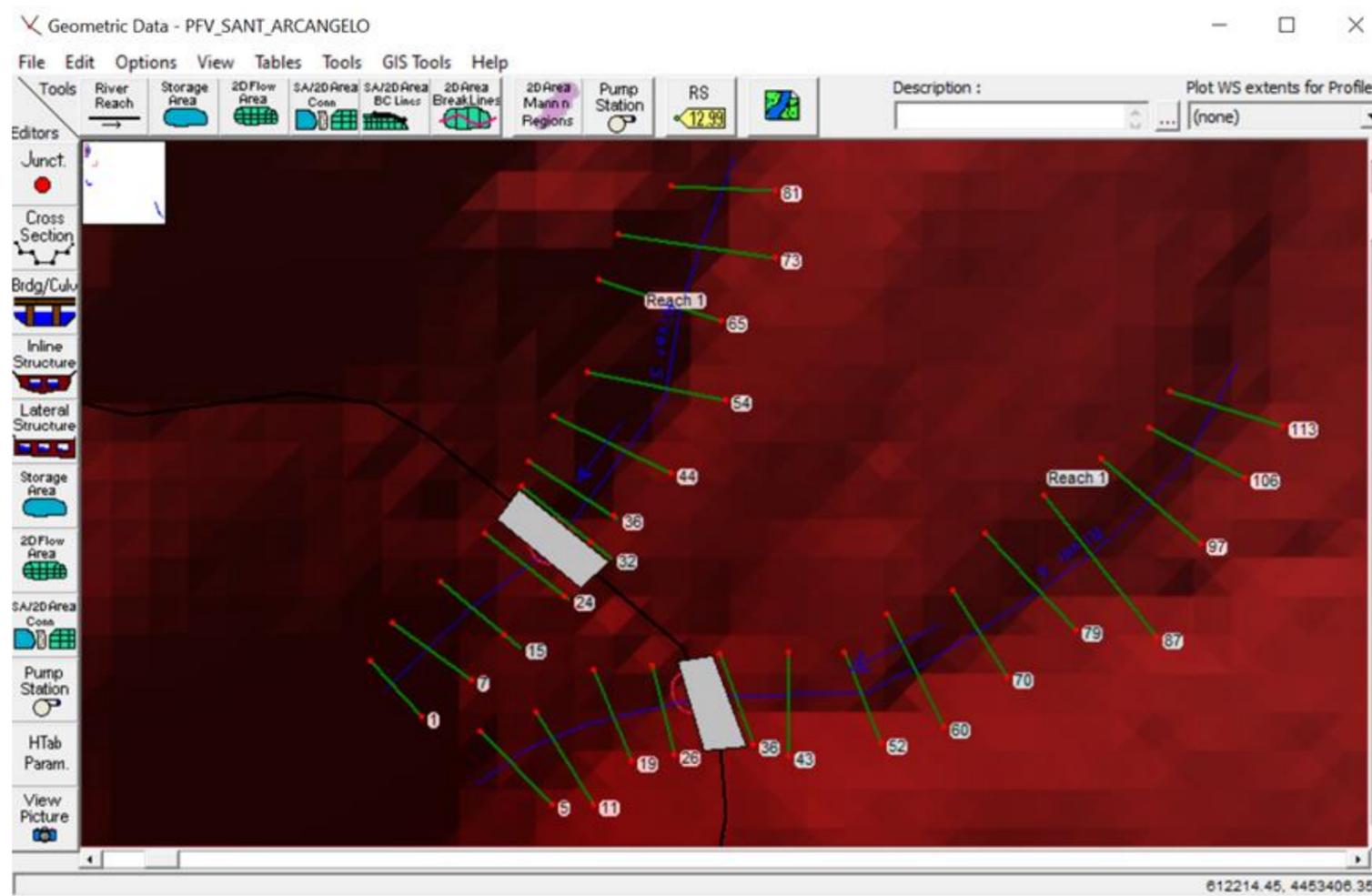


Figura 20. Schema geometrico utilizzato nella modellazione idraulica 1D terrain – river 3 e 4

	<b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWp</b> <b>DENOMINATO "EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>GIUGNO 2021</b> <i>Pag. 41 di 46</i>
---	--	--

Per quel che riguarda la scabrezza si è fatto riferimento ad un coefficiente di Manning pari a  $0.033 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$  e per le condizioni al contorno, viste le pendenze medie dei tronchi in oggetto, si è imposta l'altezza di stato critico in una sezione sufficientemente a valle ed a monte per evitare che tale scelta condizioni il profilo di corrente nell'area di interesse.

tipo di superficie	Minimo	Normale	Massimo
<b>ALVEI DI PIANURA</b>			
non vegetati, rettilinei, corrente regolare	0.025	0.030	0.033
come sopra ma con pietre e alghe	0.030	0.035	0.040
non vegetati, tortuosi con molienti e rapide	0.033	0.040	0.045
come sopra ma con pietre e alghe	0.035	0.045	0.050
come sopra, in magra	0.040	0.048	0.055
non vegetati, tortuosi, pietre, molienti e rapide	0.045	0.050	0.060
molto irregolari e alghe molto fitte	0.075	0.100	0.150
<b>ALVEI DI MONTAGNA (SPONDE CON ALBERI E CESPUGLI)</b>			
sul fondo: ghiaia, ciotoli e massi radi	0.030	0.040	0.050
sul fondo: ciotoli e grandi massi	0.040	0.050	0.070
<b>GOLENE E PIANE INONDABILI</b>			
prato senza cespugli, erba bassa	0.025	0.030	0.035
prato senza cespugli, erba alta	0.030	0.035	0.050
campi incolti	0.020	0.030	0.040
coltivazioni a filari	0.025	0.035	0.045
colture di cereali in pieno sviluppo	0.030	0.040	0.050
aree con cespugli sparsi e erba alta	0.035	0.050	0.070
aree con cespugli bassi e alberi, in inverno	0.035	0.050	0.060
aree con cespugli bassi e alberi, in estate	0.040	0.060	0.080
cespugli fitti, in inverno	0.045	0.070	0.110
cespugli fitti, in estate	0.070	0.100	0.160

**Tabella 6: coefficienti di scabrezza di Manning da CHOW V. T. 1959, Open Channel Hydraulics**

Mentre i valori di scabrezza relativi agli attraversamenti tombinati sono stati valutati per ogni caso analizzato, in funzione del materiale con cui sono, o saranno, realizzati.

I risultati delle computazioni idrauliche sono proposti nell'Appendice B e sono riassunti attraverso tabelle riepilogative (cross-section table e profile table) e grafici delle sezioni geometriche (plot cross-section) e del profilo longitudinale (plot profile).

I livelli idrici nelle sezioni trasversali sono riportati negli allegati tabellari alla relazione così come i profili e le sezioni.

	<b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWp</b> <b>DENOMINATO "EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>GIUGNO 2021</b> <i>Pag. 42 di 46</i>
---	--	--

## 7.2 Analisi dei risultati.

I risultati ottenuti verranno esplicitati diffusamente nei paragrafi seguenti per ogni attraversamento.

Tuttavia, in maniera sintetica, dai risultati ottenuti si evidenzia che per lo **stato di fatto**:

- ✓ la corrente risulta essenzialmente prossima allo stato critico per tutti i corsi d'acqua considerati e per tutte le portate di piena di riferimento;
- ✓ La corrente idrica non interessa le aree occupate dai pannelli fotovoltaici rimanendo confinata nell'incisione naturale esistente.

I risultati delle simulazioni dello **stato di progetto**, relativo all'attraversamento da realizzarsi ex novo mostrano che la situazione di progetto è tale da:

- le sezioni trasversali di progetto sono adeguate a contenere le portate di piena considerate;
- le sezioni di progetto risultano tutte in efflusso libero in quanto, rispetto al livello idrico della piena con T= 200 anni, il grado di riempimento è sempre inferiore al 70%.

Tutte le sezioni ed i relativi dati sono riportati dettagliatamente nell'Appendice B.

## 8 CONCLUSIONI.

Nello studio su esposto e negli elaborati allegati, Appendice A, Appendice B e Carta della Pericolosità si è proceduto alla verifica di dettaglio dello stato di fatto e dello stato di progetto valutando per ogni asta fluviale le aree di pericolosità definite come elevata e media.

In particolare per quanto riguarda gli attraversamenti, in sintesi, si precisa:

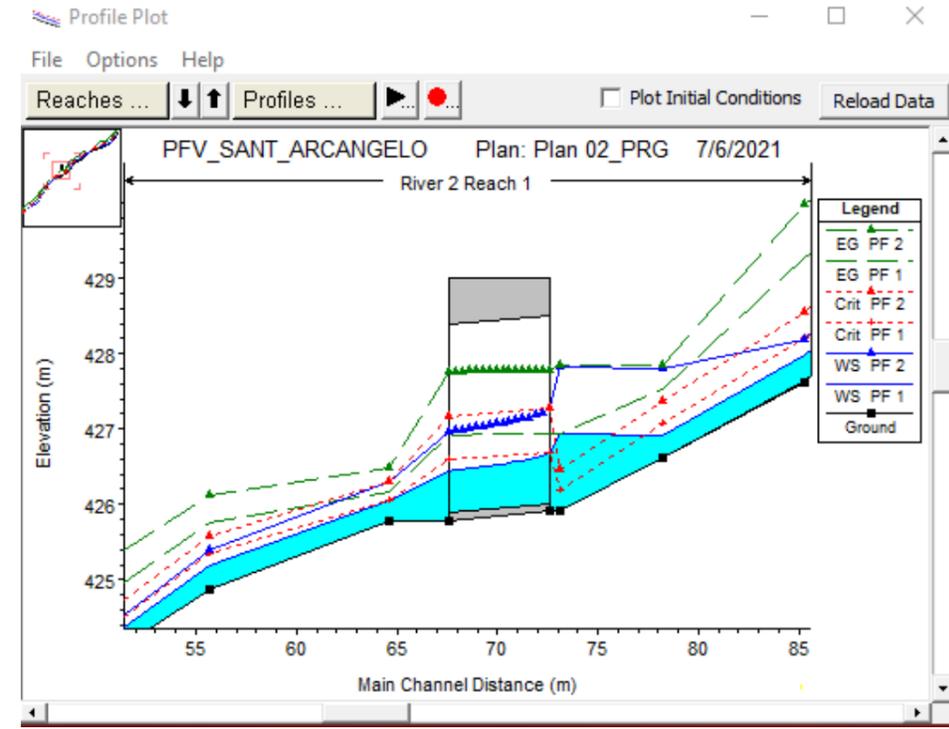
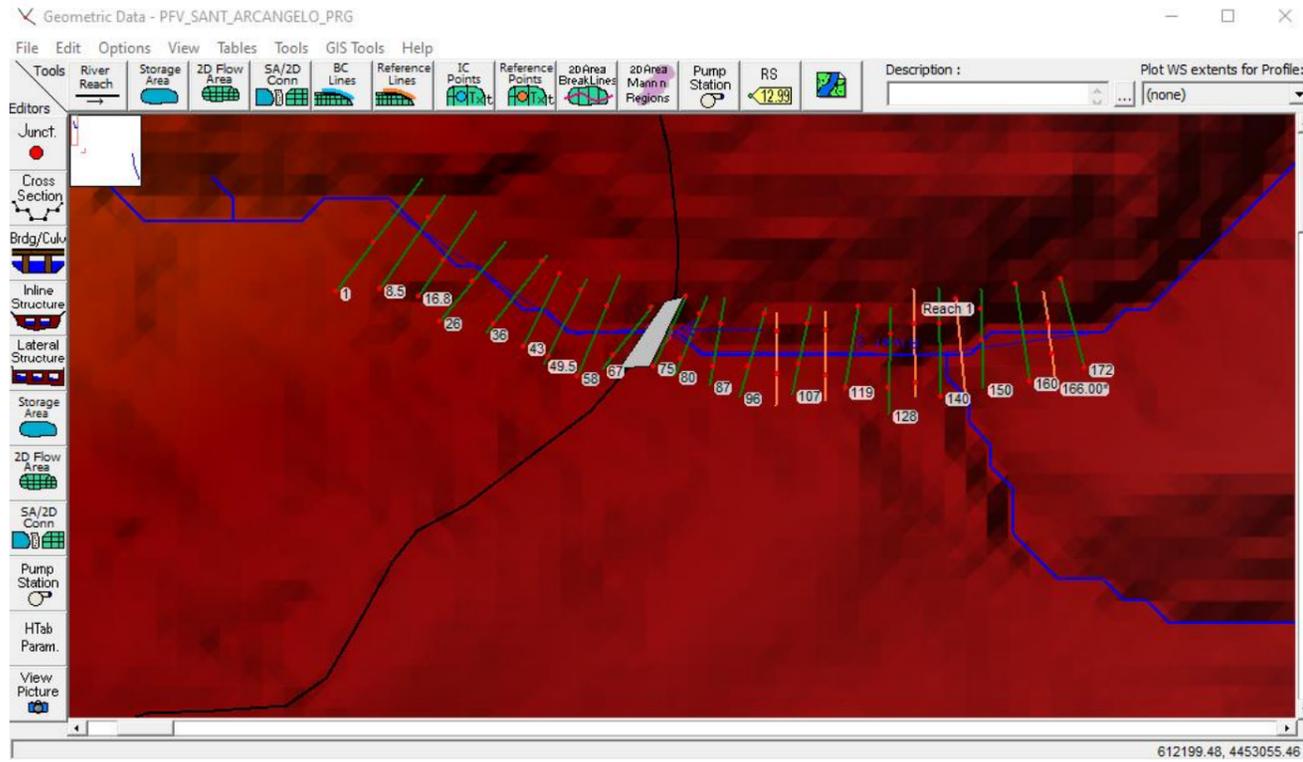
- **attraversamento 2:** tale attraversamento riguarda l'interferenza censita come I.17 allo stato di fatto risulta esistente ed è realizzato mediante doppio ARMCO che, allo stato di fatto, non risultano verificati. La soluzione di progetto prevede di risolvere l'interferenza mediante la sostituzione degli ARMCO esistenti con uno di diametro 2m verificato per le portate trentennali e duecentennali.

	<b>PARCO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 19.99 MWp</b> <b>DENOMINATO "EG CELESTE"</b> <b>DA UBICARE NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ) LOCALITÀ MONTE NIVIERA</b> <b>STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>GIUGNO 2021</b> <i>Pag. 43 di 46</i>
---	--	--

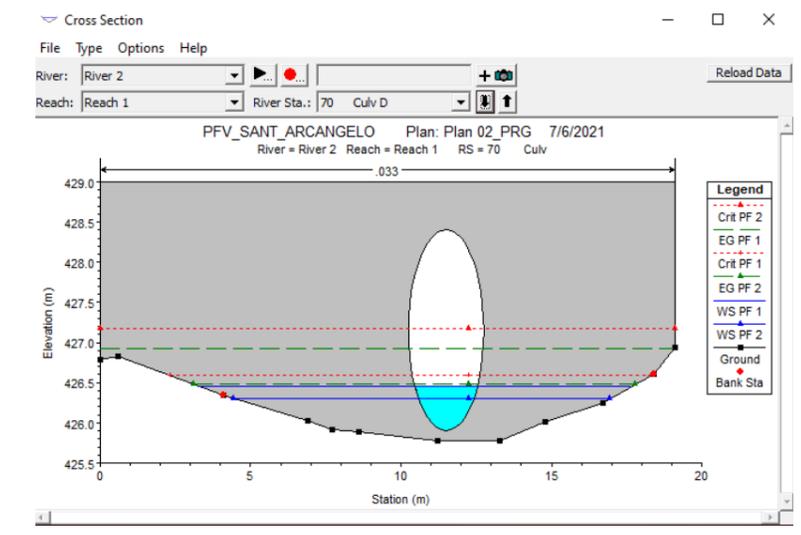
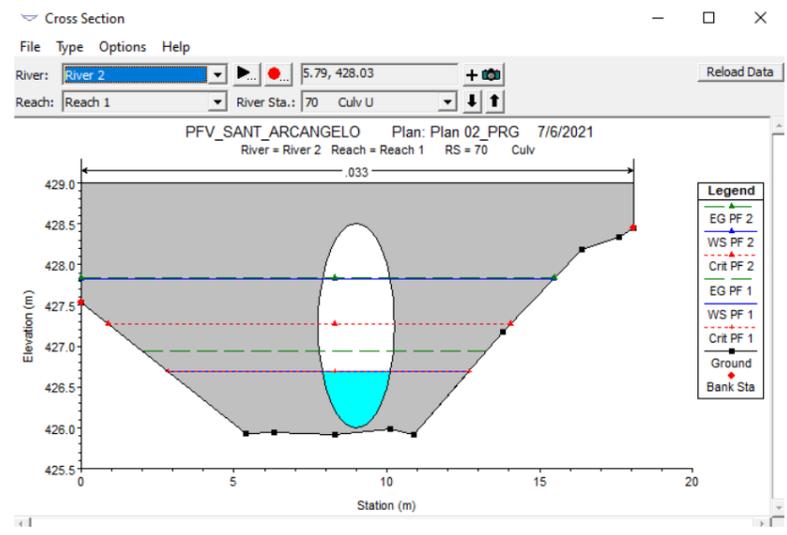
- **Interferenza A:** la recinzione che delimita il parco è esterna alle aree interessate dalla piena sia con periodo di ritorno trentennale che duecentennale.
- **Attraversamenti 3 e 4:** tali interferenze sono state risolte con il progetto di tombini stradali di sezione circolare pari ad un diametro di 1.5 m opportunamente progettati e verificati.

Per quanto riguarda le altre **opere previste in progetto e da realizzarsi ex novo** si conclude, alla luce dei risultati delle simulazioni idrauliche, restituite graficamente nelle allegate carte di pericolosità e numericamente nell'Appendice B, che non vi sono opere interne alle aree ad elevata e media pericolosità idraulica.

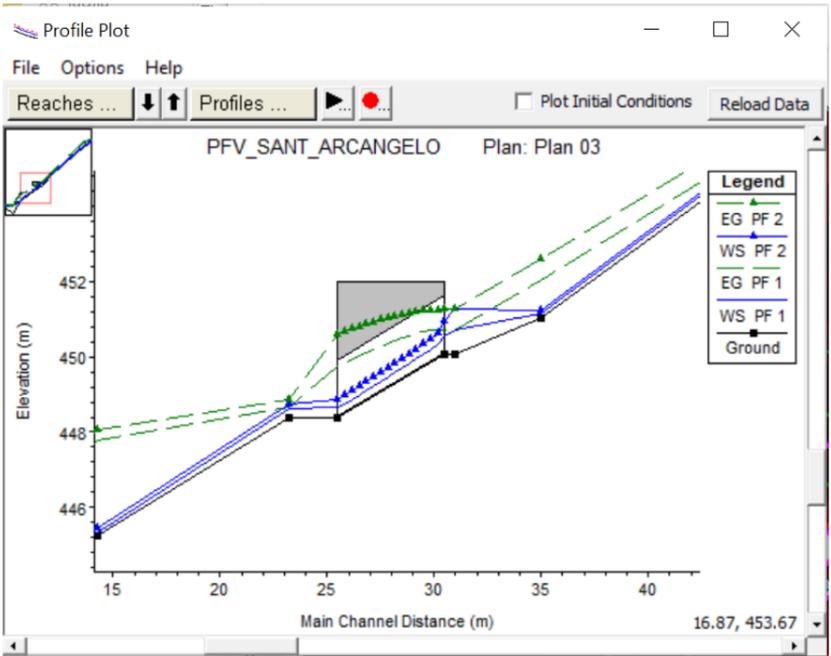
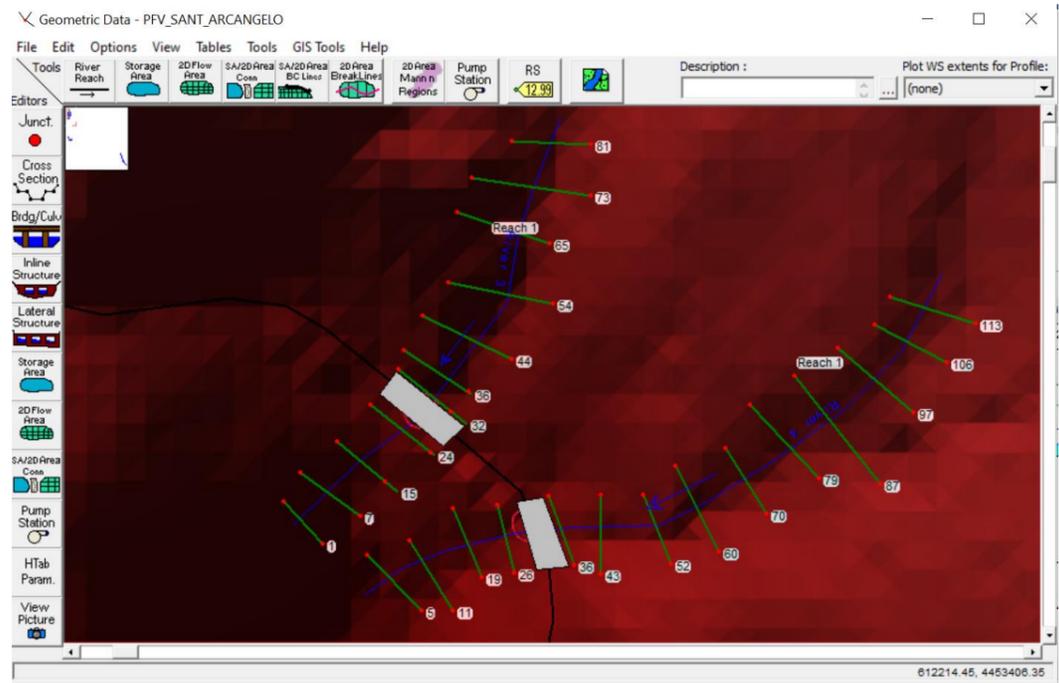
**9 Attraversamento 2 – I.17: scheda grafica di sintesi – progetto e verifica.**



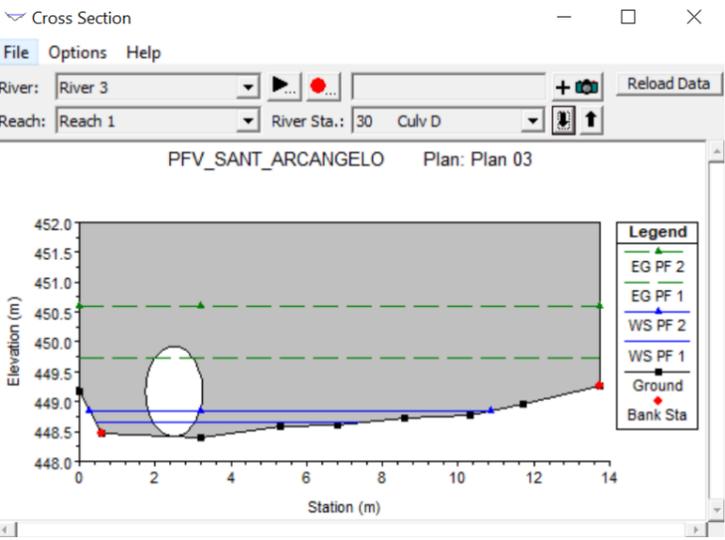
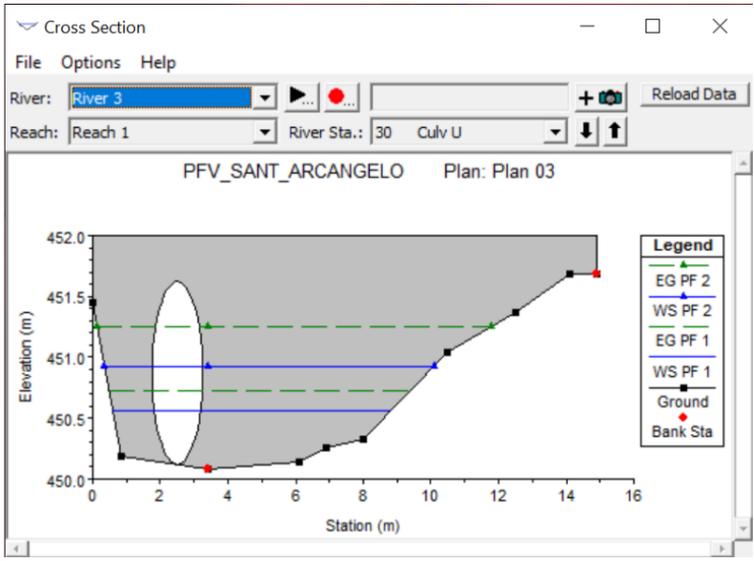
h200	Quota intradosso	Franco
[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m]
427.84	428.50	0.66



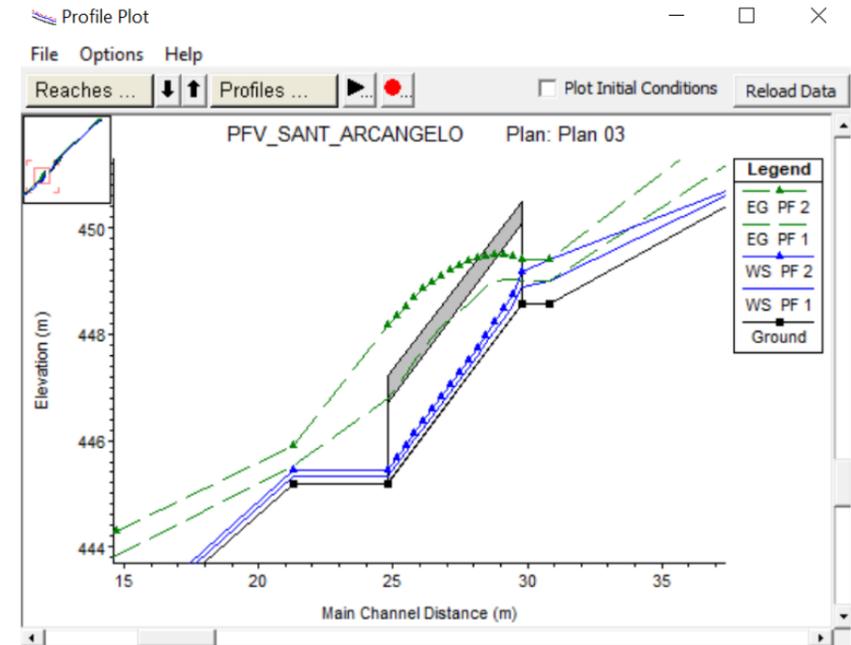
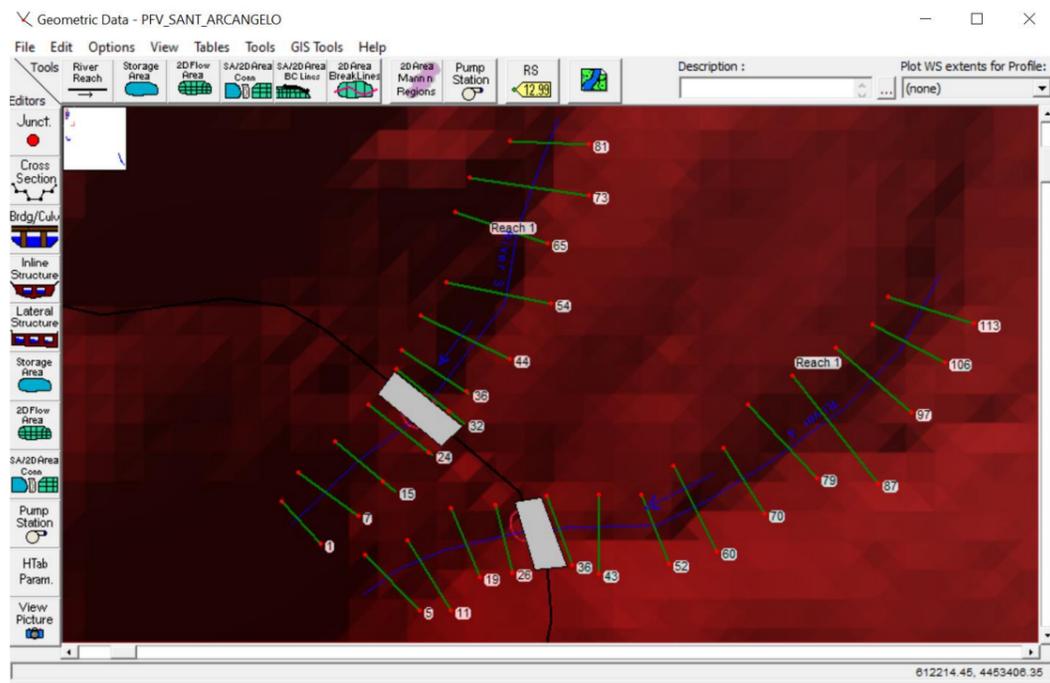
**10 Attraversamento 3 – I.15: scheda grafica di sintesi – progetto e verifica.**



h <sub>200</sub> [m s.l.m.]	Quota intradosso [m s.l.m.]	Franco [m]
450,93	451,59	0.66



**11 Attraversamento 4 – I.16: scheda grafica di sintesi – progetto e verifica.**



h200 [m s.l.m.]	Quota intradosso [m s.l.m.]	Franco [m]
450,07	449.17	0.90

