



REGIONE PUGLIA
PROVINCIA DI TARANTO
COMUNE DI CASTELLANETA



PROGETTO IMPIANTO AGRI-VOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI
CONNESSIONE DA REALIZZARE NEL COMUNE DI CASTELLANETA,
CONTRADA BORGO PINETO, DI POTENZA PARI A 33.279,48Wp
DENOMINATO "CASTELLANETA"

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE DI COMPATIBILITA'
IDROLOGICA ED IDRAULICA



livello prog.	codice pratica	N° elaborato	DATA	SCALA
PD		A.3	17.11.2021	

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO

RICHIEDENTE E PRODUTTORE

Gamma orione S.r.l.

ENTE

PROGETTAZIONE

Dott. Ing. Carmen Martone



Il Progettista

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA COMPLESSIVA NOMINALE DI 33.279,48 kWp DA UBICARE NEL COMUNE DI CASTELLANETA (TA) STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	DATA: APRILE 2021 Pag. 1 di 60
--	--	--------------------------------------

Sommario

1	PREMESSA.....	5
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	Opere in progetto.....	13
5	Report fotografico.....	20
5.1.1	Interferenza 1.....	20
5.1.2	Interferenza 3.....	21
5.1.3	Interferenza 4.....	23
5.1.4	Interferenza 6.....	26
5.1.5	Interferenza 6.....	29
5.1.6	Interferenza 7.....	32
6	ANALISI GEOMORFOLOGICA.....	35
6.1	Digital Terrain Model.....	35
6.2	Slope Model.....	35
6.3	Flow Accumulation.....	36
6.4	Perimetrazione dei bacini idrografici.....	37
7	ANALISI IDROLOGICA.....	44
7.1	Curve di Possibilità Pluviometrica.....	44
7.2	Massimizzazione delle portate di piena col metodo SCS.....	48

	<p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA COMPLESSIVA NOMINALE DI 33.279,48 kWp DA UBICARE NEL COMUNE DI CASTELLANETA (TA)</p> <p align="center">STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> <p align="center">RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p>	<p>DATA: APRILE 2021 Pag. 2 di 60</p>
--	--	---

7.3	Valori di portata al colmo di piena.....	52
8	ANALISI IDRAULICA.....	54
8.1	Simulazione idraulica stato di fatto e di progetto.....	54
9	Caratteristiche fluvio-morfologiche.....	56
10	CONCLUSIONI	56

	<p style="text-align: center;">IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA COMPLESSIVA NOMINALE DI 33.279,48 kWp DA UBICARE NEL COMUNE DI CASTELLANETA (TA)</p> <p style="text-align: center;">STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p>	<p>DATA: APRILE 2021 Pag. 3 di 60</p>
--	---	---

Indice Delle Figure

Figura 1: Griglia di geolocalizzazione	6
Figura 2: Griglia di geolocalizzazione - SSE.....	7
Figura 3: planimetria generale di impianto su ortofoto	10
Figura 4: planimetria generale di impianto con aree perimetrare PAI.....	11
Figura 5: stralcio planimetria del cavidotto su strada esistente interferente con aree perimetrare PAI.....	11
Figura 6: Interferenza dell'impianto di progetto con le aree a potenziale rischio alluvione (APFSR)	13
Figura 7: Inquadramento su catastale dell'area parco	14
Figura 8: Inquadramento su DTM dell'area parco, del cavidotto e della SSE.....	15
Figura 9: stralcio carta PPTR – 6.2.1 componenti idrologiche.....	16
figura 10: stralcio carta CTR ed area parco	17
figura 11: stralcio carta CTR e cavidotto	18
figura 12: stralcio carta CTR, cavidotto e CTR	18
Figura 13: sezione trasversale canale di bonifica principale	19
Figura 14: Flow Accumulation map – Bacino 1 (attraversamento 1).....	38
Figura 15: Flow Accumulation map – Bacino 3 (attraversamento 3).....	39
Figura 16: Flow Accumulation map – Bacino 4 (attraversamento 4).....	40
Figura 17: Flow Direction map – Bacino 1 (attraversamento 1)	41
Figura 18: Flow Direction map – Bacino 3 (attraversamento 3)	42
Figura 19: Flow Direction map – Bacino 4 (attraversamento 4)	43
Figura 20: Aree pluviometriche omogenee VAPI Regione Puglia	46
Figura 21: Curva di possibilità pluviometrica	47
Figura 22: Idrogramma di Mockus	52
Figura 23: Schema geometrico utilizzato nella modellazione idraulica 1D terrain – terrain – river 5, 6 e 7	58

	<p align="center"> IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA COMPLESSIVA NOMINALE DI 33.279,48 kWp DA UBICARE NEL COMUNE DI CASTELLANETA (TA) STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA </p>	<p> DATA: APRILE 2021 <i>Pag. 4 di 60</i> </p>
---	---	--

Figura 24: Schema geometrico utilizzato nella modellazione idraulica 1D terrain – terrain – river 359

Figura 25: Schema geometrico utilizzato nella modellazione idraulica 1D terrain – terrain – river 1 e 260

	<p style="text-align: center;">IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA COMPLESSIVA NOMINALE DI 33.279,48 kWp DA UBICARE NEL COMUNE DI CASTELLANETA (TA)</p> <p style="text-align: center;">STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p>	<p>DATA: APRILE 2021 Pag. 5 di 60</p>
--	---	---

1 PREMESSA

Tale relazione rappresenta lo “Studio di compatibilità idrologico ed idraulico” di cui gli allegati Appendice A, carta delle Interferenze con il reticolo idrico sottoposto a vincolo e Appendice B ne costituiscono parte integrante.

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.

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 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 si colloca sulla cartografia ufficiale alla scala **1:25.000** come riportato nella figura seguente.



Figura 1: Griglia di geolocalizzazione



Figura 2: Griglia di geolocalizzazione - SSE

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

- Digital Terrain Model Tavolette 1:5.000
 - 492061
 - 492062
 - 492072
 - 492073
 - 492074
 - 492083
 - 492101
 - 492111
 - 492083
 - 492102
 - 492112
 - 492151
- Cartografia Tecnica Regionale Tavolette 1:5.000
 - FOGLIO 492 - GINOSA
 - 492073
 - 492062
 - 492061

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA COMPLESSIVA NOMINALE DI 33.279,48 kWp DA UBICARE NEL COMUNE DI CASTELLANETA (TA) STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	DATA: APRILE 2021 Pag. 8 di 60
--	--	--------------------------------------

- 492074
- 492071
- 492072
- 492101
- 492114
- 492111
- 492102
- 492113
- 492112
- Carta Uso del Suolo della Regione Puglia
 - UDS 2006 per '492 - Ginosa'
 - 492061
 - 492062
 - 492072
 - 492073
 - 492074
 - 492083
 - 492101
 - 492111
 - 492083
 - 492102
 - 492112
 - 492151
- Ortofoto
 - 492061
 - 492062
 - 492072
 - 492073
 - 492074
 - 492083

	<p>IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA COMPLESSIVA NOMINALE DI 33.279,48 kWp DA UBICARE NEL COMUNE DI CASTELLANETA (TA)</p> <p>STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p>	<p>DATA: APRILE 2021 <i>Pag. 9 di 60</i></p>
--	---	--

- 492101
- 492111
- 492083
- 492102
- 492112
- 492151



Figura 3: planimetria generale di impianto su ortofoto

4 ANALISI STATO DI FATTO E PROGETTO

L'intera area impianto è pressochè pianeggiante e le aree direttamente interessate dall'impianto non sono interessate da movimenti gravitativi di versante e i processi morfogenetici si limitano all'azione erosiva di tipo areale esercitata dalle acque meteoriche.

L'area parco dell'impianto di progetto e l'area della SSE **non interferiscono con le perimetrazioni delle aree a pericolosità idraulica classificate come "ad alta pericolosità idraulica (A.P.)", "a media pericolosità idraulica (M.P.)" e a bassa pericolosità idraulica (B.P.)**, appartenenti alle "aree caratterizzate da situazioni di dissesto e/o rischio idrogeologico perimetrato nei Piani di assetto idrogeologico (P.A.I.) adottati dalla competente Autorità di bacino della Puglia ai sensi del D.L. n. 180/98 e ss.mm.ii. e dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (Direttiva 2007/60/CE, D.Lgs. 152/2006, Direttiva 2007/60/CE, D.Lgs. 49/2010, D.Lgs. 219/2010) del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale. Il cavidotto viene realizzato in trincea su viabilità esistente che viene

lambita dalle aree perimetrare a rischio. Tuttavia trattandosi di un'opera interamente interrata non costituisce un elemento di incremento del rischio e della pericolosità da alluvionamento.



Figura 4: planimetria generale di impianto con aree perimetrare PAI

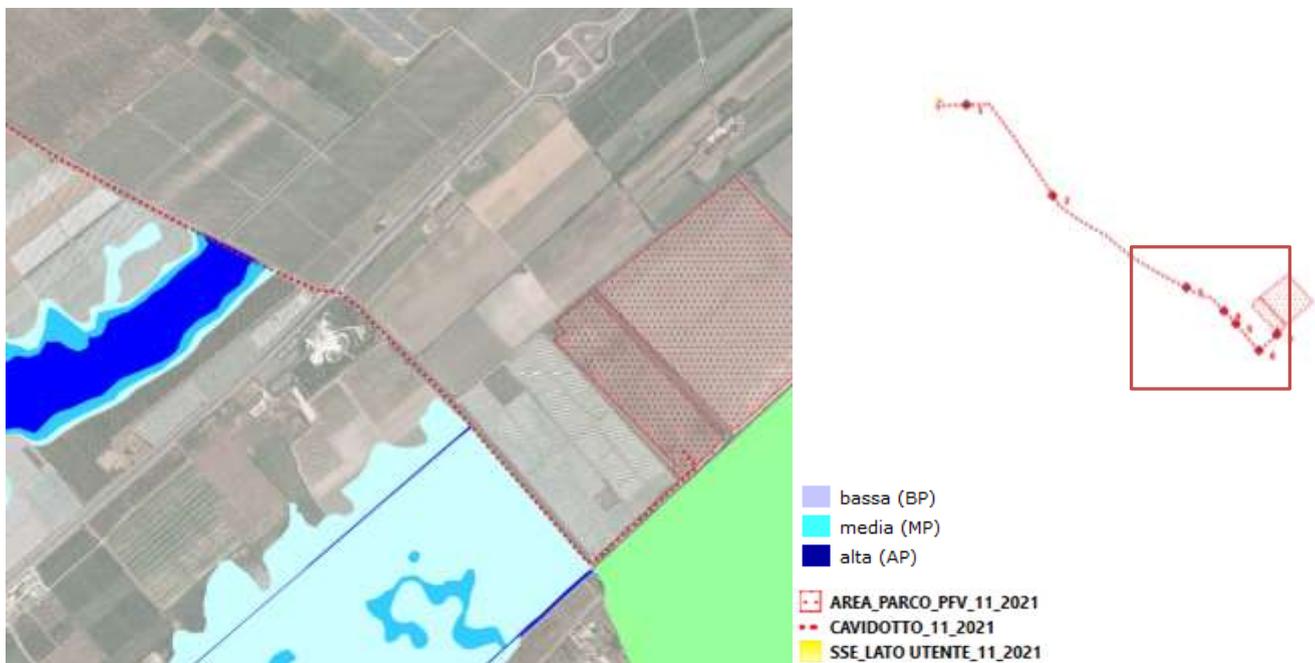
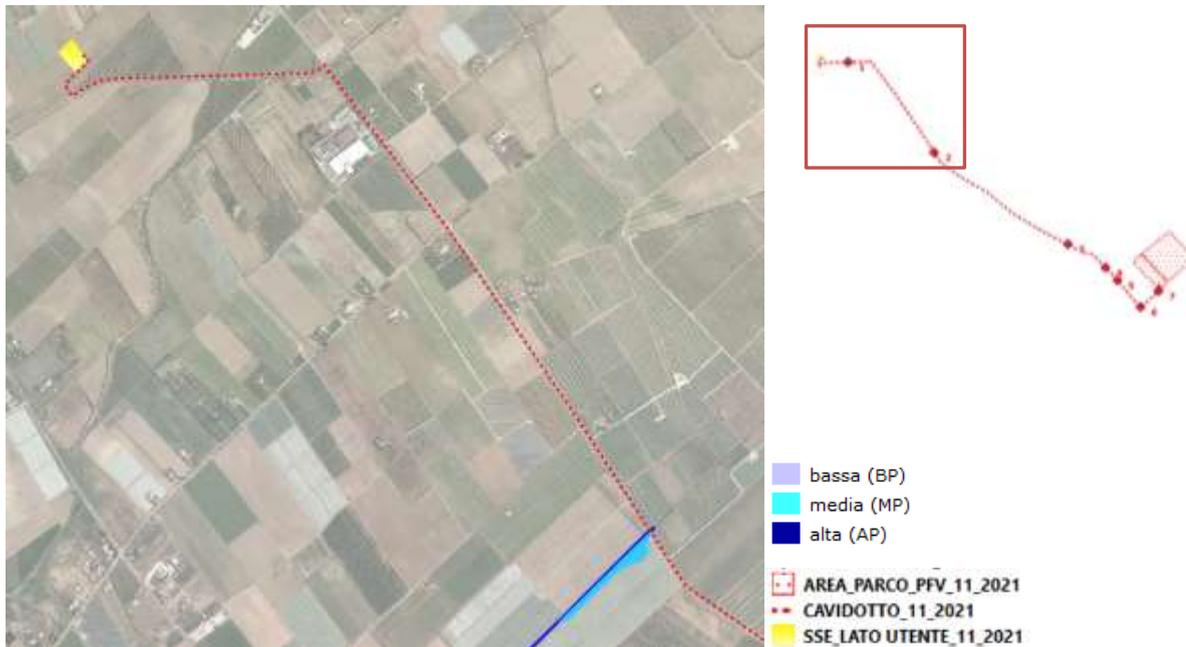


Figura 5: stralcio planimetria del cavidotto su strada esistente interferente con aree perimetrare PAI



L'intera zona d'impianto si sviluppa su un'area caratterizzata da alcune incisioni naturali e da una rete di canali di bonifica. Tali corpi idrici sono caratterizzati da aree di alveo, aree golenali e relative fasce di pertinenza fluviale.

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).

Le opere in progetto, presentano interferenza con aree a potenziale rischio alluvione limitatamente al solo cavidotto.



Figura 6: Interferenza dell'impianto di progetto con le aree a potenziale rischio alluvione (APFSR)

4.1 Opere in progetto

Obiettivo dell'iniziativa imprenditoriale di cui il progetto di seguito descritto è la realizzazione di un impianto fotovoltaico, denominato "CASTELLANETA" che si trova nel territorio comunale di Castellaneta, provincia di Taranto, ubicata in via Tratturello Pineto.

Il sito è identificato al catasto del comune di Castellaneta, sul foglio di mappa n. 123 particelle n° 19, 21, 22, 25, 1742, 1743, 1744, 1745, 1746, 1747, 2049.

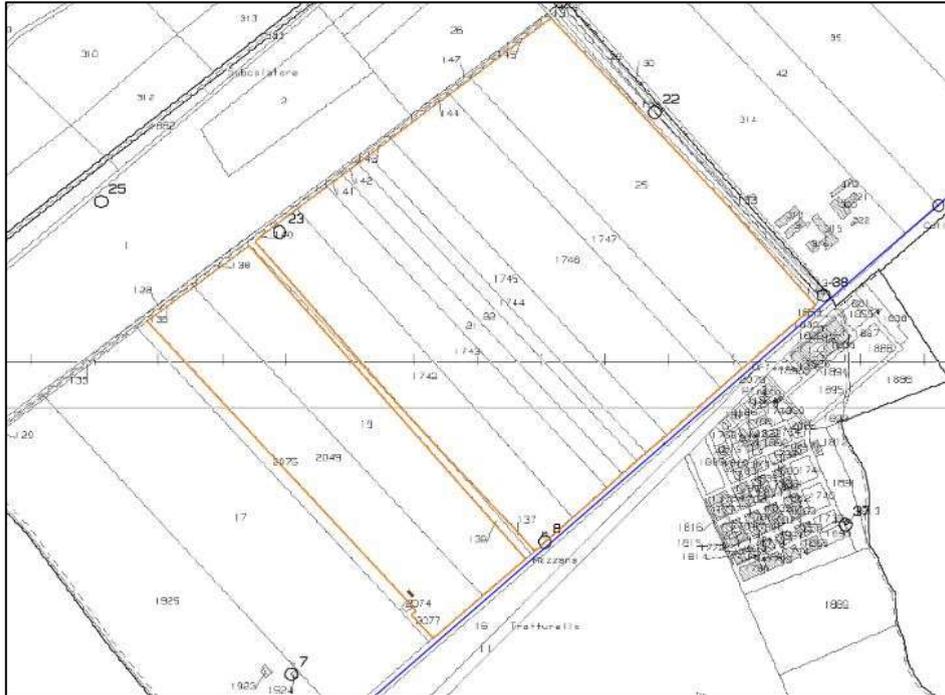


Figura 7: Inquadramento su catastale dell'area parco

L'impianto risiederà su appezzamenti di terreno posti ad un'altitudine media di 5.00 mt s.l.m, diviso in 2 plot, di forma poligonale quadrangolare, dal punto di vista morfologico, il lotto è caratterizzato da un'area pianeggiante, sulla quale saranno disposte le strutture degli inseguitori solari orientate secondo l'asse Nord-Sud. A Sud il confine dell'area è definito da una strada comunale dalla quale avverrà l'accesso al sito.

L'estensione complessiva è circa **43 ettari**,

L'area, oggetto di studio, è un terreno rurale, attualmente incolto, e circondato da terreni agricoli prevalentemente.

Nel complesso, l'assetto morfologico dell'area circostante si presenta prevalentemente pianeggiante.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA COMPLESSIVA NOMINALE DI 33.279,48 kWp DA UBICARE NEL COMUNE DI CASTELLANETA (TA) STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	DATA: APRILE 2021 Pag. 15 di 60
--	--	---------------------------------------

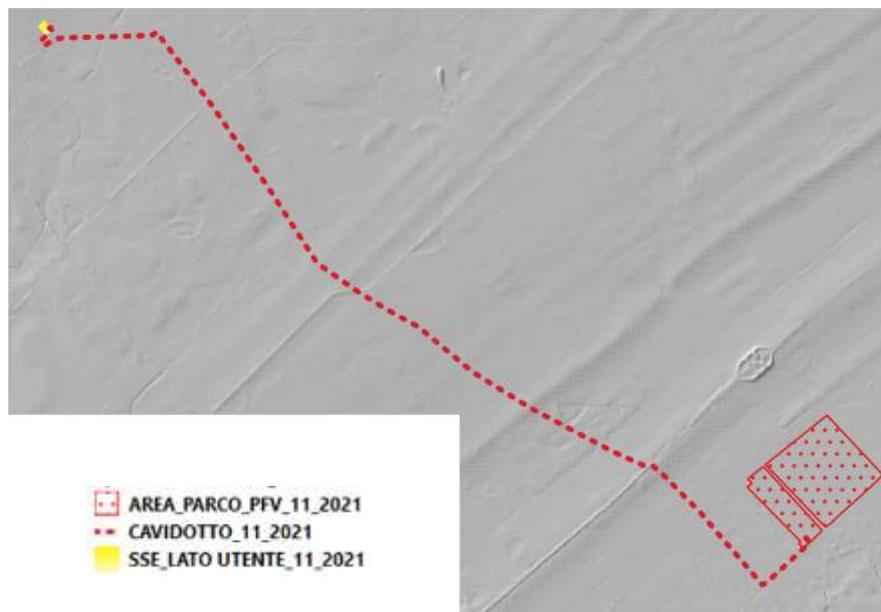


Figura 8: Inquadramento su DTM dell'area parco, del cavidotto e della SSE

L'impianto è dimensionato in modo tale da costituire un campo fotovoltaico della potenza complessiva nominale di **33.279,48 kWp** intesa come somma delle potenze di targa dei singoli moduli, così come misurata in fabbrica mediante apposita apparecchiatura di misura, alle condizioni standard di irraggiamento di 1000 W/m^2 , $AM = 1,5$ con distribuzione dello spettro solare di riferimento e temperatura delle celle di $25 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$.

L'Impianto di Utente comprende tutta la restante parte di impianto a valle della cabina di ricezione, dove sarà installato il quadro elettrico generale di **media tensione**.

In fase di progettazione definitiva, per il dimensionamento del generatore fotovoltaico, si è scelto di utilizzare moduli fotovoltaici **da 585 Wp bifacciali**, i quali, tra le tecnologie attualmente disponibili in commercio, presentano rendimenti di conversione più elevati.

Il dimensionamento del generatore fotovoltaico è stato eseguito tenendo conto della superficie utile disponibile, dei distanziamenti da mantenere tra filari di moduli per evitare fenomeni di auto-ombreggiamento e degli spazi necessari per l'installazione dei locali di conversione e trasformazione. Per massimizzare la producibilità energetica è previsto l'utilizzo di tracker monoassiali del tipo 2-V fino a 26 moduli con pitch pari a 10 m.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA COMPLESSIVA NOMINALE DI 33.279,48 kWp DA UBICARE NEL COMUNE DI CASTELLANETA (TA) STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	DATA: APRILE 2021 Pag. 16 di 60
--	--	---------------------------------------

Per ogni sottocampo si utilizzerà un **trasformatore elevatore**, la cui funzione è quella di innalzare la tensione del generatore fotovoltaico al livello necessario per eseguire il collegamento con la Rete Elettrica di media tensione del Distributore locale (20 kV).

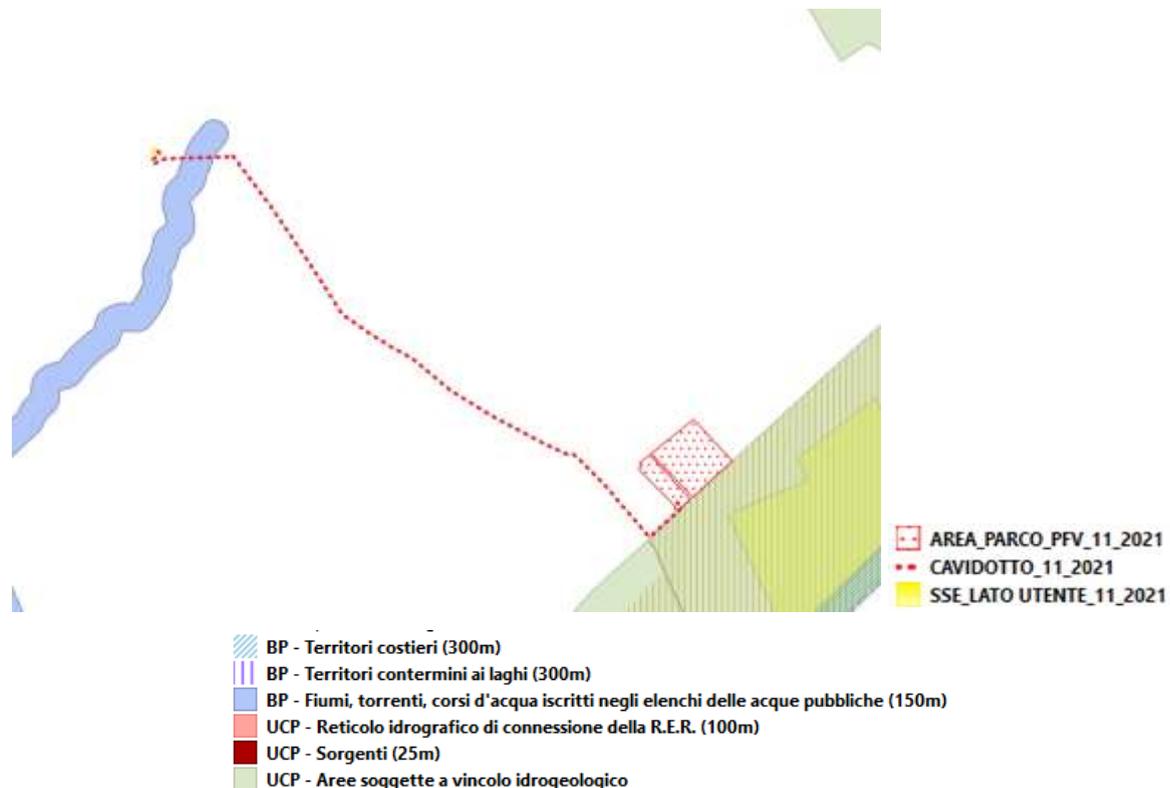
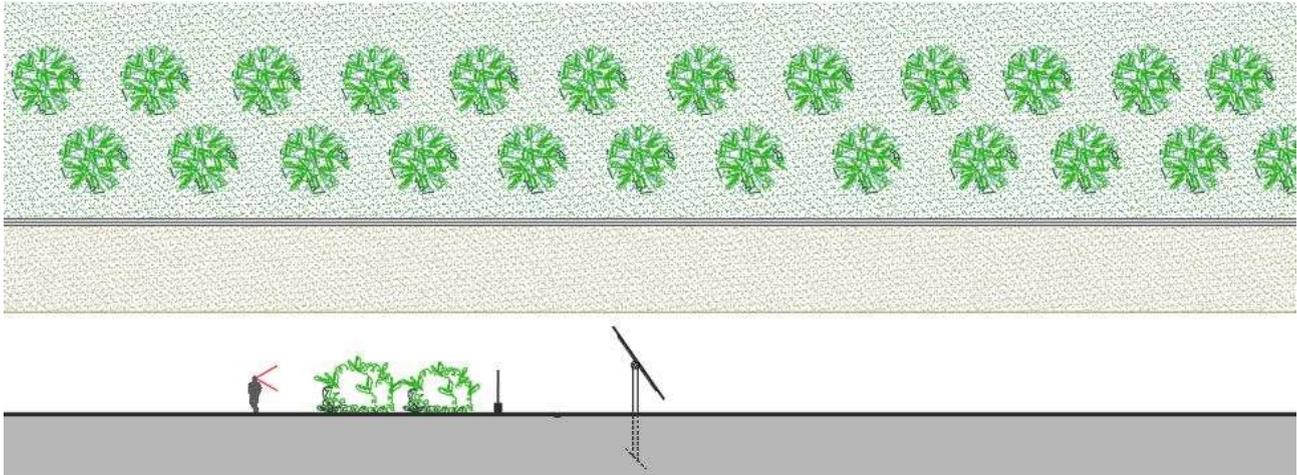


Figura 9: stralcio carta PPTR – 6.2.1 componenti idrologiche

In alcune porzioni delle particelle di proprietà del *promittente concedente* si provvederà a creare una **green belt** tra i confini del sito e la recinzione.

La fascia arborea in esame avrà una dimensione di 10 metri lungo tutto il perimetro e sarà composta sia da essenze autoctone della zona, cioè ficodindia, al fine di ridurre la visibilità dell'impianto sia dalla strada che dai terreni limitrofi.

A seconda del grado di naturalità la rete ecologica varia il proprio significato: in presenza di estese aree naturali o paranaturali, assume il ruolo predominante di conservazione della natura, mentre nel caso di territori fortemente antropizzati, caratterizzati da una banalizzazione spinta degli ecosistemi, si pone come importante strumento gestionale finalizzato a riportare un certo grado di complessità negli agro-ecosistemi, a ridurre la vulnerabilità del sistema ambientale e a costituire un presidio nei confronti dei fenomeni dilaganti di urbanizzazione diffusa.



4.2 INTERFERENZE DELLE OPERE IN PROGETTO CON IL RETICO IDROGRAFICO.

L'area in cui si sviluppa il parco fotovoltaico, le opere di connessione e l'area della SSE interferiscono con l'andamento planimetrico dei canali di bonifica presenti nell'area.

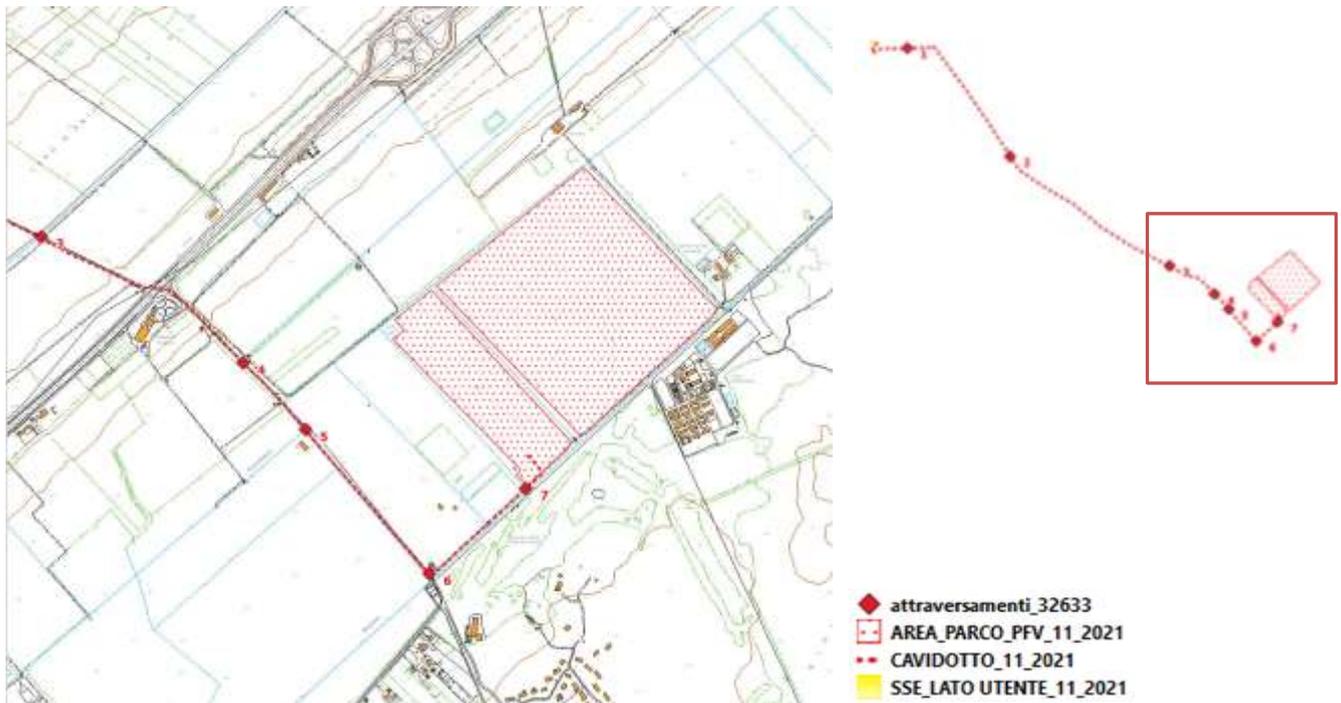


figura 10: stralcio carta CTR ed area parco



figura 11: stralcio carta CTR e cavidotto

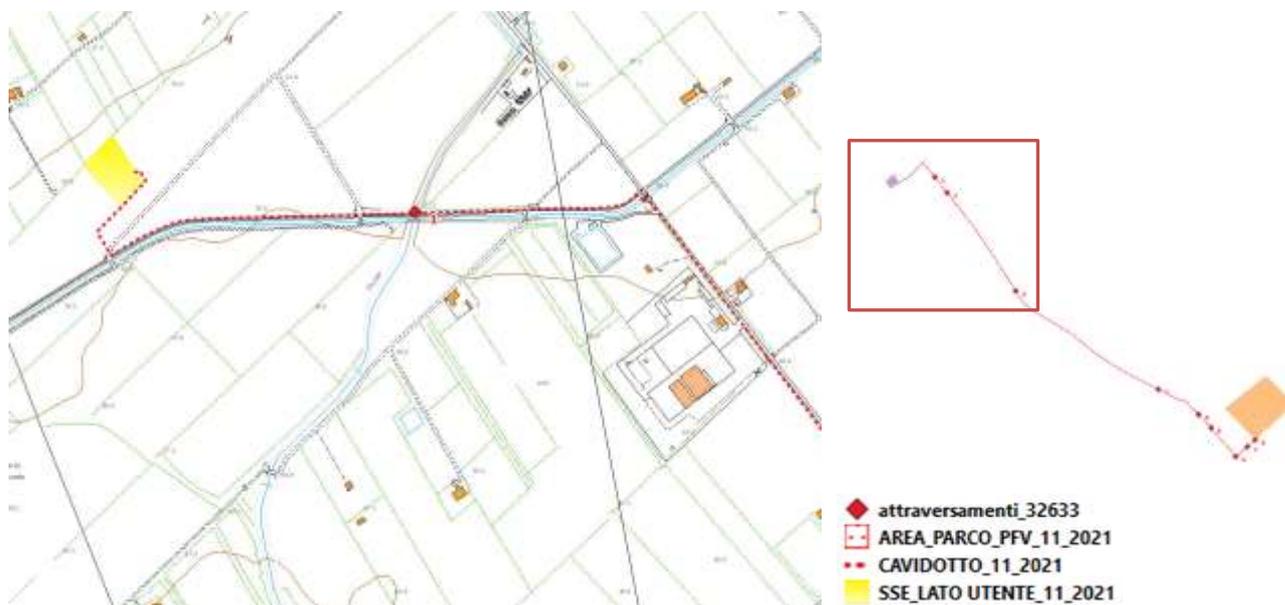


figura 12: stralcio carta CTR, cavidotto e CTR

La sezione dei canali di bonifica rilevata nei punti in cui non vi è vegetazione è la seguente

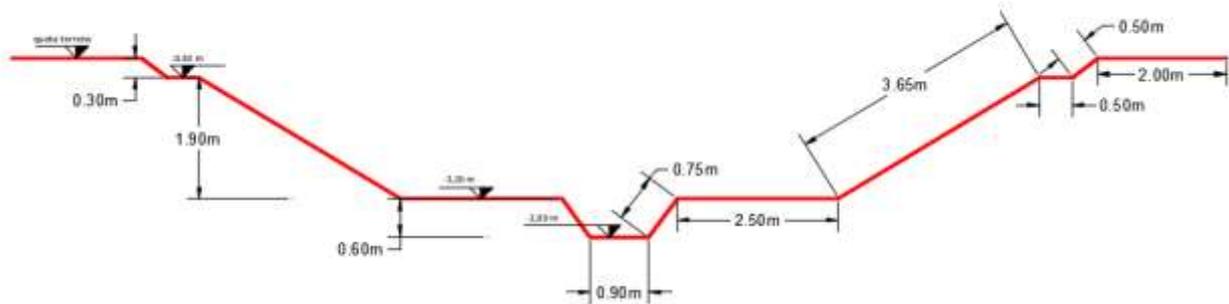


Figura 13: sezione trasversale canale di bonifica principale

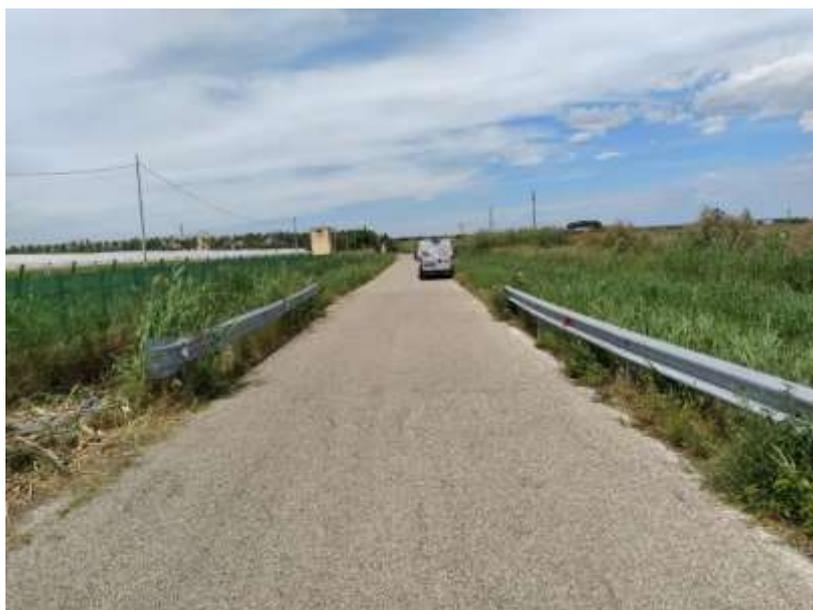
5 Report fotografico

5.1.1 Interferenza 1



5.1.2 Interferenza 3







5.1.3 Interferenza 4









5.1.4 Interferenza 6



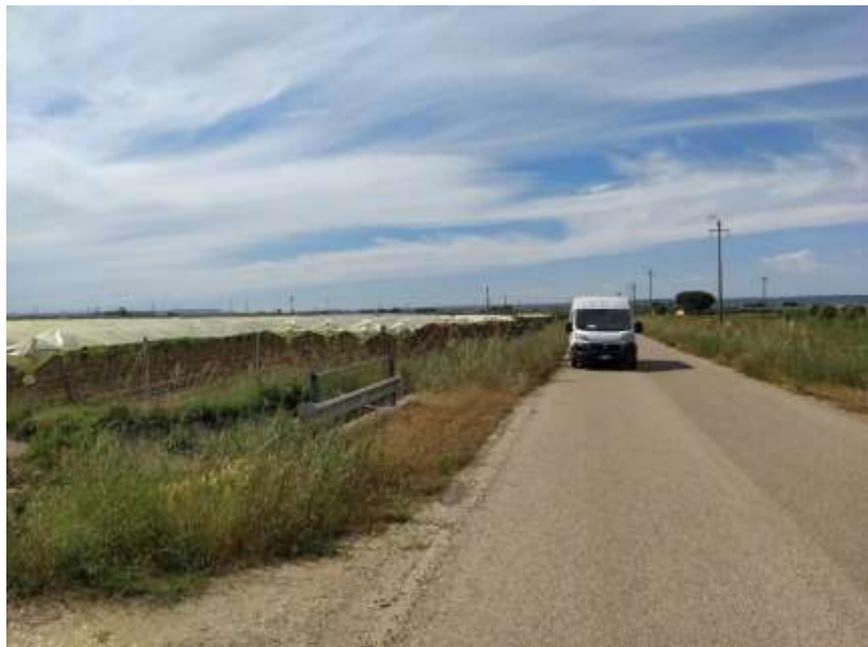




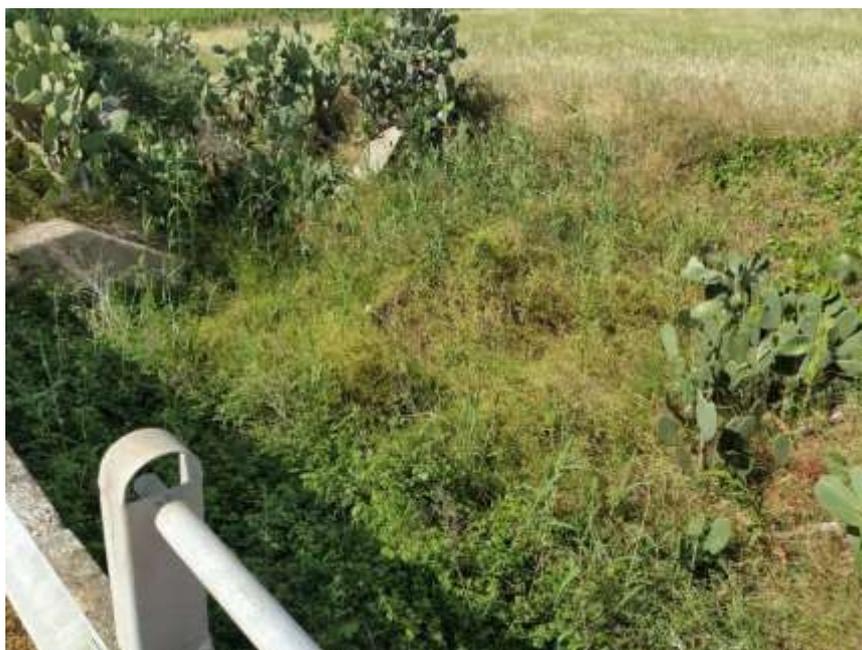
5.1.5 Interferenza 6







5.1.6 Interferenza 7







	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA COMPLESSIVA NOMINALE DI 33.279,48 kWp DA UBICARE NEL COMUNE DI CASTELLANETA (TA) STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	DATA: APRILE 2021 Pag. 35 di 60
--	--	---------------------------------------

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.

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.

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 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.

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

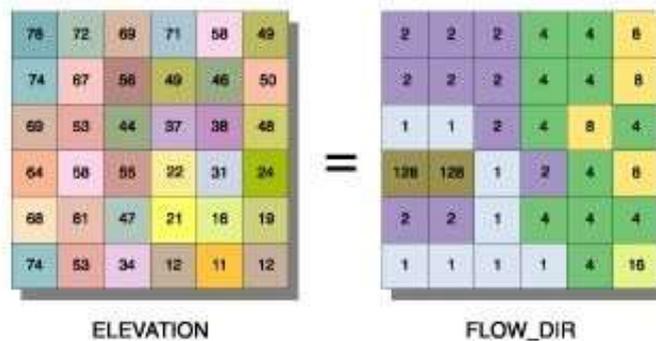
Dallo Slope Model con un opportuno algoritmo, gestito sempre in ambiente GIS, è stato possibile ricavare la griglia delle direzioni di flusso.

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

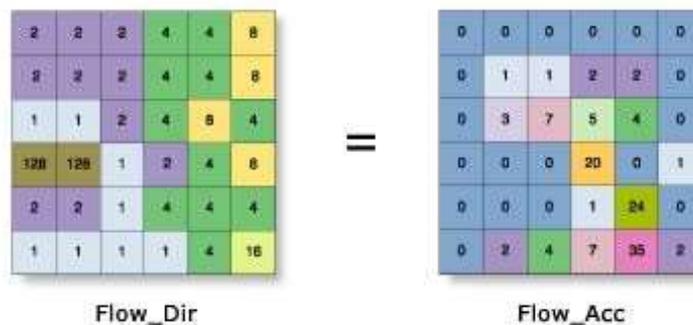
Al numero che compare in ogni cella della griglia è associato univocamente una direzione cartesiana secondo lo schema seguente:

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:



	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA COMPLESSIVA NOMINALE DI 33.279,48 kWp DA UBICARE NEL COMUNE DI CASTELLANETA (TA) STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	DATA: APRILE 2021 Pag. 37 di 60
--	--	---------------------------------------

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.

6.4 Perimetrazione dei bacini idrografici

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

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

Grazie ai processi di analisi precedentemente esposti è stato possibile individuare i bacini idrografici sottesi alle sezioni di chiusura relativi alle interferenze.

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

Si riportano di seguito i bacini idrografici individuati con la tecnica su indicata.

Gli altri bacini, di dimensioni contenute, essendo afferenti a canali di bonifica per individuare i bacini tributari si è analizzata la disposizione planimetrica di tali opere al fine di perimetrare le aree drenate.

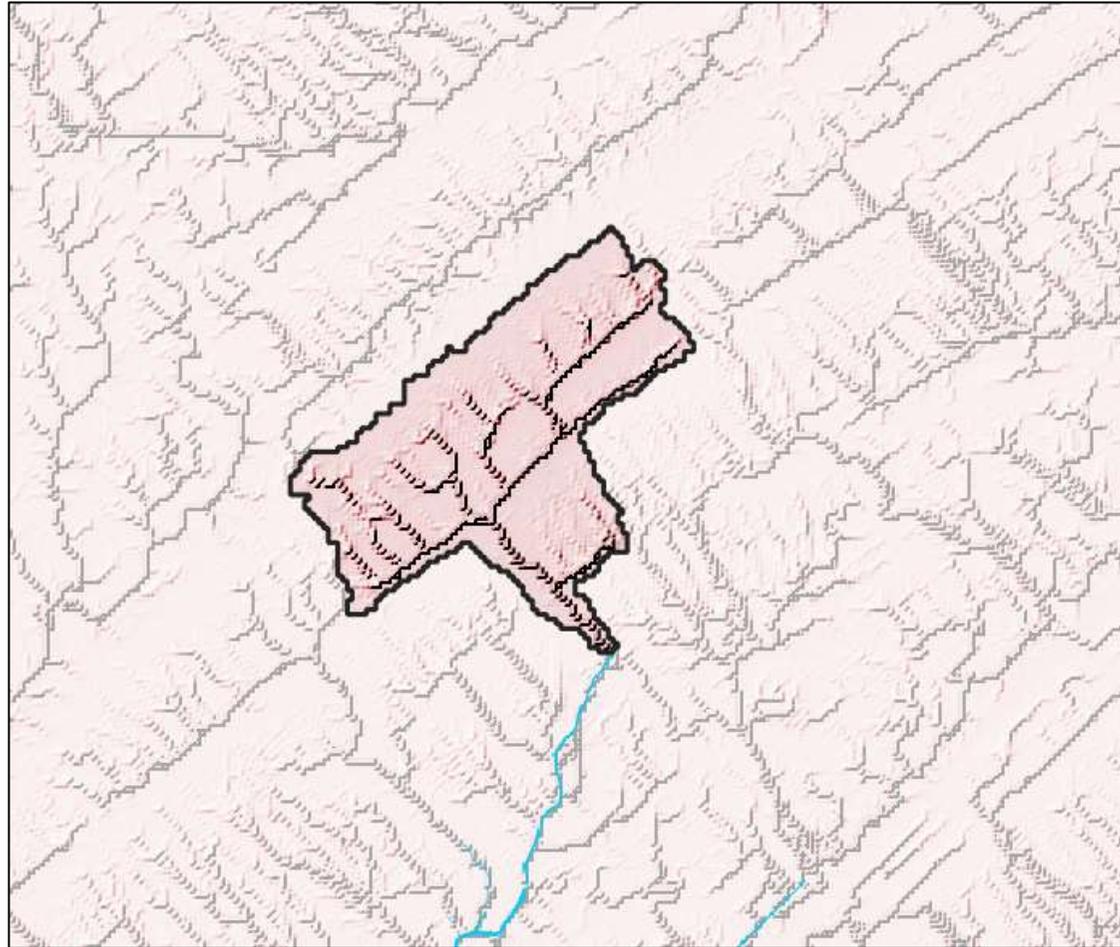


Figura 14: Flow Accumulation map – Bacino 1 (attraversamento 1)

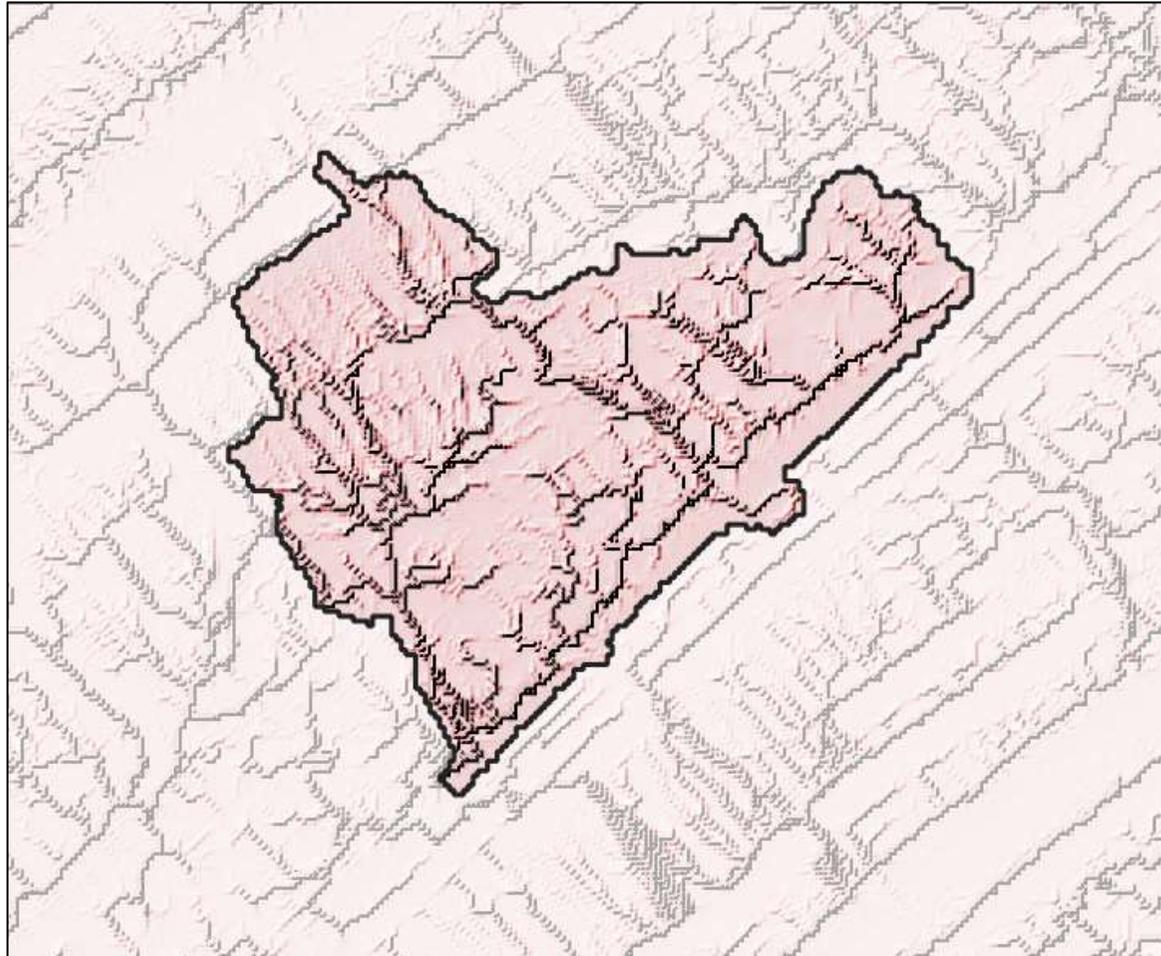


Figura 15: Flow Accumulation map – Bacino 3 (attraversamento 3)

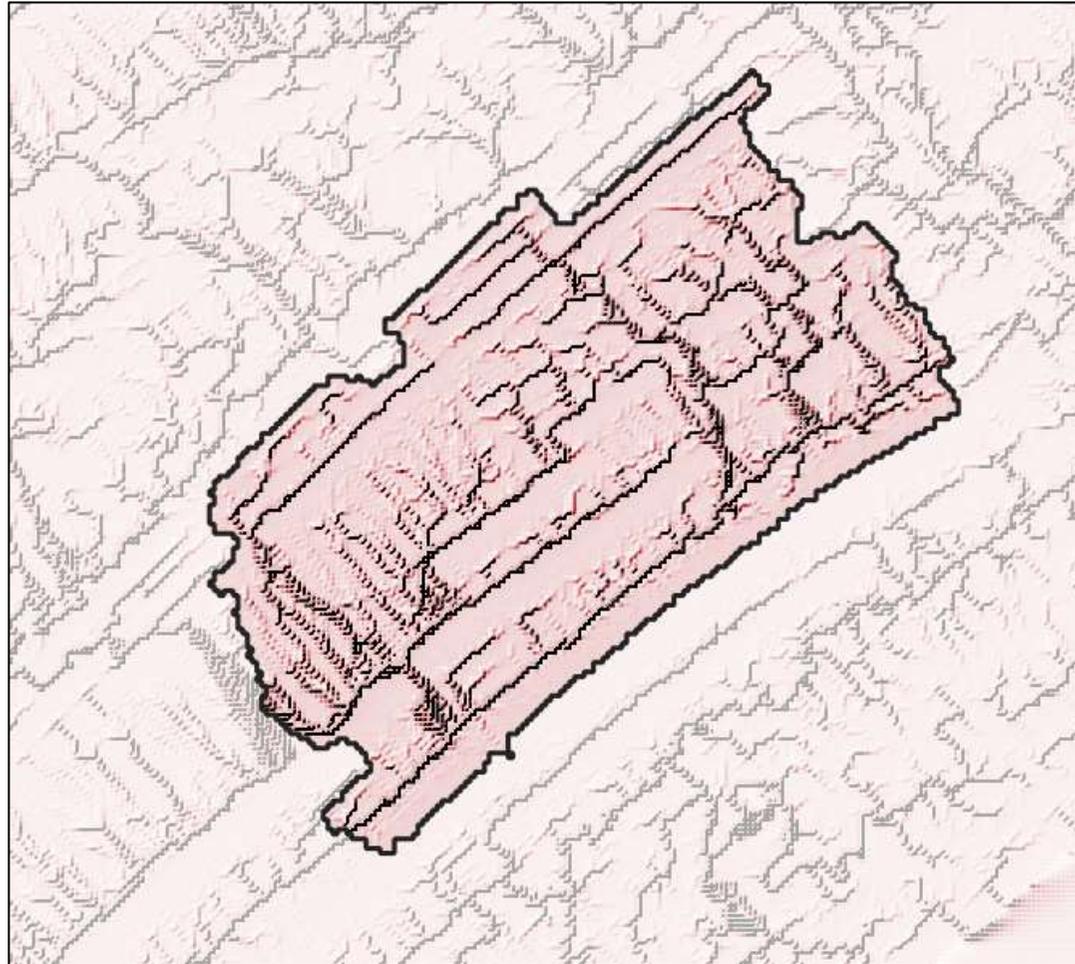


Figura 16: Flow Accumulation map – Bacino 4 (attraversamento 4)

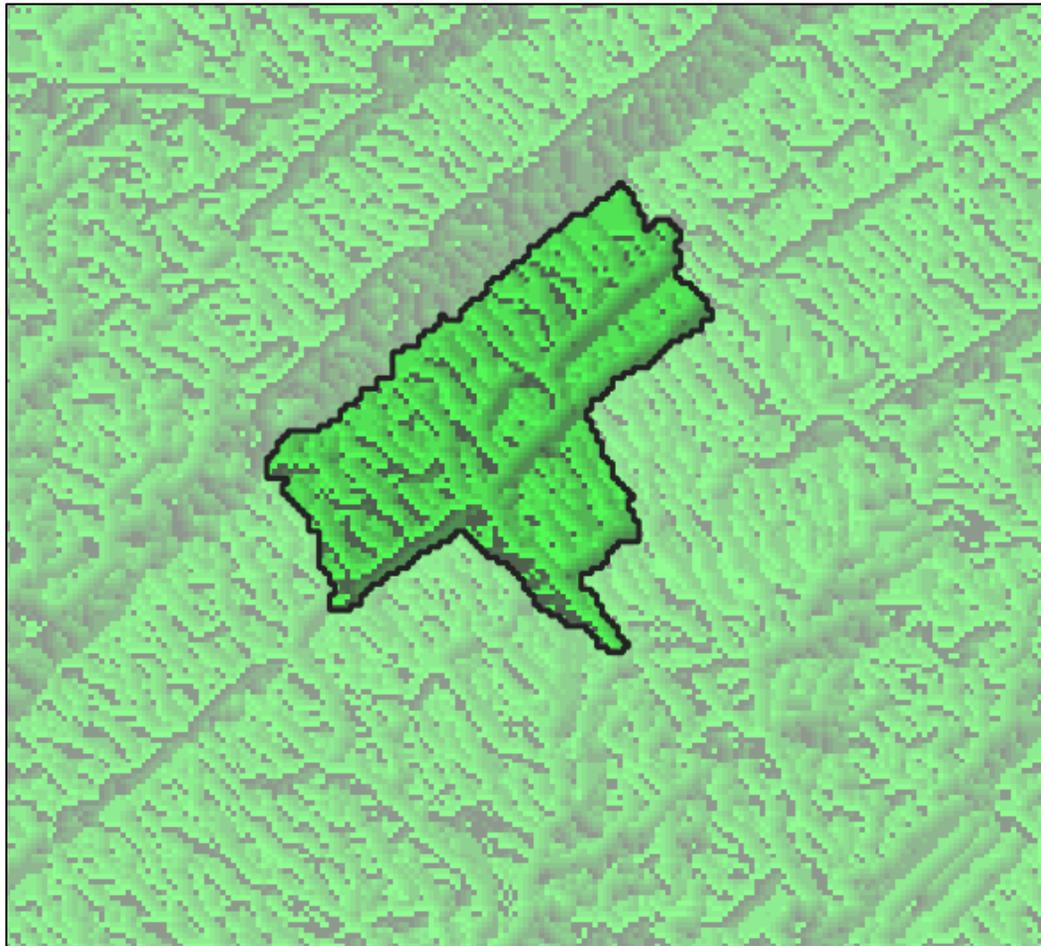


Figura 17: Flow Direction map – Bacino 1 (attraversamento 1)

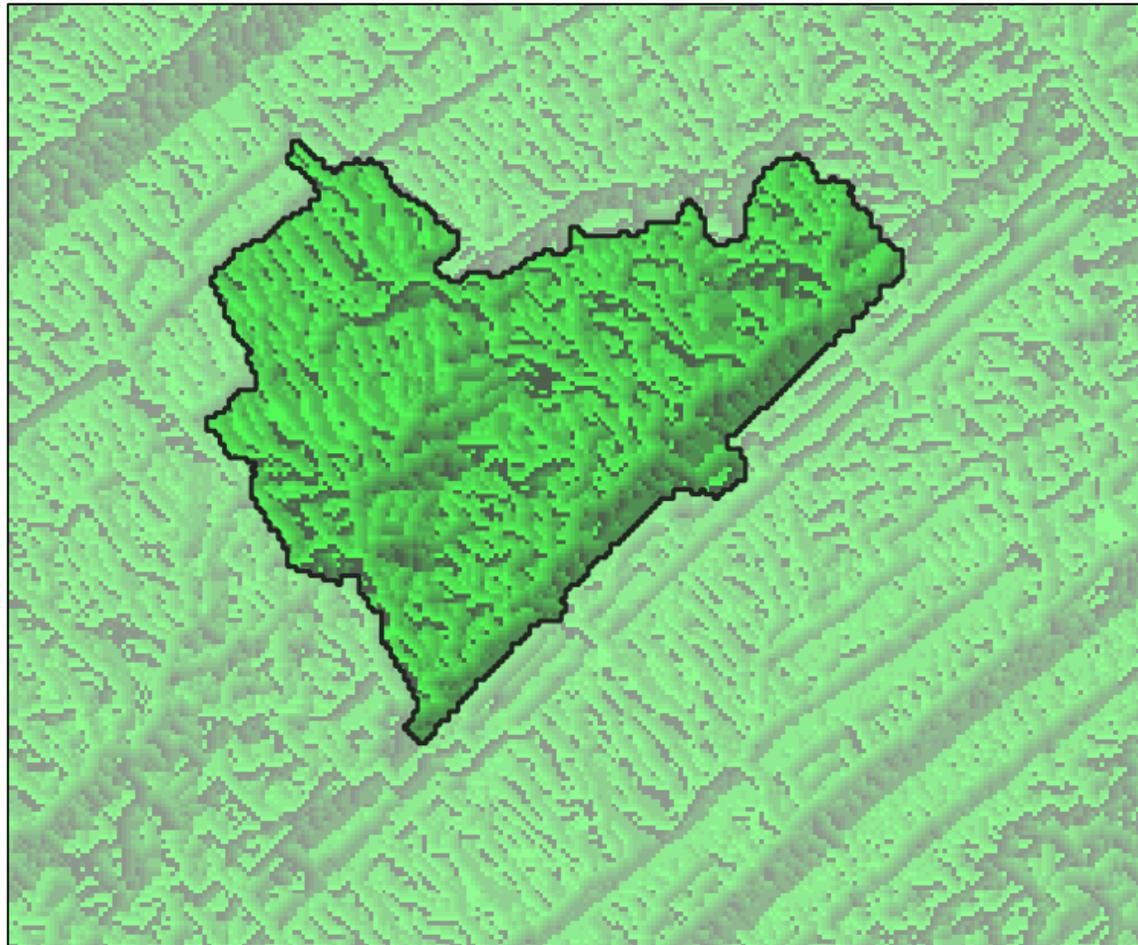


Figura 18: Flow Direction map – Bacino 3 (attraversamento 3)

	<p>IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA COMPLESSIVA NOMINALE DI 33.279,48 kWp DA UBICARE NEL COMUNE DI CASTELLANETA (TA)</p> <p>STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p>	<p>DATA: APRILE 2021 Pag. 43 di 60</p>
---	---	--

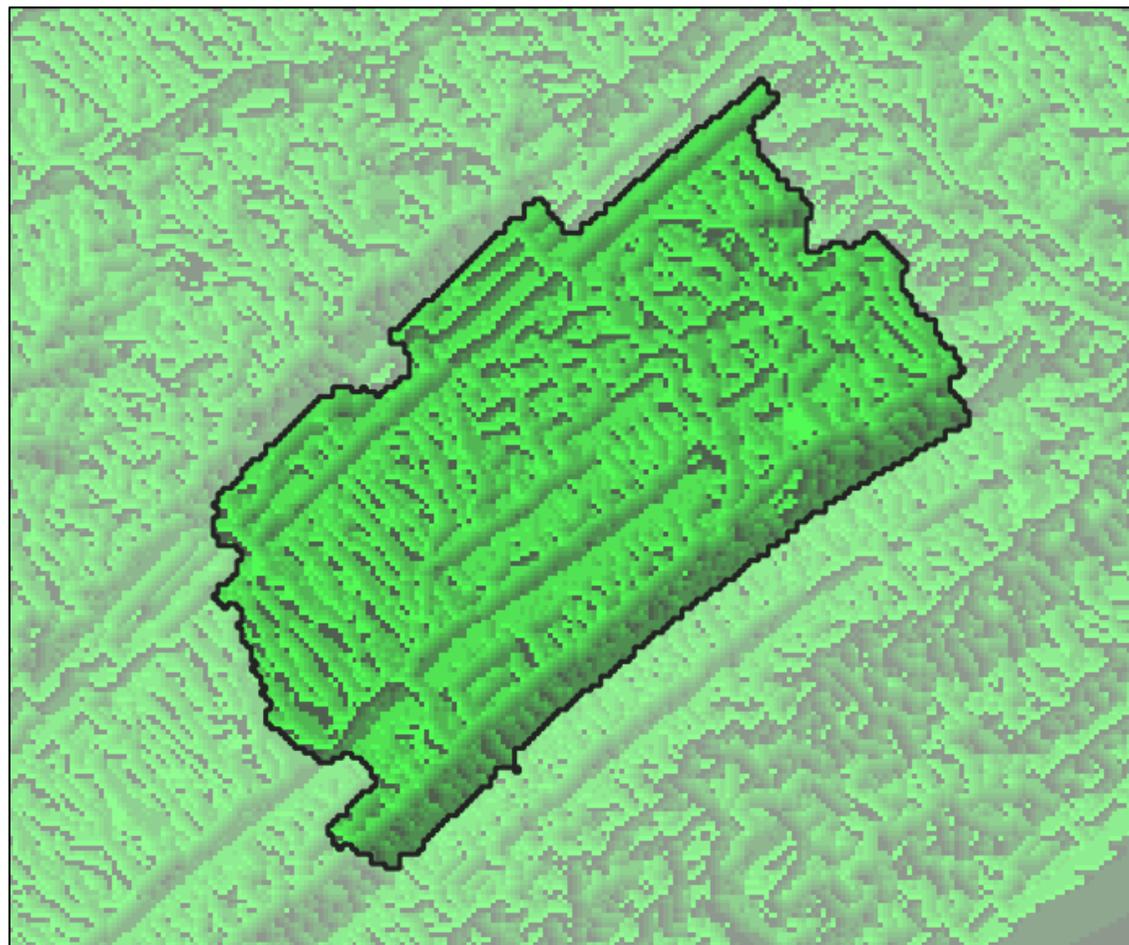


Figura 19: Flow Direction map – Bacino 4 (attraversamento 4)

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA COMPLESSIVA NOMINALE DI 33.279,48 kWp DA UBICARE NEL COMUNE DI CASTELLANETA (TA) STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	DATA: APRILE 2021 Pag. 44 di 60
--	--	---------------------------------------

7 ANALISI IDROLOGICA

7.1 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 Puglia centro-meridionale".

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

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

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 X_t dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata t alle durate stesse, attraverso la relazione:

$$X_t = at^n$$

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

In definitiva il territorio di competenza della regione Puglia è stato suddiviso in 6 aree pluviometriche omogenee, per ognuna delle quali è possibile calcolare la Curva di Possibilità Pluviometrica sulla base delle seguenti equazioni:

Zona 1: $X(t,z) = 28.66 t^{(0.000503z+0.720/3.178)}$

Zona 2: $X(t, z) = 22.23 t^{0.247}$

Zona 3: $X(t,z) = 25.325 t^{(0.696+0.000531z) / 3.178}$

Zona 4: $X(t, z) = 24.70 t^{0.256}$

Zona 5: $X(t,z) = 28.2 t^{(0.628+0.0002z) / 3.178}$

Zona 6: $X(t,z) = 33.7 t^{(0.488+0.0022z) / 3.178}$

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



Figura 20: Aree pluviometriche omogenee VAPI Regione Puglia

Noto il valore di X_t 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:

$$K_T = a + b \ln T$$

Dove a e b sono due parametri che variano in funzione della zona considerata e per la Puglia settentrionale (zone 1, 2, 3 e 4), in riferimento ai parametri statistici, relativi alla legge del fattore di crescita, si fa riferimento alla seguente tabella

Zona omogenea	a	b
Puglia settentrionale	0.5648	0.415

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.

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

TEMPO DI RITORNO	K_T
30 anni	1.98
200 anni	2.76

Tabella 2: Valore del fattore di crescita K_T

Si riportano nel seguito le rappresentazioni grafiche delle curve di possibilità pluviometrica e le loro equazioni in funzione del tempo di pioggia.

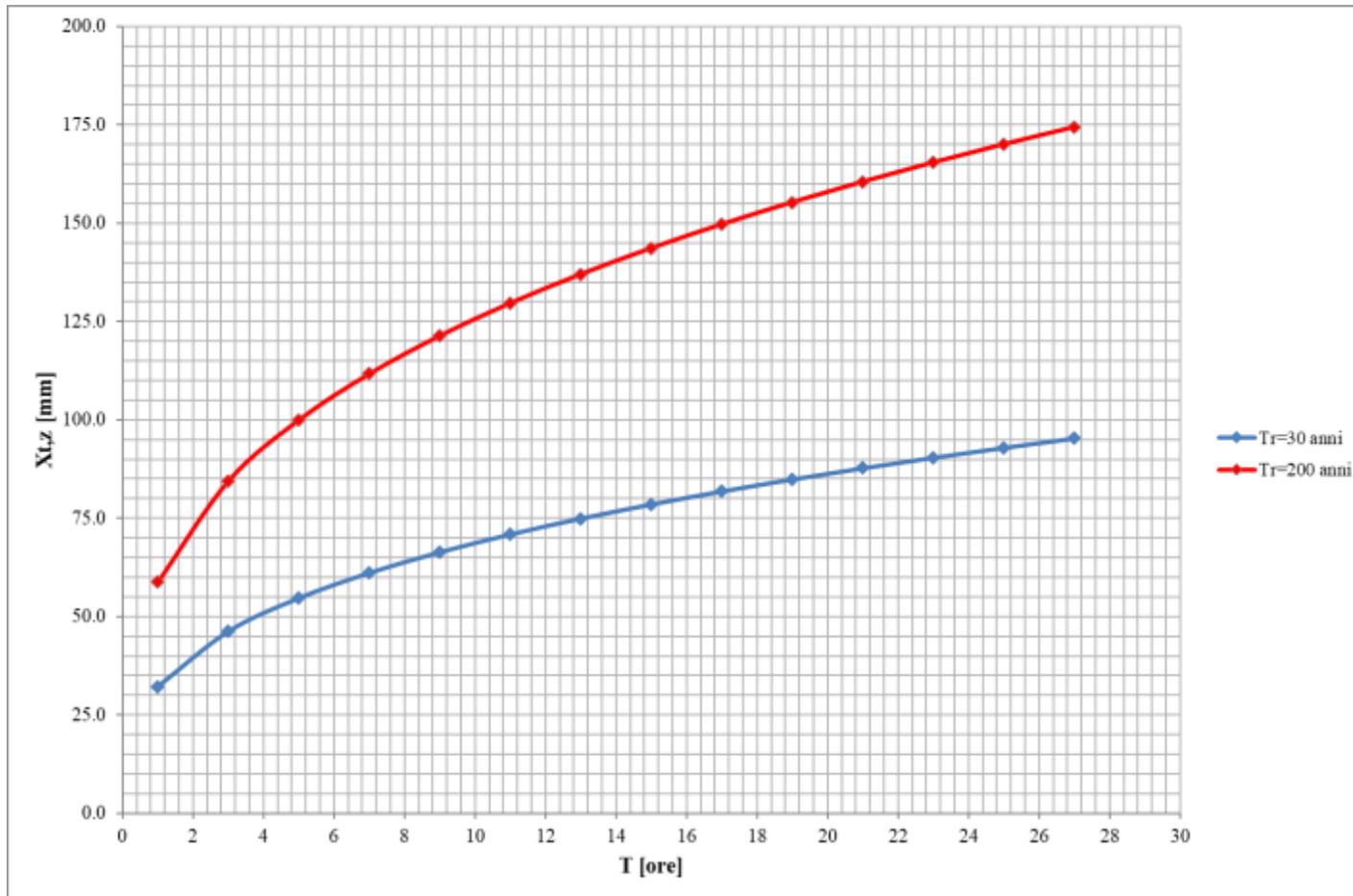


Figura 21: Curva di possibilità pluviometrica

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA COMPLESSIVA NOMINALE DI 33.279,48 kWp DA UBICARE NEL COMUNE DI CASTELLANETA (TA) STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	DATA: APRILE 2021 Pag. 48 di 60
---	--	---------------------------------------

7.2 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 Uniti¹, 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:

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

$$P_n = P - IA$$

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

dove:

P = pioggia totale [mm]

P_e = pioggia efficace o deflusso diretto [mm],

P_n = la pioggia netta [mm],

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

IA = perdite iniziali [mm],

k_{ia} = coefficiente di perdite iniziali.

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

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

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

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

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA COMPLESSIVA NOMINALE DI 33.279,48 kWp DA UBICARE NEL COMUNE DI CASTELLANETA (TA) STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	DATA: APRILE 2021 Pag. 49 di 60
---	--	---------------------------------------

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

	<p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA COMPLESSIVA NOMINALE DI 33.279,48 kWp DA UBICARE NEL COMUNE DI CASTELLANETA (TA)</p> <p align="center">STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> <p align="center">RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p>	<p>DATA: APRILE 2021 Pag. 50 di 60</p>
---	--	--

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

7.3 Valori di portata al colmo 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.

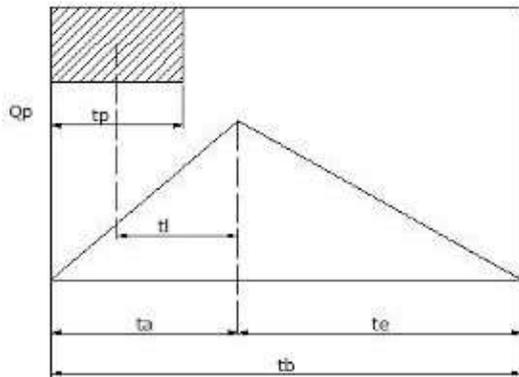


Figura 22: Idrogramma di Mockus

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.

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:

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

In particolare, per la zona omogenea SZOA in cui ricadono i bacini da analizzare nel presente studio si ha

T[anni]	K_T
30	1.57
200	2.87

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA COMPLESSIVA NOMINALE DI 33.279,48 kWp DA UBICARE NEL COMUNE DI CASTELLANETA (TA) STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	DATA: APRILE 2021 Pag. 54 di 60
---	--	---------------------------------------

8 ANALISI IDRAULICA

L'analisi idraulica è stata realizzata considerando la situazione attuale di stato di fatto e si è utilizzato un modello di simulazione monodimensionale in moto permanente.

Sono state valutate le aree interessate dal deflusso ponendo particolare attenzione in corrispondenza:

- **degli attraversamenti;**
- **dell'asta idraulica posta in prossimità alla SSE;**
- **della posizione dei pozzetti delle TOC;**
- **la condizioni di deflusso all'interno dei canali di bonifica;**

per verificare che i deflussi rimangano contenuti delle sezioni di stato di fatto.

8.1 Simulazione idraulica stato di fatto e di progetto.

L'analisi dello stato di fatto è stata realizzata con un modello monodimensionale.

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 e 200 anni calcolate come specificato nella relazione specialistica dedicata all'analisi idrologica.

Le sezioni trasversali, sono state estrapolate dal DTM ricavato dalla cartografia ufficiale e dai punti battuti in fase di rilievo effettuato nell'area delle interferenze singolari, mentre le informazioni geometriche degli attraversamenti sono state ricavate mediante rilievo topografico condotto in situ.

Per quel che riguarda la scabrezza si è fatto riferimento ad un coefficiente di Manning pari a 0.050 $m^{-1/3} s$ 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
ALVEI DI PIANURA			
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
ALVEI DI MONTAGNA (SPONDE CON ALBERI E CESPUGLI)			
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
GOLENE E PIANE INONDABILI			
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 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.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA COMPLESSIVA NOMINALE DI 33.279,48 kWp DA UBICARE NEL COMUNE DI CASTELLANETA (TA) STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	DATA: APRILE 2021 Pag. 56 di 60
---	--	---------------------------------------

9 Caratteristiche fluvio-morfologiche

La soluzione progettuale prevista in progetto per la risoluzione delle interferenze singolari come i ponticelli e gli attraversamenti tombinati è la TOC.

Le incisioni presenti nell'area sono tutte di natura antropica trattandosi di canali di bonifica rivestiti in parte o del tutto in calcestruzzo.

Pertanto, non ha alcun senso valutare la profondità di erosione stimata in corrispondenza della TOC per dimensionare la profondità di posa del cavidotto.

Appare evidente che tale profondità è da determinarsi in funzione della quota, allo stato di fatto, del fondo del canale e a tale valore occorre aggiungere circa 0.50 cm per evitare mutue interazioni della perforazione TOC con il rivestimento rigido in calcestruzzo.

10 CONCLUSIONI

Dai risultati ottenuti si evidenzia che:

- ✓ la corrente risulta essenzialmente prossima allo stato critico per tutti i canali rivestiti sia sul fondo che sulle sponde e per tutte le portate di piena di riferimento; mentre ha caratteristiche di corrente sub-critica (lenta) per i canali che sono parzialmente rivestiti e che risultano inerbiti e vegetati;
- ✓ le portate restano contenute nell'ambito della sezione idrica nei canali di bonifica che perimetrano l'area parco e che la percorrono in senso trasversale;
- ✓ La corrente idrica per tutti i gli altri canali esaminati interessa aree di pertinenza fluviale (aree golenali) spagliando e rimanendo confinata nell'incisione esistente solo per le portate a bassi periodi di ritorno.
- ✓ Gli attraversamenti esistenti, risultano parzialmente occlusi dai materiali limosi e sabbiosi trasportati dalla corrente e le sezioni risultano interamente vegetate. **La risoluzione delle interferenze con i corpi idrici è prevista in TOC.**
- ✓ **Il cavidotto verrà realizzato in trincea su viabilità esistente e, pertanto le opere in progetto non alterano lo stato di fatto in termini di rischio e pericolosità idraulica.**

	<p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA COMPLESSIVA NOMINALE DI 33.279,48 kWp DA UBICARE NEL COMUNE DI CASTELLANETA (TA)</p> <p align="center">STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> <p align="center">RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p>	<p>DATA: APRILE 2021 <i>Pag. 57 di 60</i></p>
---	--	---

Tutte le sezioni ed i dati numerici relativi alla simulazione sono riportati dettagliatamente nelle Appendici A e B.

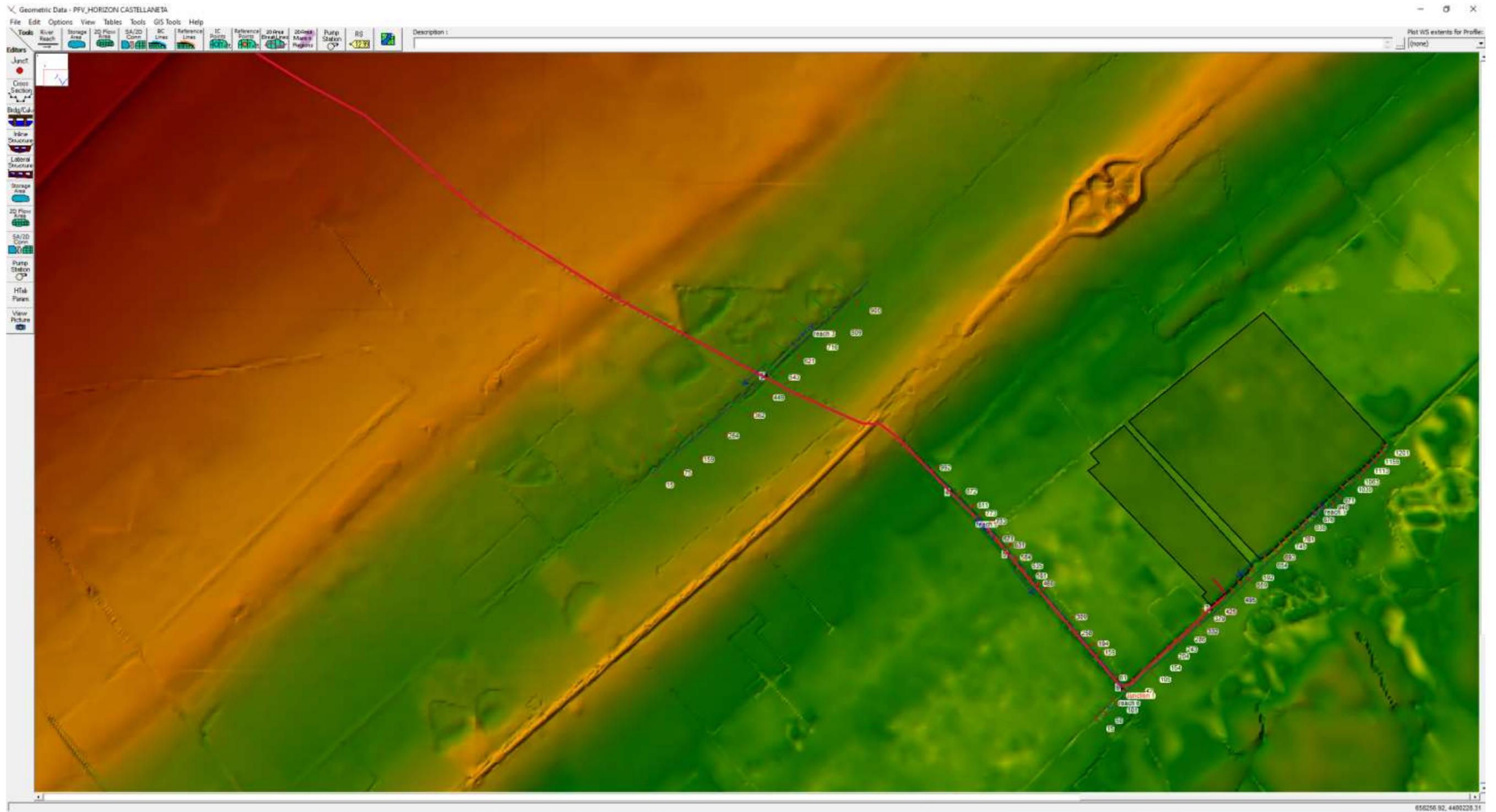


Figura 23: Schema geometrico utilizzato nella modellazione idraulica 1D terrain – terrain – river 5, 6 e 7

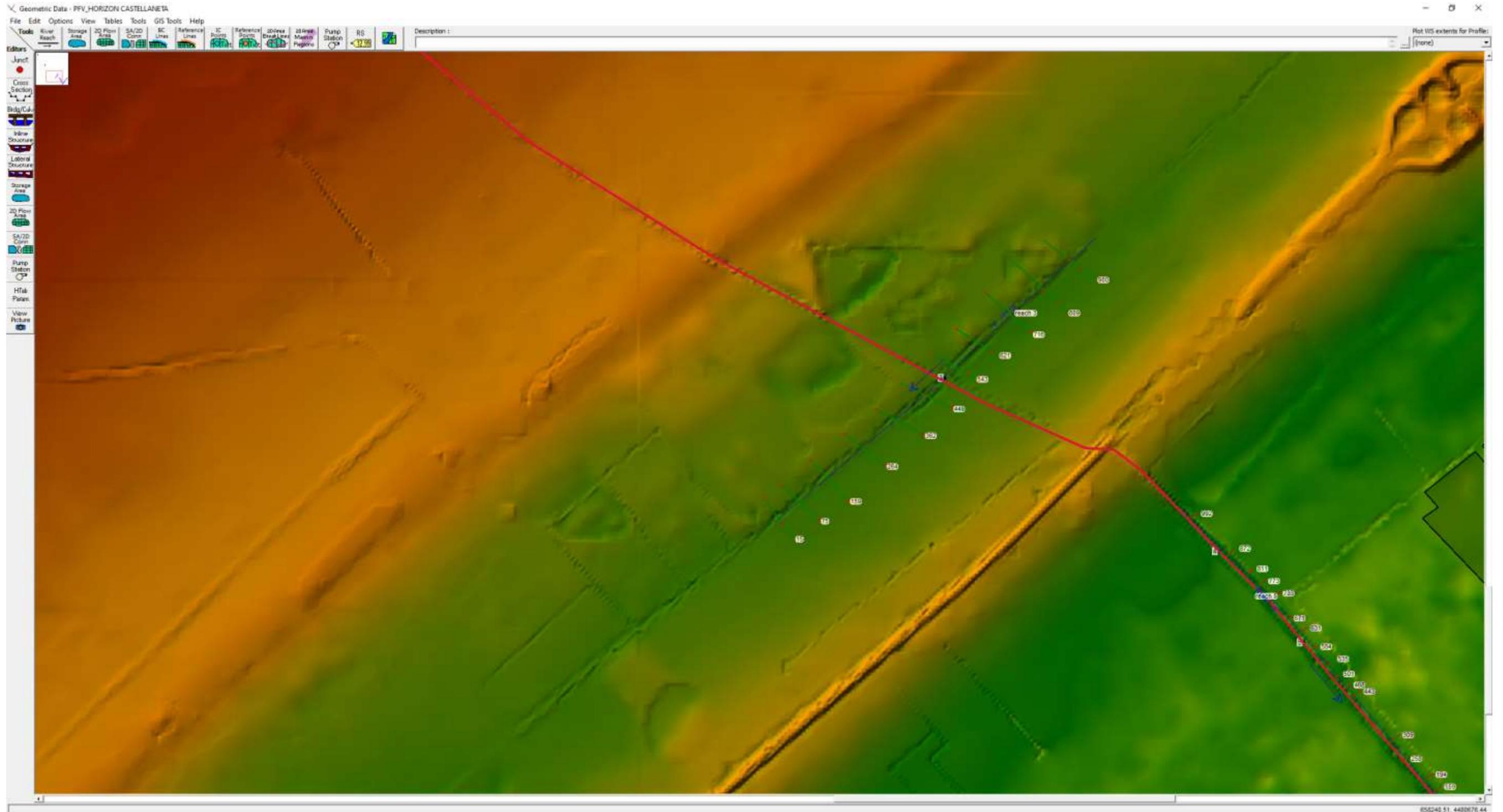


Figura 24: Schema geometrico utilizzato nella modellazione idraulica 1D terrain – terrain – river 3

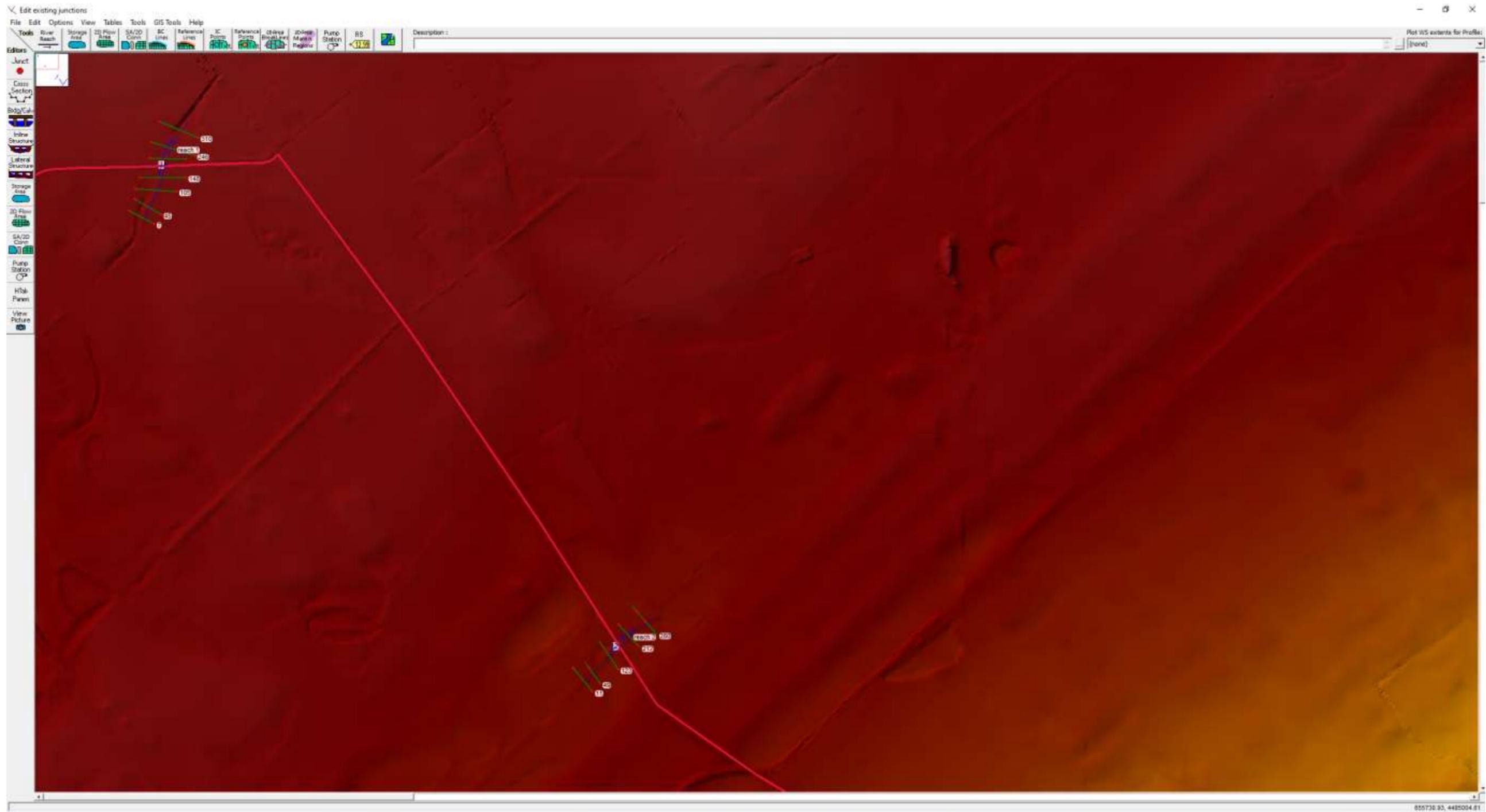


Figura 25: Schema geometrico utilizzato nella modellazione idraulica 1D terrain – terrain – river 1 e 2