

REGIONE PUGLIA  
PROVINCIA DI FOGGIA  
COMUNE DI CERIGNOLA

LOCALITÀ LAGNANO

Oggetto:

PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVENTE POTENZA DI PICCO PARI A 17.57 MWp E POTENZA NOMINALE PARI A 17.31 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

Sezione:

SEZIONE A - RELAZIONI GENERALI

Elaborato:

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

Nome file stampa:

FV.CRG01.PD.A.10.pdf

Codifica Regionale:

IRS75R7\_RelazioneIdrologicaldraulica

Scala:

Formato di stampa:

A4

Nome elaborato:

FV.CRG01.PD.A.10

Tipologia:

R

Proponente:

E-WAY 0 S.r.l.

Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4  
00186 ROMA (RM)  
P.IVA. 16774611004



E-WAY 0 S.R.L.  
P.zza di San Lorenzo in Lucina, 4  
00186 - Roma  
C.F./P.Iva 16774611004  
PEC: e-way0srl@legalmail.it

Progettista:

E-WAY 0 S.r.l.

Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4  
00186 ROMA (RM)  
P.IVA. 16774611004



CODICE	REV. n.	DATA REV.	REDAZIONE	VERIFICA	VALIDAZIONE
FV.CRG01.PD.A.10	00	02/2023	M.Gargione	A.Bottone	A.Bottone

E-WAY 0 S.r.l.

Sede legale  
Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4  
00186 ROMA (RM)  
PEC: e-way0srl@legalmail.it tel. +39 0694414500

**INDICE**

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>LOCALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI .....</b>	<b>9</b>
<b>3.1</b>	<b>Inquadramento delle opere nei territori di competenza dell’Autorità di Bacino.....</b>	<b>9</b>
3.1.1	Compatibilità degli interventi rispetto al Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico.....	9
3.1.2	Compatibilità degli interventi rispetto alle Norme Tecniche di Attuazione .....	11
<b>4</b>	<b>INTERFERENZE CON IL RETICOLO IDROGRAFICO .....</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>ANALISI IDROLOGICA.....</b>	<b>17</b>
<b>5.1</b>	<b>Metodo TCEV .....</b>	<b>17</b>
5.1.1	Procedura di regionalizzazione .....	17
<b>6</b>	<b>MODELLAZIONE IDRAULICA BIDIMENSIONALE IN HEC-RAS.....</b>	<b>21</b>
<b>6.1</b>	<b>Modellazione idraulica con Tr=200 anni .....</b>	<b>21</b>
<b>6.2</b>	<b>Definizione del layout di progetto.....</b>	<b>21</b>
<b>7</b>	<b>INTERFERENZE IDRAULICHE .....</b>	<b>23</b>
<b>7.1</b>	<b>I01 .....</b>	<b>23</b>
7.1.1	Risoluzione dell’interferenza .....	23
<b>7.2</b>	<b>I02 .....</b>	<b>25</b>
7.2.1	Risoluzione dell’interferenza .....	25
<b>7.3</b>	<b>I03 .....</b>	<b>26</b>
7.3.1	Risoluzione dell’interferenza .....	26
<b>7.4</b>	<b>I04 .....</b>	<b>27</b>
7.4.1	Risoluzione dell’interferenza .....	28
<b>7.5</b>	<b>I05 .....</b>	<b>28</b>
7.5.1	Risoluzione dell’interferenza .....	29
7.5.1.1	Modellazione idraulica dell’interferenza .....	30

<b>7.6</b>	<b>I06</b> .....	<b>31</b>
7.6.1	Risoluzione dell'interferenza .....	32
<b>7.7</b>	<b>I07</b> .....	<b>32</b>
7.7.1	Risoluzione dell'interferenza .....	33
<b>7.8</b>	<b>I08</b> .....	<b>33</b>
7.8.1	Risoluzione dell'interferenza .....	33
7.8.1.1	Modellazione idraulica dell'interferenza .....	34
<b>7.9</b>	<b>I09</b> .....	<b>34</b>
7.9.1	Risoluzione dell'interferenza .....	35
<b>7.10</b>	<b>I10</b> .....	<b>35</b>
7.10.1	Risoluzione dell'interferenza .....	36
7.10.1.1	Modellazione idraulica dell'interferenza .....	36
<b>7.11</b>	<b>I11</b> .....	<b>37</b>
7.11.1	Risoluzione dell'interferenza .....	38
7.11.1.1	Dimensionamento della sezione di tubazione .....	38
<b>7.12</b>	<b>I12</b> .....	<b>39</b>
7.12.1	Risoluzione dell'interferenza .....	40
7.12.1.1	Dimensionamento della sezione di tubazione .....	40
<b>7.13</b>	<b>I13</b> .....	<b>41</b>
7.13.1	Risoluzione dell'interferenza .....	41
7.13.1.1	Dimensionamento della sezione di tubazione .....	42
<b>7.14</b>	<b>I14</b> .....	<b>42</b>
7.14.1	Risoluzione dell'interferenza .....	43
7.14.1.1	Dimensionamento della sezione di tubazione .....	43
<b>7.15</b>	<b>I15</b> .....	<b>44</b>
7.15.1	Risoluzione dell'interferenza .....	45
7.15.1.1	Dimensionamento della sezione di tubazione .....	45
<b>7.16</b>	<b>I16</b> .....	<b>45</b>
7.16.1	Risoluzione dell'interferenza .....	46
7.16.1.1	Dimensionamento della sezione di tubazione .....	46
<b>8</b>	<b>RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE: TABELLA RIASSUNTIVA</b> .....	<b>48</b>



**RELAZIONE IDROLOGICA E  
IDRAULICA**

CODICE	FV.CRG01.PD.A.10
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	02/23
PAGINA	3 di 54

**9    REGIMENTAZIONE DELLE ACQUE METEORICHE ..... 49**

**10    CENNI SUL FENOMENO DELL'EROSIONE..... 51**

**11    CONCLUSIONI..... 53**

**12    BIBLIOGRAFIA ..... 54**

---

## INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1 - Inquadramento dell'area di impianto su ortofoto .....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 2 - Inquadramento delle opere di progetto su ortofoto.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 3 - Individuazione planimetrica delle interferenze da I01 a I06 (Rif. EO.CRG01.PD.A.10.1) .....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 4 - Individuazione planimetrica delle interferenza da I07 a I10 (Rif. EO.CRG01.PD.A.10.2) .....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 5 - Individuazione planimetrica delle interferenze dalla I11 alla I16 (Rif. EO.CRG01.PD.A.10.3).....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 6 - Rappresentazione dei bacini idrografici di monte relativi alle interferenze idrauliche.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 7 - Inquadramento dell'area oggetto di analisi (in magenta) rispetto alle zone pluviometriche omogenee (Fonte: Vapi Puglia).....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 8 – Rappresentazione delle fasce di allagamento calcolate con HEC-RAS.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 9 - Layout di progetto rappresentato con le fasce di allagamento riferite ad una precipitazione con Tr pari a 200 anni.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 10 - Inquadramento della I01 rispetto ad ortofoto e CTR.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 11 - Idrogramma di piena relativo al bacino idrografico di monte dell'interferenza con riferimento ad una precipitazione a Tr pari a 200 anni .....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 12 - Rappresentazione della fascia di allagamento rispetto all'interferenza I01.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 13 - Schema tipologico di risoluzione dell'interferenza mediante lo scavo in sub-alveo .....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 14 - Inquadramento della I02 rispetto ad ortofoto e CTR.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 15 - Inquadramento della I03 rispetto ad ortofoto e CTR.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 16 – Schema tipologico di risoluzione dell'interferenza con il passaggio del cavidotto al di sopra dell'opera di canalizzazione esistente.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 17 - Schema tipologico di risoluzione dell'interferenza con il passaggio del cavidotto al di sotto dell'opera di canalizzazione esistente.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 18 - Inquadramento della I04 rispetto ad ortofoto e CTR.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 19 - Inquadramento della I05 rispetto ad ortofoto e CTR.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 20 - Schema tipologico di risoluzione dell'interferenza tramite TOC .....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 21 - Idrogramma di piena relativo al bacino idrografico di monte dell'interferenza con riferimento ad una precipitazione a Tr pari a 200 anni .....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 22 - Rappresentazione della fascia di allagamento rispetto all'interferenza I05.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 23 - Inquadramento della I06 rispetto ad ortofoto e CTR.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 24 - Inquadramento della I07 rispetto ad ortofoto e CTR.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 25 - Inquadramento della I08 rispetto ad ortofoto e CTR.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 26 - Idrogramma di piena relativo al bacino idrografico di monte dell'interferenza con riferimento ad una precipitazione a Tr pari a 200 anni .....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 27 - Rappresentazione della fascia di allagamento rispetto all'interferenza I08.....</i>	<i>34</i>

<i>Figura 28 - Inquadramento della I09 rispetto ad ortofoto e CTR.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 29 - Inquadramento della I10 rispetto ad ortofoto e CTR.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 30 - Idrogramma di piena relativo al bacino idrografico di monte dell'interferenza con riferimento ad una precipitazione a Tr pari a 200 anni .....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 31 - Rappresentazione della fascia di allagamento rispetto all'interferenza I10.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 32 - Inquadramento della I11 rispetto ad ortofoto e CTR.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 33 - Schema tipologico di risoluzione dell'interferenza mediante il dimensionamento di una tubazione realizzata mediante uno scavo nel terreno .....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 34 - Inquadramento della I12 rispetto ad ortofoto e CTR.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 35 - Inquadramento della I13 rispetto ad ortofoto e CTR.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 36 - Inquadramento della I14 rispetto ad ortofoto e CTR.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 37 - Inquadramento della I15 rispetto ad ortofoto e CTR.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 38 - Inquadramento della I16 rispetto ad ortofoto e CTR.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 39 - Sezione tipo del canale trapezoidale .....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 40 - Esempio di immagine che rappresenta i materassi Reno .....</i>	<i>50</i>

## INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1 - Elenco delle interferenze idrauliche individuate.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabella 2 - Parametri necessari all'individuazione della curva di probabilità pluviometrica .....</i>	<i>19</i>
<i>Tabella 3 - Dimensionamento della sezione della tubazione per l'interferenza I11.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabella 4 - Dimensionamento della sezione della tubazione per l'interferenza I12.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabella 5 - Dimensionamento della sezione della tubazione per l'interferenza I13.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabella 6 - Dimensionamento della sezione della tubazione per l'interferenza I14.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabella 7 - Dimensionamento della sezione della tubazione per l'interferenza I15.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabella 8 - Dimensionamento della sezione della tubazione per l'interferenza I16.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabella 9 - Risoluzione delle interferenze del cavidotto.....</i>	<i>48</i>

## 1 PREMESSA

Il presente elaborato è riferito al progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto agro-fotovoltaico di produzione di energia elettrica da fonte solare, sito in agro di Cerignola (FG), località Lagnano.

In particolare, l'impianto in progetto ha una potenza di picco pari a 17.57 MWp e una potenza nominale di 17.31 MW ed è costituito dalle seguenti sezioni principali:

1. Un campo agro-fotovoltaico suddiviso in 4 sottocampi, costituiti da moduli fotovoltaici bifacciali aventi potenza nominale pari a 670 Wp cadauno ed installati su strutture ad inseguimento solare mono-assiali (tracker);
2. Una stazione integrata per la conversione e trasformazione dell'energia elettrica detta "*Power Station*", per ogni sottocampo dell'impianto;
3. Una Cabina di Raccolta e Misura a 36 kV;
4. Linee elettriche a 36 kV in cavo interrato per l'interconnessione delle Power Station di cui al punto 2, con la Cabina di Raccolta e Misura;
5. Una linea elettrica a 36 kV in cavo interrato per l'interconnessione della Cabina di Raccolta e Misura con la Futura SE satellite 150/36 kV alla SE RTN 380/150 Castelluccio dei Sauri.

Titolare dell'iniziativa proposta è la società E-Way 0 S.R.L., avente sede legale in Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4 - 00198 Roma (RM), P.IVA 16774611004.





### 3 LOCALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI

#### 3.1 Inquadramento delle opere nei territori di competenza dell'Autorità di Bacino

Il territorio dell'Autorità di Bacino della Puglia comprende oltre all'intera estensione della regione pugliese anche la parte nord-orientale dei territori delle regioni Campania e Basilicata. L'impianto agro-fotovoltaico e le opere annesse ricadono all'interno del bacino idrografico del Torrente Carapelle.

Il Torrente Carapelle nasce dall'Appennino campano, in provincia di Benevento ed ha un'estensione di 714,9 km<sup>2</sup>. Ha origine dall'unione del Torrente Calaggio col Torrente San Gennaro. Canalizzato verso il suo sfocio in mare, dà origine al canale Carapellotto ed al canale Regina. Sfocia, dopo circa 85 km di percorso, nel golfo di Manfredonia a nord di Torre Rivoli. Il Torrente Carapelle e le opere di progetto attraversano la parte meridionale del "Tavoliere", che rappresenta la più vasta pianura dell'Italia meridionale. I terreni in esso affioranti sono costituiti soprattutto da sedimenti clastici plio-quadernari sui quali si estendono grandi manti alluvionali pleistocenici ed olocenici.

La Puglia è caratterizzata da un clima tipicamente mediterraneo, con inverno mite e poco piovoso e stagione estiva calda e secca, appartiene dunque alle aree con climi marittimi temperati. La presenza dell'Appennino offre alla regione un certo riparo dai venti occidentali, pur rimanendo esposta alle correnti atmosferiche provenienti dall'Adriatico e da Sud. Questo le conferisce una minore piovosità rispetto alle regioni del versante tirrenico ed è anche causa di frequenti passaggi bruschi tra tempi meteorologici diversi. I mesi estivi sono caratterizzati da siccità dovuta alle masse d'aria calda e secca tropicale che dominano sul bacino recate in genere da venti sciroccali, avvicendate con periodi sereni e piuttosto freddi provocati da venti settentrionali e di nord-est.

Le portate medie dei torrenti sono assai esigue. Il regime è fortemente irregolare e torrentizio caratterizzato da magre estive e da piene autunnali-invernali, che in passato hanno dato luogo a rovinose esondazioni. Il regime dei deflussi è principalmente condizionato da quello degli afflussi, data la mancanza di forti precipitazioni nevose e di apporti glaciali.

##### 3.1.1 Compatibilità degli interventi rispetto al Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico

Il Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico, redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 della Legge n. 183/1989 ed approvato con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 39 del 30/11/2005, si configura quale *"documento di carattere conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, difesa e valorizzazione del suolo e*

*alla corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato*". Il PAI della Regione Puglia ha le seguenti finalità:

- la sistemazione, la conservazione ed il recupero del suolo nei bacini idrografici, con interventi idrogeologici, idraulici, idraulico-forestali, idraulico-agrari compatibili con i criteri di recupero naturalistico;
- la difesa ed il consolidamento dei versanti e delle aree instabili, nonché la difesa degli abitati e delle infrastrutture contro i movimenti franosi e gli altri fenomeni di dissesto;
- il riordino del vincolo idrogeologico;
- la difesa, la sistemazione e la regolazione dei corsi d'acqua;
- lo svolgimento funzionale dei servizi di polizia idraulica, di piena e di pronto intervento idraulico, nonché della gestione degli impianti.

Le finalità richiamate sono perseguite mediante:

- la definizione del quadro del rischio idraulico ed idrogeologico in relazione ai fenomeni di dissesto evidenziati;
- l'adeguamento degli strumenti urbanistico-territoriali;
- l'apposizione di vincoli, l'indicazione di prescrizioni, l'erogazione di incentivi e l'individuazione delle destinazioni d'uso del suolo più idonee in relazione al diverso grado di rischio;
- l'individuazione di interventi finalizzati al recupero naturalistico ed ambientale, nonché alla tutela ed al recupero dei valori monumentali ed ambientali presenti;
- l'individuazione di interventi su infrastrutture e manufatti di ogni tipo, anche edilizi, che determinino rischi idrogeologici, anche con finalità di rilocalizzazione;
- la sistemazione dei versanti e delle aree instabili a protezione degli abitati e delle infrastrutture con modalità di intervento che privilegino la conservazione ed il recupero delle caratteristiche naturali del terreno;
- la difesa e la regolazione dei corsi d'acqua, con specifica attenzione alla valorizzazione della naturalità dei bacini idrografici;
- il monitoraggio dello stato dei dissesti.

### 3.1.2 Compatibilità degli interventi rispetto alle Norme Tecniche di Attuazione

Le Norme di Attuazione del PAI, approvate con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 39 del 30/11/2005, definiscono le disposizioni da applicare alle aree a pericolosità idraulica. Nello specifico, all'art. 4, comma 3, è definito:

*“Nelle aree a pericolosità idraulica, tutte le nuove attività e i nuovi interventi devono essere tali da:*

- *migliorare o comunque non peggiorare le condizioni di funzionalità idraulica;*
- *non costituite in nessun capo un fattore di aumento della pericolosità idraulica né localmente, né nei territori a valle o a monte, producendo significativi ostacoli al normale deflusso delle acque ovvero causando una riduzione significativa della capacità di invaso delle aree interessate;*
- *non costituire un elemento pregiudizievole all'attenuazione o all'eliminazione delle specifiche cause di rischio esistenti;*
- *non pregiudicare le sistemazioni idrauliche definitive né la realizzazione degli interventi previsti dalla pianificazione di bacino o dagli strumenti di programmazione provvisoria e urgente;*
- *garantire condizioni adeguate di sicurezza durante la permanenza di cantieri mobili, in modo che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un ostacolo significativo al regolare deflusso delle acque;*
- *limitare l'impermeabilizzazione superficiale del suolo impiegando tipologie costruttive e materiali tali da controllare la ritenzione temporanea delle acque anche attraverso adeguate reti di regimazione e di drenaggio;*
- *rispondere a criteri di basso impatto ambientale facendo ricordo, laddove possibile, all'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica.”*

**Si preme sottolineare che nessuna delle opere di progetto ricade all'interno della perimetrazione delle aree soggette a pericolosità idraulica.**

L'art. 10 dal titolo “Disciplina delle fasce di pertinenza fluviale”, al comma 2, definisce che:

*“All'interno delle fasce di pertinenza fluviale sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio, a condizione che venga preventivamente verificata la sussistenza delle condizioni di sicurezza idraulica, come definita all'art. 36, sulla base di uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica subordinato al parere favorevole dell'Autorità di Bacino”.*

L'art. 36 nelle NTA definisce il concetto di “sicurezza idraulica” come: *“condizione associata alla pericolosità idraulica per fenomeni di insufficienza del reticolo di drenaggio e generalmente legata alla non inondabilità*



**RELAZIONE IDROLOGICA E  
IDRAULICA**

CODICE FV.CRG01.PD.A.10

REVISIONE n. 00

DATA REVISIONE 02/23

PAGINA 12 di 54

*per eventi di assegnata frequenza. Agli effetti del PAI si intendono in sicurezza idraulica le aree non inondate per eventi con tempo di ritorno fino a 200 anni”.*

**A tal proposito, la presente relazione vuole analizzare lo stato di “sicurezza idraulica” dei corsi d’acqua interessati attraverso la modellazione bidimensionale con un regime di precipitazione a tempo di ritorno 200 anni.**

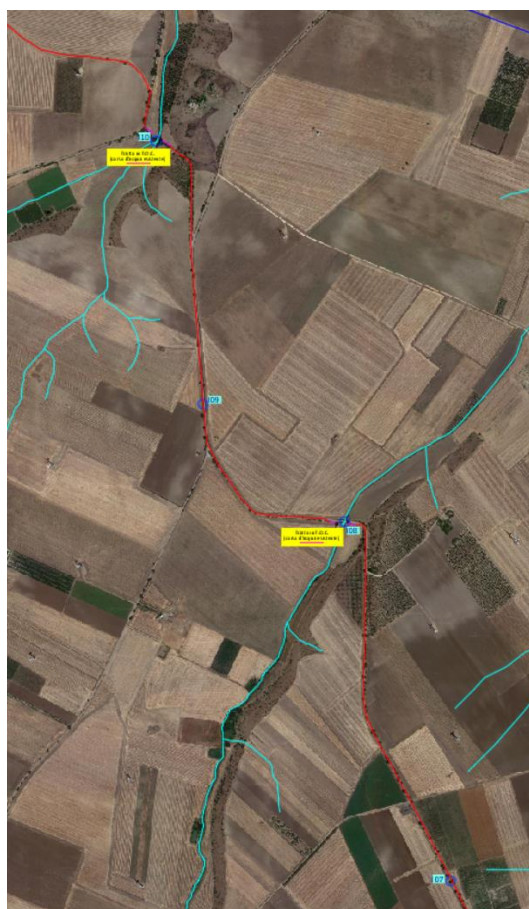


## 4 INTERFERENZE CON IL RETICOLO IDROGRAFICO

L'area interessata dalle opere di progetto si sviluppa su un reticolo idrografico abbastanza ampio, determinando una serie di interferenze tra il cavidotto e i corsi d'acqua.



**Figura 3 - Individuazione planimetrica delle interferenze da I01 a I06 (Rif. EO.CRG01.PD.A.10.1)**



**Figura 4 - Individuazione planimetrica delle interferenze da I07 a I10 (Rif. EO.CRG01.PD.A.10.2)**

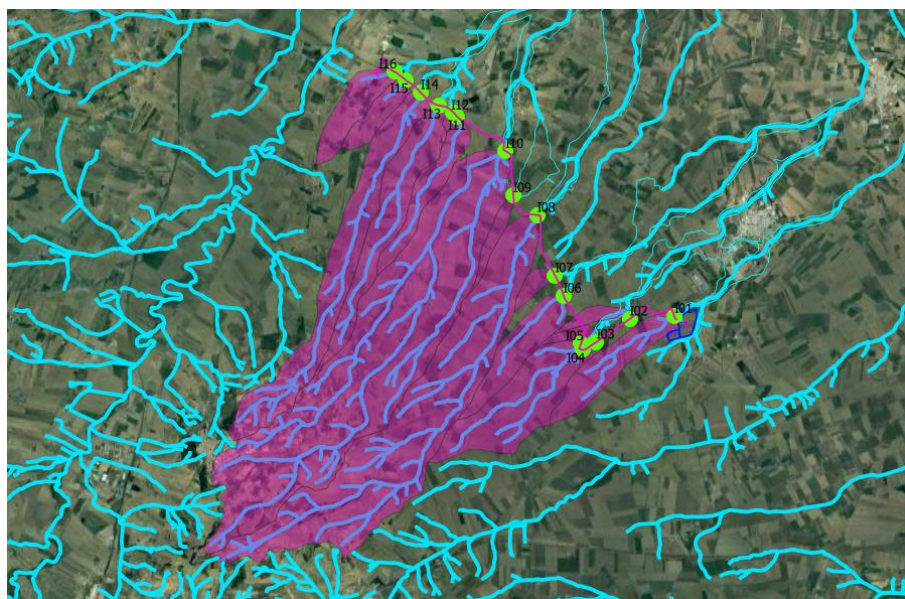


**Figura 5 - Individuazione planimetrica delle interferenze dalla I11 alla I16 (Rif. EO.CRG01.PD.A.10.3)**

Per ogni interferenza idraulica sono individuati due bacini idrografici, uno a monte dell'interferenza e uno a valle, entrambi sono fondamentali ai fini della compatibilità idraulica poiché:

- il bacino di monte consente il calcolo delle portate che confluiscono nell'interferenza, in particolare consente di determinare l'idrogramma di piena ad assegnato tempo di ritorno;
- il bacino di valle permette di effettuare una modellazione idraulica bidimensionale finalizzata all'individuazione delle "fasce di allagamento", che permettono di comprendere l'entità della portata che attraversa l'interferenza e quindi eventualmente in che modo realizzare i manufatti idraulici per adeguare le opere di progetto.

In particolare, le opere di progetto interferiscono in 16 punti con il reticolo idrografico, generando il medesimo numero di interferenze. Nella Figura 6 sono rappresentati i bacini idrografici tracciati, con evidenza delle interferenze idrauliche, nello specifico sono rappresentati i bacini idrografici di monte, necessari al calcolo della portata di piena.



**Figura 6 - Rappresentazione dei bacini idrografici di monte relativi alle interferenze idrauliche**

Le interferenze individuate sono state verificate *in situ* mediante appositi sopralluoghi tecnici, mirati anche a capire la presenza di eventuali manufatti idraulici esistenti atti a mitigare le portate derivanti dai fenomeni di precipitazione. Ognuna delle interferenze succitate è stata studiata singolarmente con lo scopo di trovare la metodologia di risoluzione più efficace.

**Tabella 1 - Elenco delle interferenze idrauliche individuate**

Interferenza	Tipologia d'alveo	Denominazione	Opera interferente
101	Corso d'acqua rinvenuto dal Reticolo Idrografico UoM Puglia (agg. 2022)	Privo di denominazione	Cavidotto
102	Corso d'acqua rinvenuto da foto satellitari	Privo di denominazione	Cavidotto
103	Corso d'acqua rinvenuto dal Reticolo Idrografico UoM Puglia (agg. 2022)	Privo di denominazione	Cavidotto
104	Opera di canalizzazione delle acque rinvenuta da foto satellitari	Privo di denominazione	Cavidotto
105	Corso d'acqua rinvenuto dal Reticolo Idrografico UoM Puglia (agg. 2022) e tutelato ai sensi dell'art. 142 del D. Lgs. n. 42/2004	Marana la Pidocchiosa	Cavidotto
106	Corso d'acqua rinvenuto dal Reticolo Idrografico UoM Puglia (agg. 2022)	Privo di denominazione	Cavidotto
107	Opera di canalizzazione delle acque rinvenuta da foto satellitari	Privo di denominazione	Cavidotto
108	Corso d'acqua rinvenuto dal Reticolo Idrografico UoM Puglia (agg. 2022) e tutelato ai sensi dell'art. 142 del D. Lgs. n. 42/2004	Canale Ponticello, San Spirito e S. Leonardo	Cavidotto
109	Opera di canalizzazione delle acque rinvenuta da foto satellitari	Privo di denominazione	Cavidotto
110	Corso d'acqua rinvenuto dal Reticolo Idrografico UoM Puglia (agg. 2022) e tutelato	Canale Biasifiocco e Montecorvo	Cavidotto



**RELAZIONE IDROLOGICA E  
IDRAULICA**

CODICE FV.CRG01.PD.A.10

REVISIONE n. 00

DATA REVISIONE 02/23

PAGINA 16 di 54

Interferenza	Tipologia d'alveo	Denominazione	Opera interferente
	ai sensi dell'art. 142 del D. Lgs. n. 42/2004		
I11	Corso d'acqua rinvenuto dal Reticolo Idrografico UoM Puglia (agg. 2022)	Privo di denominazione	Cavidotto
I12	Corso d'acqua rinvenuto da foto satellitari	Privo di denominazione	Cavidotto
I13	Corso d'acqua rinvenuto dal Reticolo Idrografico UoM Puglia (agg. 2022)	Privo di denominazione	Cavidotto
I14	Corso d'acqua rinvenuto dal Reticolo Idrografico UoM Puglia (agg. 2022)	Privo di denominazione	Cavidotto
I15	Corso d'acqua rinvenuto dal Reticolo Idrografico UoM Puglia (agg. 2022)	Privo di denominazione	Cavidotto
I16	Corso d'acqua rinvenuto dal Reticolo Idrografico UoM Puglia (agg. 2022)	Privo di denominazione	Cavidotto

## 5 ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica del progetto agro-fotovoltaico in esame è stata condotta utilizzando il Metodo VAPI "Valutazione delle piene in Puglia" (Copertino e Fiorentino, 1994) predisposto in collaborazione tra il CNR ed il GNDCl. Tale metodo consente di effettuare un'indagine pluviometrica in modo indiretto per la stima della portata dei corpi idrici per i quali non sono disponibili abbastanza dati pluviometrici. In particolare, il progetto VAPI va ad effettuare una regionalizzazione dei parametri probabilistici per la stima delle portate finalizzata ad una interpretazione delle modalità con cui variano nello spazio le diverse grandezze idrologiche.

### 5.1 Metodo TCEV

Il metodo TCEV (Two Component Extreme Value Distribution) permette di determinare le altezze di pioggia  $h$  e le relative intensità  $i$ , seguendo una tecnica di regionalizzazione dei dati pluviometrici messa a punto dal progetto VAPI. La regionalizzazione permette di superare i limiti relativi alla scarsa informazione pluviometrica, spesso costituita da serie storiche di durata limitata e quindi poco attendibile per studi di natura statistica, andando ad individuare una distribuzione temporale dei parametri caratteristici delle precipitazioni in Puglia. Il modello TCEV tiene conto della differente provenienza degli estremi idrologici, attraverso una funzione data dalla combinazione di due funzioni di tipo Gumbel: la prima assume valori non elevati ma frequenti, la seconda genera eventi più rari ma decisamente più intensi. L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV ha consentito di costruire un modello regionale di tipo gerarchico, basato su livelli successivi di indagine che permettono di ottimizzare l'informazione ricavabile dai dati disponibili e dal numero disponibile di stazioni della rete di misura.

#### 5.1.1 Procedura di regionalizzazione

La procedura di regionalizzazione comporta che al primo livello si ricerchino delle zone pluviometriche omogenee entro le quali possano ritenersi costanti i valori di  $\Lambda^*$  e  $\Theta^*$ , e quindi anche il coefficiente di asimmetria. Al secondo livello di regionalizzazione è stata avanzata l'ipotesi che l'intera regione possa essere assimilata ad un'unica zona omogenea con un unico valore di  $\Lambda_1$ , i cui valori regionali sono riportati di seguito.

Regione	$\Lambda^*$	$\Theta^*$	$\Lambda_1$
Puglia	2,3515	0,7721	44,629

Le zone omogenee individuate con il secondo livello di regionalizzazione si parzializzano al terzo livello, nel quale si analizza la variabilità spaziale delle serie storiche in relazione ai fattori locali. Ciò ha consentito di

proporre la stima dei valori medi dei massimi annuali di precipitazione anche in siti sprovvisti di stazioni di misura o con serie storiche di lunghezza ridotta. Osservando un numero di n. 85 serie caratterizzate da almeno 10 anni di osservazione è stato osservato che la Puglia non si comporta come un'unica zona omogenea. A tal fine sono state individuate quattro zone pluviometriche omogenee, i cui elementi caratteristici vengono riassunti nell'immagine di seguito.

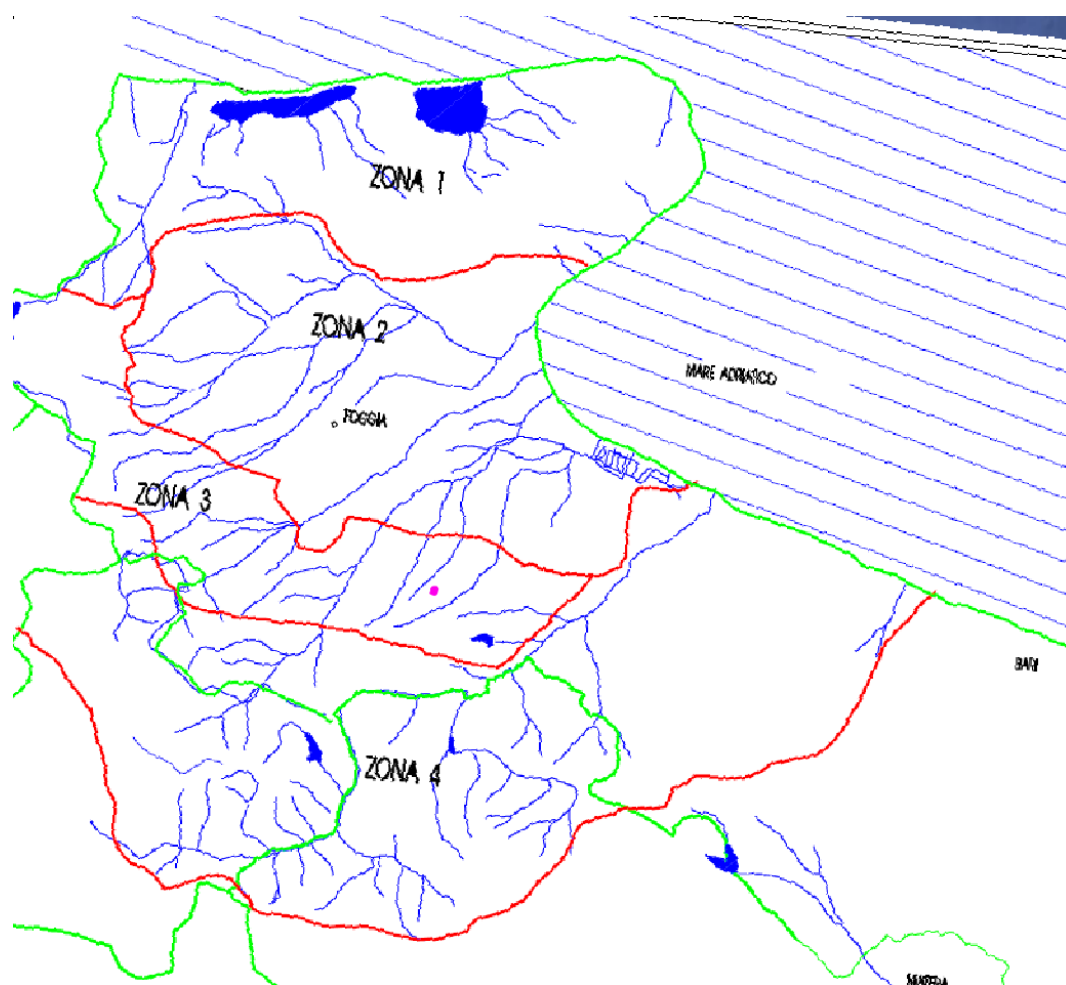


Figura 7 - Inquadramento dell'area oggetto di analisi (in magenta) rispetto alle zone pluviometriche omogenee (Fonte: Vapi Puglia)

Come si può constatare dalla Figura 7, le opere di progetto sono ubicate all'interno della Zona Pluviometrica Omogenea 3.

In analogia ai risultati classici della statistica idrologica, per ogni sito è possibile legare il valor medio  $m[h(d)]$  dei massimi annuali di precipitazione di diversa durata dalle durate stesse, attraverso la ben nota relazione:

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

essendo  $a$  ed  $n$  i due parametri che variano da sito a sito. Tale equazione prende il nome di “curva di probabilità pluviometrica”. Giova considerare che all’interno di una zona omogenea la dipendenza di  $m[h(d)]$  dalla quota  $Z$  del sito di analisi, quando esistente, non sia omogenea per tutte le durate  $t$ . Ne consegue che, alla luce di quanto tutto asserito, è stata osservata per le ZPO da 1 a 3 una dipendenza di  $m[h(d)]$  dalla quota del sito, ciò induce a generalizzare la formula sopra inserita nella forma:

$$m[h(d)] = a \cdot d^{\frac{(C \cdot Z + D + \ln \alpha - \ln a)}{\ln 24}}$$

Per le quattro ZPO i parametri necessari all’individuazione della curva di probabilità pluviometrica sono illustrati nella Tabella 2.

**Tabella 2 - Parametri necessari all’individuazione della curva di probabilità pluviometrica**

ZPO	$\alpha$	$a$	C	D	N
1	0,89	28,66	0,00503	3,959	-
2	0,89	22,23	-	-	0,247
3	0,89	25,325	0,000531	3,811	-
4	0,89	24,7	-	-	0,256

Il calcolo dell’altezza di precipitazione per la zona di interesse avviene moltiplicando il valor medio dei massimi annuali di precipitazione di diversa durata  $d$  per il fattore di crescita  $K_T$ :

$$h = K_T \cdot m[h(d)]$$

Sulla scorta dei valori regionali dei parametri  $\Lambda^*$ ,  $\Theta^*$  e  $\Lambda_1$  è possibile calcolare la curva di crescita per la Puglia settentrionale a fissato tempo di ritorno  $T$  mediante l’espressione:

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

in cui i parametri  $a$  e  $b$  sono a loro volta dipendenti dai valori regionali  $\Lambda^*$ ,  $\Theta^*$  e  $\Lambda_1$ . A tal proposito, considerati i parametri assunti dalla distribuzione TCEV in Puglia, il coefficiente di crescita  $K_T$  assume, per la Puglia settentrionale, la seguente espressione:

$$K_T = 0,5648 + 0,415 \cdot \ln T$$

Si riportano di seguito dei valori teorici del coefficiente di crescita  $K_T$  per le piogge in Puglia, a fissato tempo di ritorno  $T$ .

T [anni]	20	50	100	200	500
$K_T$	1,81	2,19	2,48	2,77	3,15

Una volta ottenuta l'altezza di pioggia a durata fissata  $h(d)$  è possibile calcolare la portata al colmo di piena mediante il metodo della formula razionale, che consente la valutazione della portata di piena di assegnato tempo di ritorno  $T$  mediante la seguente relazione:

$$Q = \frac{I(t_r) \cdot A \cdot C^*}{3,6}$$

dove:

- $Q$  è la portata di piena ad assegnato tempo di ritorno  $T$ , ed è espressa in  $m^3/s$ ;
- $I(t_r)$  è l'intensità critica della precipitazione ad assegnato tempo di ritorno (corrispondente al tempo di ritardo) in  $mm/h$ ;
- $A$  è la superficie del bacino idrografico espressa in  $km^2$ ;
- $C^*$  è il coefficiente probabilistico di piena, che porta in conto sia dell'effetto naturale di laminazione del picco di piena rispetto al picco di pioggia, sia dell'effetto di riduzione areale delle piogge e delle perdite idrologiche nel bilancio di piena (dovute principalmente al fenomeno dell'infiltrazione del suolo e all'intercettazione da parte della vegetazione).

Il valore di  $C^*$  può essere calcolato in base alla seguente espressione, valida su base regionale:

$$C^* = 0,09 + 0,47(1 - PE)$$

dove  $PE$  è la percentuale di superficie del bacino caratterizzata da una permeabilità medio-elevata.

Giova ricordare che per tempo di ritardo di un evento di piena si intende la distanza temporale tra i baricentri dell'idrogramma di piena superficiale e dello ietogramma efficace che lo ha generato e che, per tempo di ritardo caratteristico  $t_r$  del bacino idrografico, si intende il valore medio a cui questo tende all'aumentare del periodo di ritorno  $T$  della portata al colmo di piena dell'idrogramma. Per i bacini pugliesi è possibile calcolare il tempo di ritardo  $t_r$  con la seguente espressione:

$$t_r = 0,344 \cdot A^{0,5}$$

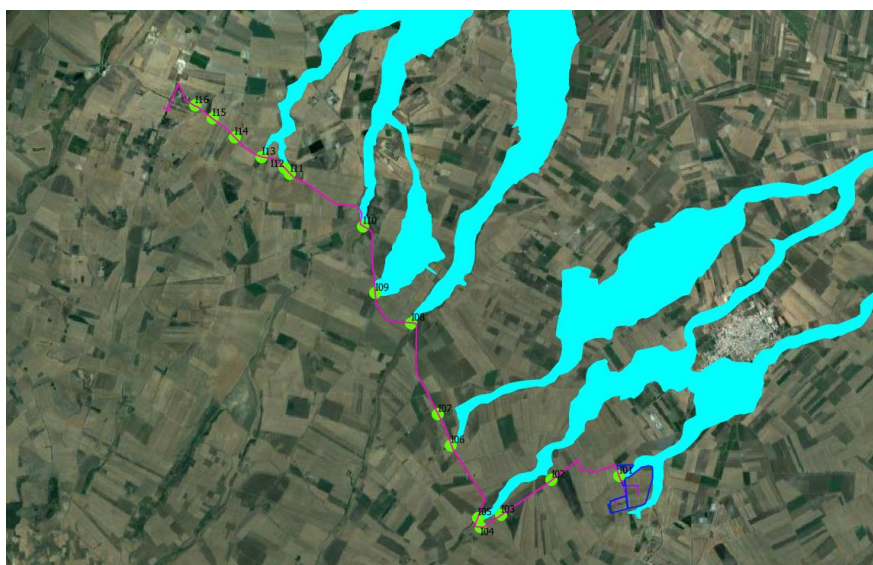
dove  $t_r$  è il tempo di ritardo espresso in ore (h) e  $A$  è la superficie del bacino espressa in  $km^2$ .

## 6 MODELLAZIONE IDRAULICA BIDIMENSIONALE IN HEC-RAS

Per il progetto in esame è stato utilizzato il codice di calcolo HEC-RAS 6.2, sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers. Il codice di calcolo permette l'implementazione di modelli numerico-idraulici di canali naturali ed artificiali e per ricostruire con un accettabile grado di approssimazione la geometria, la dinamica fluviale e la risposta di un corso d'acqua agli interventi in alveo.

### 6.1 Modellazione idraulica con $Tr=200$ anni

La geometria dello stato di fatto è stata ricostruita utilizzando un DTM 10x10 m, non disponendo di basi con risoluzione superiore, portando in conto eventuali approssimazioni dei risultati in output dovuti al modello morfologico non del tutto rappresentativo delle condizioni reali. A partire da tale base sono stati tracciati i bacini idrografici a valle di ognuna delle 16 interferenze e successivamente rappresentati e modellati in HEC-RAS. Il dato output fornito dal software HEC-RAS, adoperato nel presente studio di compatibilità, è relativo al parametro "Depth", ossia il valore del tirante idrico corrispondente ad un  $Tr=200$  anni planimetricamente disposto e rappresentato come fascia di allagamento. Di tutte le fasce analizzate solo alcune sono state tenute in considerazione nel presente studio, poiché per alcune interferenze sono già presenti delle opere di regimentazione e canalizzazione delle acque meteoriche.

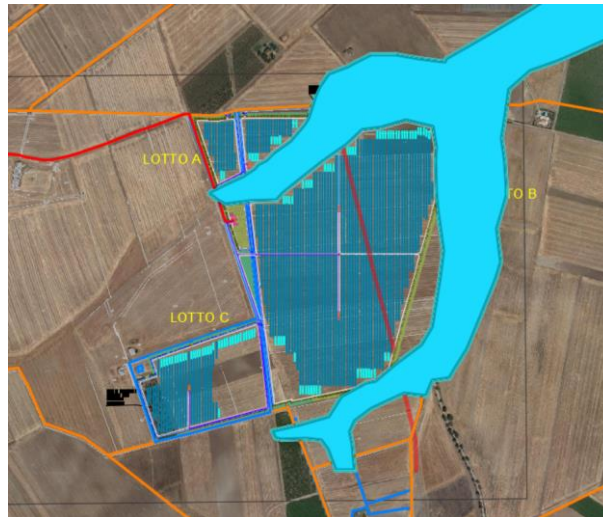


*Figura 8 – Rappresentazione delle fasce di allagamento calcolate con HEC-RAS*

### 6.2 Definizione del layout di progetto

La definizione del layout di progetto è avvenuta in accordo alla definizione di "sicurezza idraulica", definita nell'art. 36 delle NTA del PAI. Nello specifico, è stato condotto uno studio idrologico dell'area di impianto con lo scopo di stimare le fasce di allagamento in riferimento ad una precipitazione con tempo di ritorno

pari a 200 anni. Le fasce di allagamento, o aree inondabili, sono definite dall'art. 36 delle NTA come le "porzioni di territorio soggette ad essere allagate in seguito ad un evento di piena", pertanto, nel presente studio sono state intese come aree inedificabili. Tutto ciò che concerne l'impianto agrofotovoltaico i relativi manufatti (es. recinzioni) è stato realizzato all'esterno delle aree potenzialmente allagabili.



**Figura 9 - Layout di progetto rappresentato con le fasce di allagamento riferite ad una precipitazione con  $T_r$  pari a 200 anni**



## 7 INTERFERENZE IDRAULICHE

### 7.1 I01

L'interferenza I01 è dovuta all'intersezione tra un corso d'acqua rinvenuto dal Reticolo Idrografico UoM Puglia (agg. 2022) ed il cavidotto di progetto.



*Figura 10 - Inquadramento della I01 rispetto ad ortofoto e CTR*

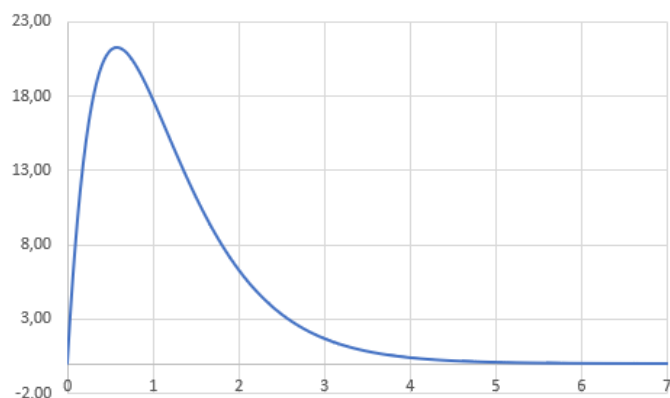
I sopralluoghi tecnici hanno messo in evidenza lo status attuale dell'interferenza, ubicata nel terreno dove sarà realizzato l'impianto agrofotovoltaico. Nello specifico, l'interferenza è relativa ad un impluvio di modeste dimensioni.

#### 7.1.1 Risoluzione dell'interferenza

La risoluzione dell'interferenza ha richiesto uno studio idrologico approfondito dell'area oggetto di studio, essendo ubicato nell'area di impianto, seguendo quanto definito nel paragrafo 3.1.2 e cioè dimostrando la condizione di "sicurezza idraulica" disposta nell'art. 36 delle NTA del PAI.

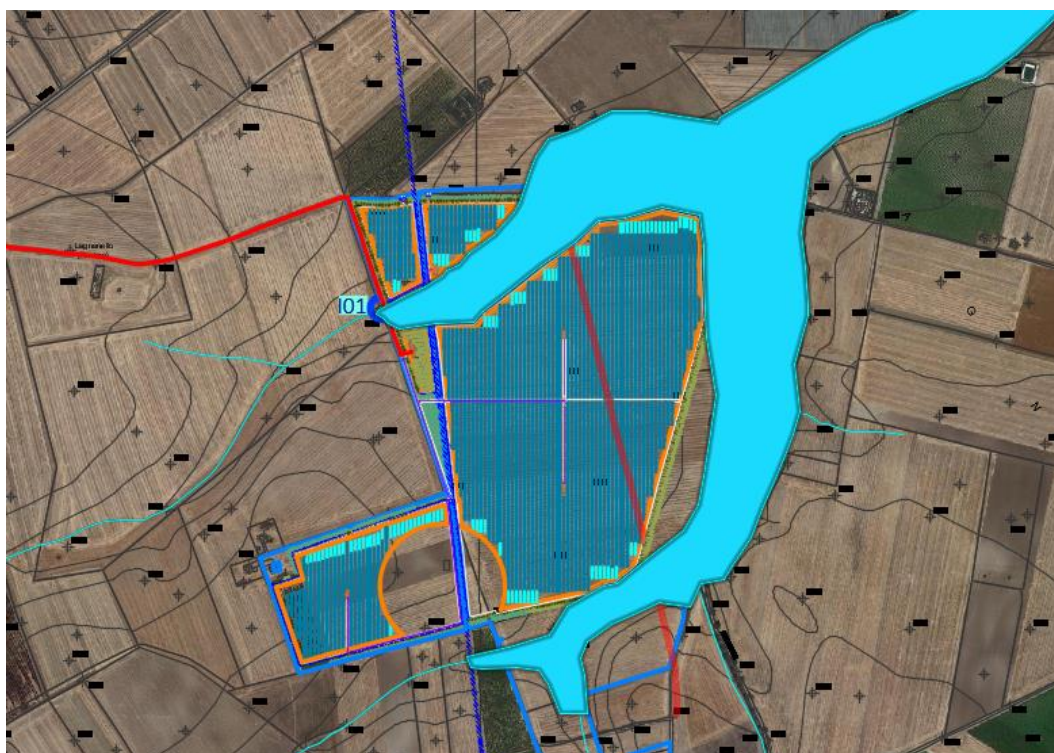
Secondo quanto spiegato nel Paragrafo 6.1, è stata condotta una modellazione idraulica bidimensionale dell'area di impianto attraverso la definizione dei bacini idrografici di monte e di valle dell'interferenza. Ciò è stato possibile andando ad inserire l'idrogramma di piena relativo al bacino di monte e la pendenza media dell'asta principale. L'idrogramma di piena si riferisce ad una portata calcolata con riferimento ad una precipitazione con  $T_r$  pari a 200 anni.





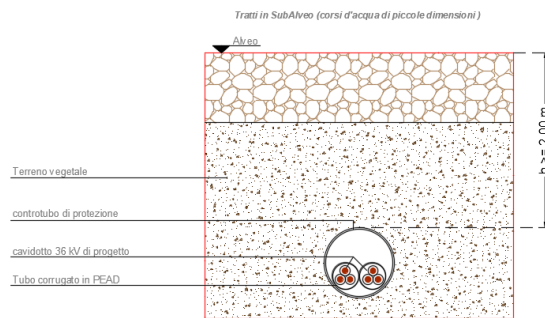
**Figura 11 - Idrogramma di piena relativo al bacino idrografico di monte dell'interferenza con riferimento ad una precipitazione a  $T_r$  pari a 200 anni**

Nel caso specifico in corrispondenza dell'interferenza si è registrata una fascia di allagamento con larghezza pari a 33 m circa, ciò ha condotto ad una risoluzione che prevede uno scavo in sub-alveo della medesima larghezza.



**Figura 12 - Rappresentazione della fascia di allagamento rispetto all'interferenza I01**

Lo scavo in sub alveo consente di realizzare il cavidotto al di sotto della sede fluviale mediante uno scavo del terreno ed il rifacimento del canale naturale. Il passaggio del cavidotto avverrà con l'ausilio di un tubo corrugato (che funge da isolante) nel quale saranno posizionate le terne. La profondità dello scavo sarà definita in seguito ad opportune indagini in una fase esecutiva del progetto.



**Figura 13 - Schema tipologico di risoluzione dell'interferenza mediante lo scavo in sub-alveo**

## 7.2 I02

L'interferenza I02 è dovuta all'intersezione del cavidotto di progetto con un corso d'acqua rinvenuto da foto satellitari recenti.



**Figura 14 - Inquadramento della I02 rispetto ad ortofoto e CTR**

Le analisi effettuate in sito nel corso dei sopralluoghi hanno rivelato l'assenza di una reale interferenza poiché il corso d'acqua in esame è un affluente della "Marana la Pidocchiosa", i cui argini si creano solo a valle della strada, posta in rilevato.

### 7.2.1 Risoluzione dell'interferenza

Vista l'assenza di una reale interferenza, il cavidotto sarà realizzato mediante scavo su strada, così come nel resto del tracciato.

### 7.3 I03

L'interferenza I03 è dovuta all'intersezione tra un corso d'acqua rinvenuto dal Reticolo Idrografico UoM Puglia (agg. 2022) ed il cavidotto di progetto, nello specifico si tratta di un'opera di attraversamento fluviale che consente il deflusso delle acque al di sotto della strada, posta in rilevato.



*Figura 15 - Inquadramento della I03 rispetto ad ortofoto e CTR*

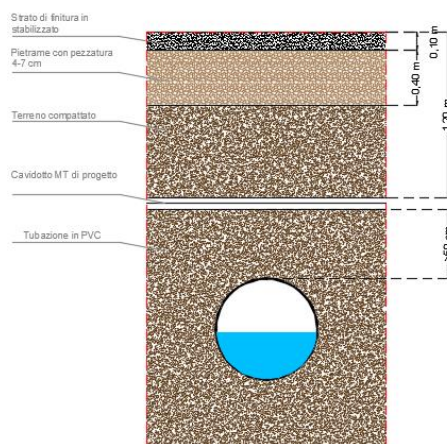
I sopralluoghi tecnici hanno consentito di verificare lo stato dell'opera di canalizzazione esistente, ma non hanno consentito di misurare lo spessore del pacchetto stradale vista la presenza di vegetazione molto folta.

#### 7.3.1 Risoluzione dell'interferenza

La risoluzione dell'interferenza, considerata l'indeterminatezza dello spessore del pacchetto stradale, prevede il passaggio del cavidotto mediante la realizzazione dello scavo. L'entità dello scavo sarà definita in una fase esecutiva del progetto ed in seguito ad approfonditi rilievi atti a verificare lo spessore del pacchetto stradale. Dunque, sulla base di tale constatazione, si evidenziano due potenziali risoluzioni:

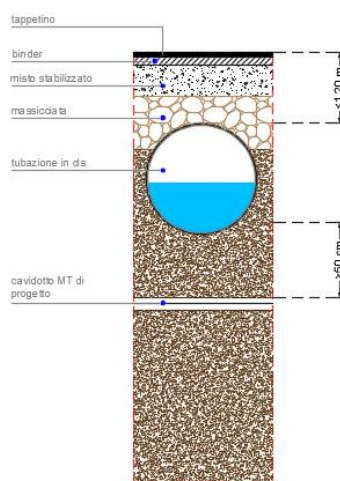
- se il pacchetto stradale ha uno spessore maggiore di 40 cm lo scavo del cavidotto avverrà nello stesso, dunque al di sopra del canale esistente.





**Figura 16 – Schema tipologico di risoluzione dell'interferenza con il passaggio del cavidotto al di sopra dell'opera di canalizzazione esistente**

- se il pacchetto stradale ha uno spessore inferiore ai 40 cm, non sarà di certo adeguato al posizionamento del cavidotto, dunque, sarà previsto uno scavo che consentirà il passaggio al di sotto dell'opera di canalizzazione esistente. Ciò consentirà di evitare tutte le problematiche legate alla rottura del tubo contenente le terre a causa del passaggio dei mezzi pesanti e allo stesso tempo aumenterà l'effetto schermante del potenziale impatto dovuto alle onde elettromagnetiche.



**Figura 17 - Schema tipologico di risoluzione dell'interferenza con il passaggio del cavidotto al di sotto dell'opera di canalizzazione esistente**

#### 7.4 I04

L'interferenza I04 è dovuta all'intersezione tra il cavidotto ed un'opera di canalizzazione delle acque esistente.



**Figura 18 - Inquadramento della I04 rispetto ad ortofoto e CTR**

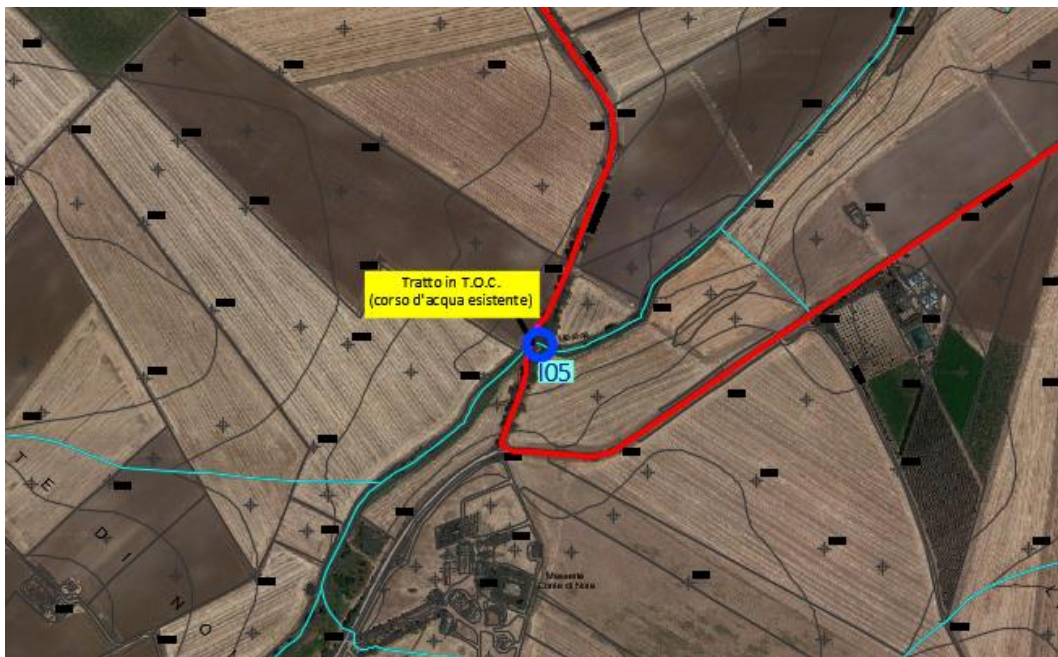
I sopralluoghi tecnici effettuati in sito hanno consentito di analizzare tale interferenza, che si presenta con un'opera di canalizzazione delle acque dirette nella direzione della "Marana la Pidocchiosa". Non è stato possibile misurare le dimensioni del pacchetto stradale a causa della vegetazione posta sul pendio della strada, posta in rilevato.

#### **7.4.1 Risoluzione dell'interferenza**

La risoluzione dell'interferenza è la stessa del Paragrafo 7.3.1, e prevede il posizionamento del cavidotto al di sopra o al di sotto dell'opera a seconda dello spessore del pacchetto stradale, che sarà definito in una fase esecutiva della progettazione a valle di indagini e rilievi specifici.

#### **7.5 I05**

L'interferenza I05 è dovuta all'intersezione tra il cavidotto ed un corso d'acqua denominato "Marana la Pidocchiosa", tutelato ai sensi della lett. c), dell'art. 142 del D. Lgs. n. 42/2004 *"i fiumi, i torrenti, i corsi d'acqua iscritti negli elenchi previsti dal testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con regio decreto 11 dicembre 1933 n. 1775 e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150 m ciascuna"*.



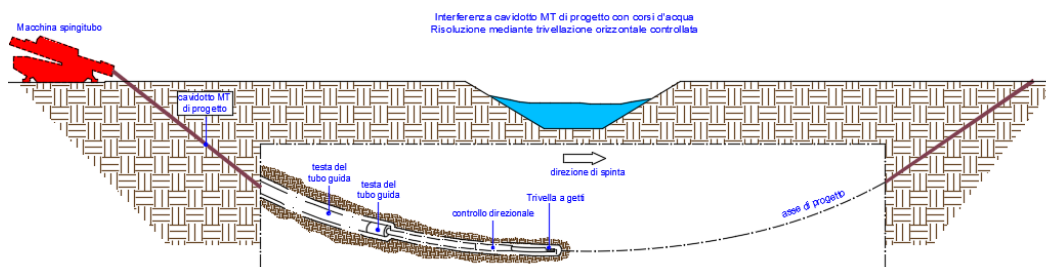
*Figura 19 - Inquadramento della 105 rispetto ad ortofoto e CTR*

I sopralluoghi tecnici effettuati in sito hanno evidenziato la presenza di un attraversamento stradale in calcestruzzo in condizioni di degrado e abbandono.

### **7.5.1 Risoluzione dell'interferenza**

Considerato lo stato in cui riversa l'attraversamento stradale in esame, e considerato che lo stesso è sottoposto a vincolo paesaggistico ai sensi del D. Lgs. n. 42/2004, si è deciso di risolvere tale interferenza mediante TOC (Trivellazione orizzontale controllata).

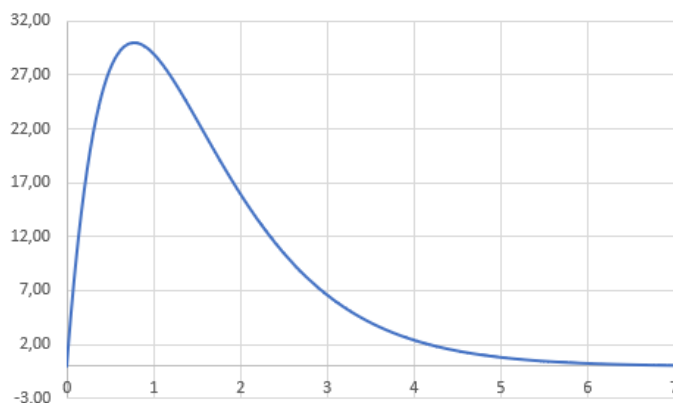
La trivellazione orizzontale controllata è una tecnica che prevede la posa del cavidotto lungo un profilo di trivellazione, accuratamente scelto in fase progettuale esecutiva, mediante l'utilizzo di un foro pilota. La tecnica prevede la creazione del foro pilota mediante l'introduzione da un pozzo di ingresso di una colonna di aste con una lancia di perforazione posta in testa, che vengono guidate nella direzione e alla quota di progetto. La testa raggiunge un pozzetto di arrivo dove viene collegata ad un utensile alesatore, che ha la funzione di allargamento del foro, fino ad arrivare ad un diametro pari al 20-30% in più della dimensione del tubo da posare. Al termine delle operazioni, l'area di lavoro viene restituita allo status quo ante, mediante il ripristino dei punti di ingresso e di uscita. Il percorso di trivellazione è stato ipotizzato ad almeno 2 m dal punto più depresso dell'alveo, con degli angoli di inclinazione di circa 25°-30°. Si riporta di seguito un'immagine che rappresenta il tipologico relativo alla risoluzione dell'interferenza.



**Figura 20 - Schema tipologico di risoluzione dell'interferenza tramite TOC**

### 7.5.1.1 Modellazione idraulica dell'interferenza

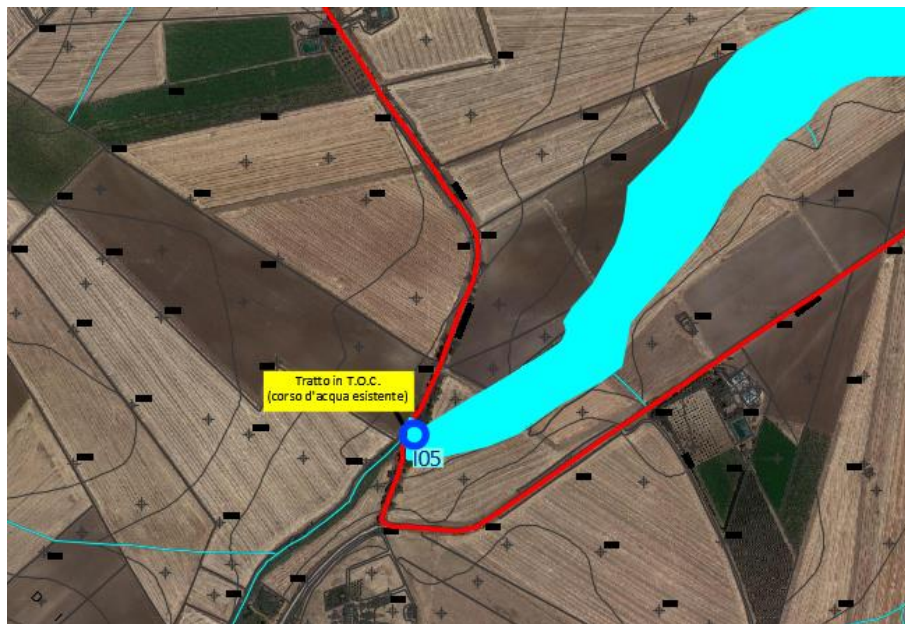
La risoluzione tramite TOC richiede uno studio idrologico dell'interferenza, poiché risulta necessario attestare la zona di "sicurezza idraulica" nella quale è possibile realizzare i pozzetti per la posa del cavo. A tal proposito, così come indicato nell'art. 36 delle NTA, è stata condotta una modellazione idraulica bidimensionale con riferimento ad una precipitazione con tempo di ritorno pari a 200 anni. Nello specifico è stato calcolato l'idrogramma di piena del bacino idrografico a monte dell'interferenza, utilizzato come dato di input del programma di calcolo, insieme alla pendenza media dell'asta principale.



**Figura 21 - Idrogramma di piena relativo al bacino idrografico di monte dell'interferenza con riferimento ad una precipitazione a  $T_r$  pari a 200 anni**

La modellazione idraulica bidimensionale ha condotto ad avere una fascia di allagamento di 50 m circa che corrisponde alla lunghezza della TOC ipotizzata.





*Figura 22 - Rappresentazione della fascia di allagamento rispetto all'interferenza I05*

## 7.6 I06

L'interferenza I06 è dovuta all'intersezione tra un corso d'acqua rinvenuto dal Reticolo Idrografico UoM Puglia (agg. 2022) ed il cavidotto di progetto nello specifico si tratta di un'opera di attraversamento fluviale che consente il deflusso delle acque al di sotto della strada, posta in rilevato.



*Figura 23 - Inquadramento della I06 rispetto ad ortofoto e CTR*

Nel corso dei sopralluoghi tecnici è stato verificato lo status dell'attraversamento in esame. Si tratta di un attraversamento in calcestruzzo, il cui pacchetto stradale non consente la realizzazione del cavidotto al suo



interno, visto il modesto spessore. Il cavidotto, infatti, sarebbe soggetto ai carichi dovuti al traffico veicolare, ciò potrebbe comportare un'ovalizzazione del cavo e ad una potenziale rottura.

### 7.6.1 Risoluzione dell'interferenza

Considerando lo stato in cui si presenta l'attraversamento stradale in esame, e considerando che il pacchetto stradale non consente lo scavo del cavidotto al suo interno per i motivi sovraesposti, si è deciso di risolvere l'interferenza con uno scavo su strada con il passaggio del cavidotto al di sotto dell'opera di canalizzazione esistente. Si faccia riferimento alla Figura 17, considerando che la profondità specifica sarà definita solo in una fase esecutiva della progettazione a seguito di approfondite indagini.

## 7.7 I07

L'interferenza I07 è dovuta all'intersezione tra il cavidotto di progetto ed un'opera di canalizzazione delle acque rilevata nel corso di un sopralluogo tecnico.



*Figura 24 - Inquadramento della I07 rispetto ad ortofoto e CTR*

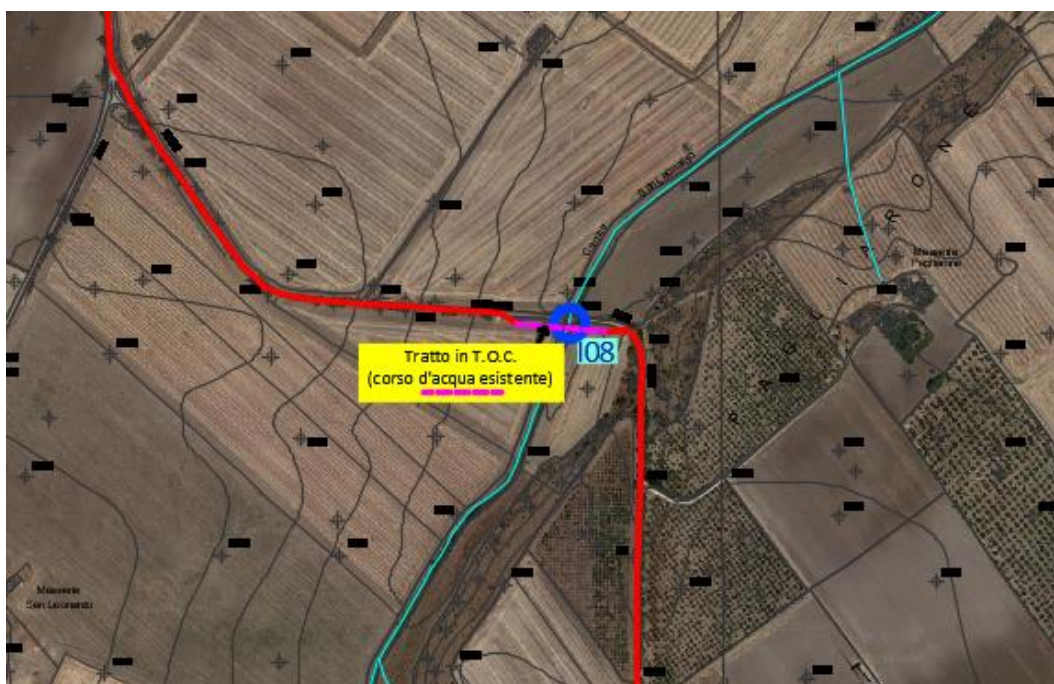
Nello specifico il sopralluogo ha rivelato la presenza di due tubazioni in calcestruzzo posizionate in modo parallelo, che consentono il deflusso delle acque meteoriche. Non è stato possibile constatare il reale spessore del pacchetto stradale a causa della folta vegetazione presente sia a monte che a valle della strada.

### 7.7.1 Risoluzione dell'interferenza

La risoluzione di tale interferenza, considerata l'indeterminatezza dello spessore del pacchetto stradale, è la medesima del Paragrafo 7.3.1, ossia lo scavo su strada con il passaggio del cavidotto al di sopra o al di sotto dell'opera. La profondità dello scavo sarà definita in una fase esecutiva della progettazione, a valle di indagini specifiche.

### 7.8 I08

L'interferenza I08 è dovuta all'intersezione tra il cavidotto ed un corso d'acqua denominato "Canale Ponticello, San Spirito e S. Leonardo", tutelato ai sensi della lett. c), dell'art. 142 del D. Lgs. n. 42/2004 "i fiumi, i torrenti, i corsi d'acqua iscritti negli elenchi previsti dal testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con regio decreto 11 dicembre 1933 n. 1775 e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150 m ciascuna".



**Figura 25 - Inquadramento della I08 rispetto ad ortofoto e CTR**

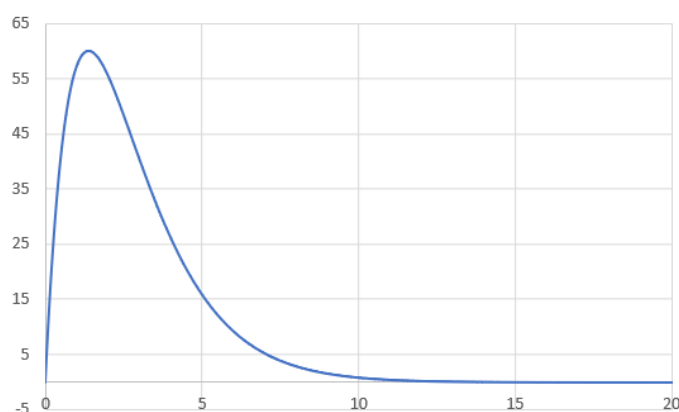
I sopralluoghi tecnici effettuati in sito hanno evidenziato la presenza di un attraversamento stradale in calcestruzzo in condizioni di degrado e abbandono.

#### 7.8.1 Risoluzione dell'interferenza

Considerato lo stato in cui riversa l'attraversamento stradale in esame, e considerato che lo stesso è sottoposto a vincolo paesaggistico ai sensi del D. Lgs. n. 42/2004, si è deciso di risolvere tale interferenza mediante TOC (Trivellazione orizzontale controllata).

### 7.8.1.1 Modellazione idraulica dell'interferenza

La risoluzione tramite TOC richiede uno studio idrologico dell'interferenza, poiché risulta necessario attestare la zona di "sicurezza idraulica" nella quale è possibile realizzare i pozzetti per la posa del cavo. A tal proposito, così come indicato nell'art. 36 delle NTA, è stata condotta una modellazione idraulica bidimensionale con riferimento ad una precipitazione con tempo di ritorno pari a 200 anni. Nello specifico è stato calcolato l'idrogramma di piena del bacino idrografico a monte dell'interferenza, utilizzato come dato di input del programma di calcolo, insieme alla pendenza media dell'asta principale.



**Figura 26 - Idrogramma di piena relativo al bacino idrografico di monte dell'interferenza con riferimento ad una precipitazione a  $T_r$  pari a 200 anni**

La modellazione idraulica bidimensionale ha condotto ad avere una fascia di allagamento di 120 m circa che corrisponde alla lunghezza della TOC ipotizzata.



**Figura 27 - Rappresentazione della fascia di allagamento rispetto all'interferenza I08**

## 7.9 I09

L'interferenza I09 è dovuta all'intersezione tra il cavidotto ed un'opera di canalizzazione delle acque rinvenuta nel corso dei sopralluoghi tecnici.





*Figura 28 - Inquadramento della I09 rispetto ad ortofoto e CTR*

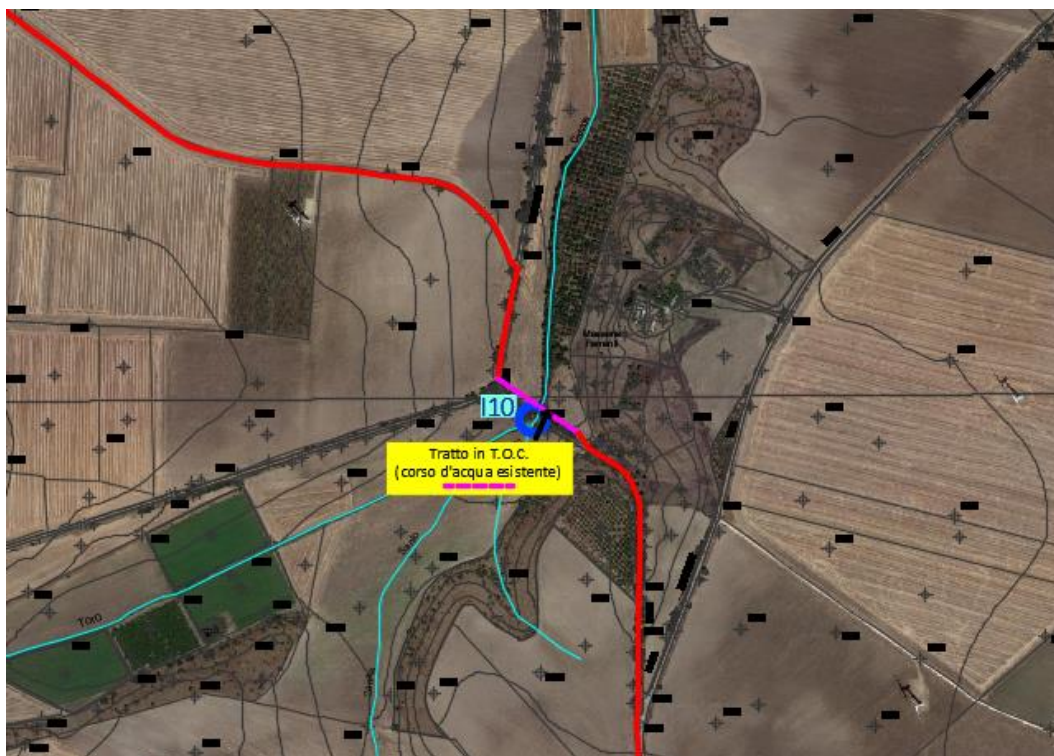
Secondo quanto emerso dai sopralluoghi tecnici, si tratta di un attraversamento stradale in calcestruzzo che alla base presenta un canale in grado di convogliare le acque meteoriche a valle della strada. Non è stato possibile misurare lo spessore del pacchetto stradale a causa della folta vegetazione presente.

#### **7.9.1 Risoluzione dell'interferenza**

Considerato quanto esposto sopra, si è deciso di risolvere l'interferenza così come al Paragrafo 7.3.1, ossia considerando di effettuare uno scavo su strada con il passaggio del cavidotto al di sopra o al di sotto dell'opera a seconda dello spessore del pacchetto stradale, che sarà definito in una fase esecutiva della progettazione.

#### **7.10 I10**

L'interferenza I10 è dovuta all'intersezione tra il cavidotto ed un corso d'acqua denominato "Canale Biasifiocco e Montecorvo", tutelato ai sensi della lett. c), dell'art. 142 del D. Lgs. n. 42/2004 *"i fiumi, i torrenti, i corsi d'acqua iscritti negli elenchi previsti dal testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con regio decreto 11 dicembre 1933 n. 1775 e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150 m ciascuna"*.



**Figura 29 - Inquadramento della 110 rispetto ad ortofoto e CTR**

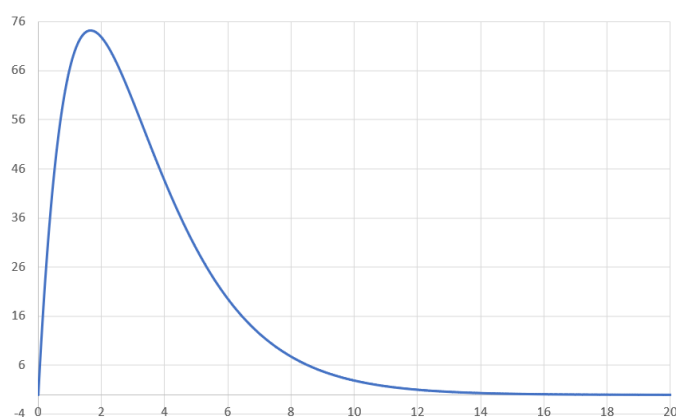
Trattasi di un attraversamento stradale in c.a. che consente il normale deflusso delle acque. Nel corso di un sopralluogo tecnico è stata appurata la presenza di un cavidotto staffato all'interno del canale per il passaggio di energia elettrica.

### **7.10.1 Risoluzione dell'interferenza**

Considerato che l'attraversamento stradale è sottoposto a vincolo paesaggistico ai sensi del D. Lgs. n. 42/2004, si è deciso di risolvere tale interferenza mediante TOC (Trivellazione orizzontale controllata).

#### **7.10.1.1 Modellazione idraulica dell'interferenza**

La risoluzione tramite TOC richiede uno studio idrologico dell'interferenza, poiché risulta necessario attestare la zona di "sicurezza idraulica" nella quale è possibile realizzare i pozzetti per la posa del cavo. A tal proposito, così come indicato nell'art. 36 delle NTA, è stata condotta una modellazione idraulica bidimensionale con riferimento ad una precipitazione con tempo di ritorno pari a 200 anni. Nello specifico è stato calcolato l'idrogramma di piena del bacino idrografico a monte dell'interferenza, utilizzato come dato di input del programma di calcolo, insieme alla pendenza media dell'asta principale.



*Figura 30 - Idrogramma di piena relativo al bacino idrografico di monte dell'interferenza con riferimento ad una precipitazione a  $T_r$  pari a 200 anni*

La modellazione idraulica bidimensionale ha condotto ad avere una fascia di allagamento di 140 m circa che corrisponde alla lunghezza della TOC ipotizzata.



*Figura 31 - Rappresentazione della fascia di allagamento rispetto all'interferenza I10*

### 7.11 I11

L'interferenza I11 è dovuta all'intersezione tra un corso d'acqua rinvenuto dal Reticolo Idrografico UoM Puglia (agg. 2022) ed il cavidotto di progetto.





*Figura 32 - Inquadramento della 111 rispetto ad ortofoto e CTR*

Il tratto di cavidotto in esame prevede il passaggio sul terreno, essendo una strada priva di pavimentazione.

#### **7.11.1 Risoluzione dell'interferenza**

Vista l'assenza della pavimentazione stradale, e considerato che il corso d'acqua attraversa l'area nella quale sarà realizzato il cavidotto, l'interferenza è stata risolta mediante uno scavo nel terreno con il dimensionamento di una tubazione. La tubazione, opportunamente dimensionata, sarà in grado di garantire il deflusso delle acque con riferimento ad una piena indice con  $T_r$  pari a 200 anni. Nello specifico, il cavidotto sarà posizionato ad una profondità di 1,20 m ad una distanza di almeno 50 cm dalla tubazione in materiale plastico (PVC o PEAD) dimensionata.

##### **7.11.1.1 Dimensionamento della sezione di tubazione**

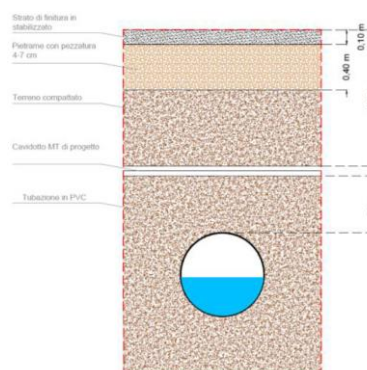
La portata di piena è stata calcolata con il metodo descritto nel Capitolo 5 ed è il dato principale per il calcolo della sezione della tubazione. Il progetto della sezione è stato effettuato sfruttando il metodo della similitudine idraulica, a partire dalle scale di deflusso adimensionalizzate, ottenute con riferimento ad una sezione con caratteristiche geometriche unitarie con un coefficiente di Gauckler-Strickler pari a  $65 \text{ m}^{1/3/s}$ . Per il dimensionamento della sezione si è ipotizzato un grado di riempimento pari a 0,7, a partire da tale parametro è stato ricavato il diametro, calcolato per entrambe le tipologie di alveo (forte o debole pendenza). Una volta calcolato il diametro per le due differenti condizioni sono stati confrontati i risultati, nel caso in esame è stato appurato che l'alveo è a forte pendenza, poiché l'altezza di stato critico  $h_c$  è

maggiore dell'altezza di moto uniforme  $h_u$ . Il diametro commerciale ottenuto è pari a 2.7 m, che sarà realizzato con l'ausilio di due tubazioni di diametro 1,40 m, ottenendo un grado di riempimento pari a 0,69 m ed un tirante idrico di 0,8 m per tubazione.

**Tabella 3 - Dimensionamento della sezione della tubazione per l'interferenza I11**

Q (m <sup>3</sup> /s)	D <sub>comm</sub> (m)	h/D	h (m)
17,37	2,7 (1,8x2)	0,69	0,8

Lo schema tipologico della sezione di progetto prevede che il cavidotto sia posizionato ad una profondità di circa 1,20 m e comunque al di sotto della condotta progettata per consentire il normale deflusso delle acque ed evitare che, nel caso di rottura della tubazione, le infiltrazioni possano giungere al cavidotto.



**Figura 33 - Schema tipologico di risoluzione dell'interferenza mediante il dimensionamento di una tubazione realizzata mediante uno scavo nel terreno**

## 7.12 I12

L'interferenza I12 è dovuta all'intersezione tra il cavidotto ed un corso d'acqua rinvenuto da foto satellitari.





Figura 34 - Inquadramento della I12 rispetto ad ortofoto e CTR

Il corso d'acqua è stato acclarato nel corso di un sopralluogo tecnico. Il cavidotto in tale tratto è realizzato su di una strada priva di pavimentazione, dunque con uno scavo nel terreno.

#### 7.12.1 Risoluzione dell'interferenza

Vista l'assenza della pavimentazione stradale, e considerato che il corso d'acqua attraversa l'area nella quale sarà realizzato il cavidotto, l'interferenza è stata risolta mediante uno scavo nel terreno con il dimensionamento di una tubazione. La tubazione, opportunamente dimensionata, sarà in grado di garantire il deflusso delle acque con riferimento ad una piena indice con  $T_r$  pari a 200 anni. Nello specifico, il cavidotto sarà posizionato ad una profondità di 1,20 m ad una distanza di almeno 50 cm dalla tubazione in materiale plastico (PVC o PEAD) dimensionata.

##### 7.12.1.1 Dimensionamento della sezione di tubazione

La portata di piena è stata calcolata con il metodo descritto nel Capitolo 5 ed è il dato principale per il calcolo della sezione della tubazione. Il progetto della sezione è stato effettuato sfruttando il metodo della similitudine idraulica, a partire dalle scale di deflusso adimensionalizzate, ottenute con riferimento ad una sezione con caratteristiche geometriche unitarie con un coefficiente di Gauckler-Strickler pari a  $65 \text{ m}^{1/3/s}$ . Per il dimensionamento della sezione si è ipotizzato un grado di riempimento pari a 0.7, a partire da tale parametro è stato ricavato il diametro, calcolato per entrambe le tipologie di alveo (forte o debole pendenza). Una volta calcolato il diametro per le due differenti condizioni sono stati confrontati i risultati, nel caso in esame è stato appurato che l'alveo è a forte pendenza, poiché l'altezza di stato critico  $h_c$  è

maggiore dell'altezza di moto uniforme  $h_u$ . Il diametro commerciale ottenuto è pari a 1,5 m, ottenendo un grado di riempimento pari a 0,66 m ed un tirante idrico di 0,98 m per tubazione.

*Tabella 4 - Dimensionamento della sezione della tubazione per l'interferenza I12*

Q (m <sup>3</sup> /s)	D <sub>comm</sub> (m)	h/D	h (m)
3,57	1,5	0,66	0,98

Lo schema tipologico della sezione di progetto, riportato in Figura 33, prevede che il cavidotto sia posizionato ad una profondità di circa 1,20 m e comunque al di sotto della condotta progettata per consentire il normale deflusso delle acque ed evitare che, nel caso di rottura della tubazione, le infiltrazioni possano giungere al cavidotto.

### 7.13 I13

L'interferenza I13 è dovuta all'intersezione tra un corso d'acqua rinvenuto dal Reticolo Idrografico UoM Puglia (agg. 2022) ed il cavidotto di progetto.



*Figura 35 - Inquadramento della I13 rispetto ad ortofoto e CTR*

Il corso d'acqua è stato acclarato nel corso di un sopralluogo tecnico. Il cavidotto in tale tratto è realizzato su di una strada priva di pavimentazione, dunque con uno scavo nel terreno.

#### 7.13.1 Risoluzione dell'interferenza

Vista l'assenza della pavimentazione stradale, e considerato che il corso d'acqua attraversa l'area nella quale sarà realizzato il cavidotto, l'interferenza è stata risolta mediante uno scavo nel terreno con il

dimensionamento di una tubazione. La tubazione, opportunamente dimensionata, sarà in grado di garantire il deflusso delle acque con riferimento ad una piena indice con  $T_r$  pari a 200 anni. Nello specifico, il cavidotto sarà posizionato ad una profondità di 1,20 m ad una distanza di almeno 50 cm dalla tubazione in materiale plastico (PVC o PEAD) dimensionata.

#### **7.13.1.1 Dimensionamento della sezione di tubazione**

La portata di piena è stata calcolata con il metodo descritto nel Capitolo 5 ed è il dato principale per il calcolo della sezione della tubazione. Il progetto della sezione è stato effettuato sfruttando il metodo della similitudine idraulica, a partire dalle scale di deflusso adimensionalizzate, ottenute con riferimento ad una sezione con caratteristiche geometriche unitarie con un coefficiente di Gauckler-Strickler pari a  $65 \text{ m}^{1/3/s}$ . Per il dimensionamento della sezione si è ipotizzato un grado di riempimento pari a 0,7, a partire da tale parametro è stato ricavato il diametro, calcolato per entrambe le tipologie di alveo (forte o debole pendenza). Una volta calcolato il diametro per le due differenti condizioni sono stati confrontati i risultati, nel caso in esame è stato appurato che l'alveo è a forte pendenza, poiché l'altezza di stato critico  $h_c$  è maggiore dell'altezza di moto uniforme  $h_u$ . Il diametro commerciale ottenuto è pari a 3,3 m, che sarà realizzato con l'ausilio di due tubazioni di diametro 1,80 m, ottenendo un grado di riempimento pari a 0,68 m ed un tirante idrico di 1,13 m per tubazione.

**Tabella 5 - Dimensionamento della sezione della tubazione per l'interferenza I13**

Q (m <sup>3</sup> /s)	D <sub>comm</sub> (m)	h/D	h (m)
27,80	3,3 (1,80x2)	0,68	1,13

Lo schema tipologico della sezione di progetto, riportato in Figura 33, prevede che il cavidotto sia posizionato ad una profondità di circa 1,20 m e comunque al di sotto della condotta progettata per consentire il normale deflusso delle acque ed evitare che, nel caso di rottura della tubazione, le infiltrazioni possano giungere al cavidotto.

#### **7.14 I14**

L'interferenza I14 è dovuta all'intersezione tra un corso d'acqua rinvenuto dal Reticolo Idrografico UoM Puglia (agg. 2022) ed il cavidotto di progetto.





Figura 36 - Inquadramento della I14 rispetto ad ortofoto e CTR

Il corso d'acqua è stato acclarato nel corso di un sopralluogo tecnico. Il cavidotto in tale tratto è realizzato su di una strada priva di pavimentazione, dunque con uno scavo nel terreno.

#### 7.14.1 Risoluzione dell'interferenza

Vista l'assenza della pavimentazione stradale, e considerato che il corso d'acqua attraversa l'area nella quale sarà realizzato il cavidotto, l'interferenza è stata risolta mediante uno scavo nel terreno con il dimensionamento di una tubazione. La tubazione, opportunamente dimensionata, sarà in grado di garantire il deflusso delle acque con riferimento ad una piena indice con  $T_r$  pari a 200 anni. Nello specifico, il cavidotto sarà posizionato ad una profondità di 1,20 m ad una distanza di almeno 50 cm dalla tubazione in materiale plastico (PVC o PEAD) dimensionata.

##### 7.14.1.1 Dimensionamento della sezione di tubazione

La portata di piena è stata calcolata con il metodo descritto nel Capitolo 5 ed è il dato principale per il calcolo della sezione della tubazione. Il progetto della sezione è stato effettuato sfruttando il metodo della similitudine idraulica, a partire dalle scale di deflusso adimensionalizzate, ottenute con riferimento ad una sezione con caratteristiche geometriche unitarie con un coefficiente di Gauckler-Strickler pari a  $65 \text{ m}^{1/3/s}$ . Per il dimensionamento della sezione si è ipotizzato un grado di riempimento pari a 0,7, a partire da tale parametro è stato ricavato il diametro, calcolato per entrambe le tipologie di alveo (forte o debole pendenza). Una volta calcolato il diametro per le due differenti condizioni sono stati confrontati i risultati, nel caso in esame è stato appurato che l'alveo è a forte pendenza, poiché l'altezza di stato critico  $h_c$  è



maggiore dell'altezza di moto uniforme  $h_u$ . Il diametro commerciale ottenuto è pari a 3,7 m, che sarà realizzato con l'ausilio di due tubazioni di diametro 1,90 m, ottenendo un grado di riempimento pari a 0,68 m ed un tirante idrico di 1,30 m per tubazione.

**Tabella 6 - Dimensionamento della sezione della tubazione per l'interferenza I14**

Q (m <sup>3</sup> /s)	D <sub>comm</sub> (m)	h/D	h (m)
36,74	3,7 (1,90x2)	0,68	1,30

Lo schema tipologico della sezione di progetto, riportato in Figura 33, prevede che il cavidotto sia posizionato ad una profondità di circa 1,20 m e comunque al di sotto della condotta progettata per consentire il normale deflusso delle acque ed evitare che, nel caso di rottura della tubazione, le infiltrazioni possano giungere al cavidotto.

### 7.15 I15

L'interferenza I15 è dovuta all'intersezione tra un corso d'acqua rinvenuto dal Reticolo Idrografico UoM Puglia (agg. 2022) ed il cavidotto di progetto.



**Figura 37 - Inquadramento della I15 rispetto ad ortofoto e CTR**

Il corso d'acqua è stato acclarato nel corso di un sopralluogo tecnico. Il cavidotto in tale tratto è realizzato su di una strada priva di pavimentazione, dunque con uno scavo nel terreno.

### 7.15.1 Risoluzione dell'interferenza

Vista l'assenza della pavimentazione stradale, e considerato che il corso d'acqua attraversa l'area nella quale sarà realizzato il cavidotto, l'interferenza è stata risolta mediante uno scavo nel terreno con il dimensionamento di una tubazione. La tubazione, opportunamente dimensionata, sarà in grado di garantire il deflusso delle acque con riferimento ad una piena indice con  $T_r$  pari a 200 anni. Nello specifico, il cavidotto sarà posizionato ad una profondità di 1,20 m ad una distanza di almeno 50 cm dalla tubazione in materiale plastico (PVC o PEAD) dimensionata.

#### 7.15.1.1 Dimensionamento della sezione di tubazione

La portata di piena è stata calcolata con il metodo descritto nel Capitolo 5 ed è il dato principale per il calcolo della sezione della tubazione. Il progetto della sezione è stato effettuato sfruttando il metodo della similitudine idraulica, a partire dalle scale di deflusso adimensionalizzate, ottenute con riferimento ad una sezione con caratteristiche geometriche unitarie con un coefficiente di Gauckler-Strickler pari a  $65 \text{ m}^{1/3/s}$ . Per il dimensionamento della sezione si è ipotizzato un grado di riempimento pari a 0,7, a partire da tale parametro è stato ricavato il diametro, calcolato per entrambe le tipologie di alveo (forte o debole pendenza). Una volta calcolato il diametro per le due differenti condizioni sono stati confrontati i risultati, nel caso in esame è stato appurato che l'alveo è a forte pendenza, poiché l'altezza di stato critico  $h_c$  è maggiore dell'altezza di moto uniforme  $h_u$ . Il diametro commerciale ottenuto è pari a 2,4 m, che sarà realizzato con l'ausilio di due tubazioni di diametro 1,20 m, ottenendo un grado di riempimento pari a 0,68 m ed un tirante idrico di 0,8 m per tubazione.

**Tabella 7 - Dimensionamento della sezione della tubazione per l'interferenza I15**

Q (m <sup>3</sup> /s)	D <sub>comm</sub> (m)	h/D	h (m)
12,42	2,4 (1,20x2)	0,68	0,8

Lo schema tipologico della sezione di progetto, riportato in Figura 33, prevede che il cavidotto sia posizionato ad una profondità di circa 1,20 m e comunque al di sotto della condotta progettata per consentire il normale deflusso delle acque ed evitare che, nel caso di rottura della tubazione, le infiltrazioni possano giungere al cavidotto.

### 7.16 I16

L'interferenza I16 è dovuta all'intersezione tra un corso d'acqua rinvenuto dal Reticolo Idrografico UoM Puglia (agg. 2022) ed il cavidotto di progetto.

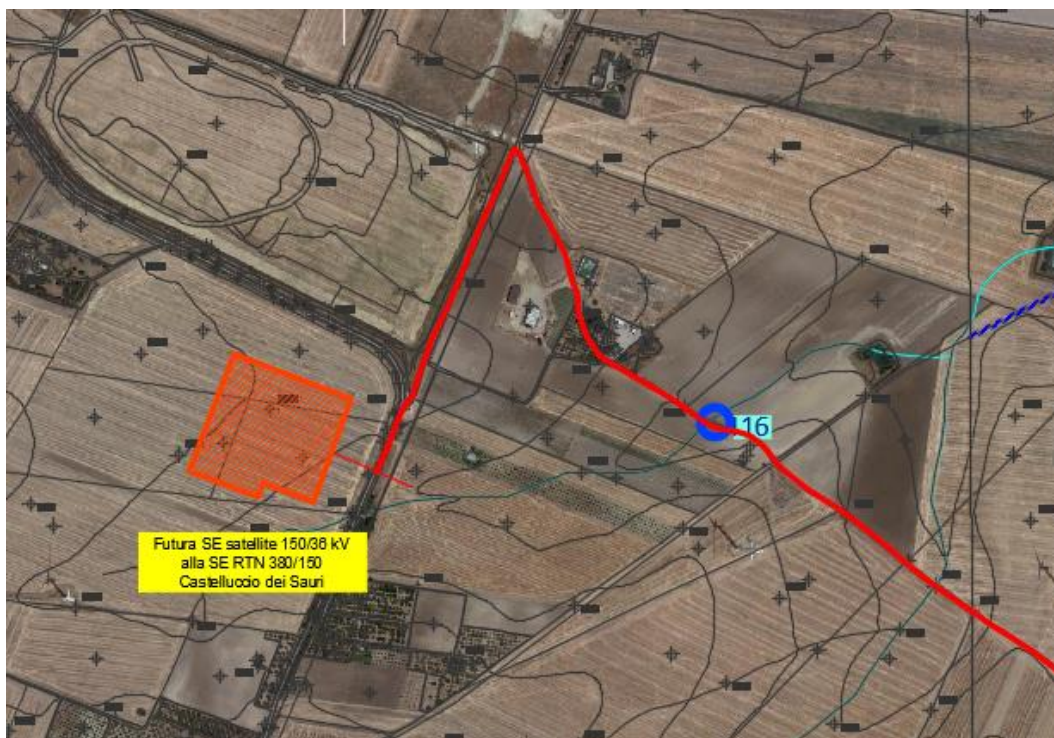


Figura 38 - Inquadramento della I16 rispetto ad ortofoto e CTR

Il corso d'acqua è stato acclarato nel corso di un sopralluogo tecnico. Il cavidotto in tale tratto è realizzato su di una strada priva di pavimentazione, dunque con uno scavo nel terreno.

### 7.16.1 Risoluzione dell'interferenza

Vista l'assenza della pavimentazione stradale, e considerato che il corso d'acqua attraversa l'area nella quale sarà realizzato il cavidotto, l'interferenza è stata risolta mediante uno scavo nel terreno con il dimensionamento di una tubazione. La tubazione, opportunamente dimensionata, sarà in grado di garantire il deflusso delle acque con riferimento ad una piena indice con  $T_r$  pari a 200 anni. Nello specifico, il cavidotto sarà posizionato ad una profondità di 1,20 m ad una distanza di almeno 50 cm dalla tubazione in materiale plastico (PVC o PEAD) dimensionata.

#### 7.16.1.1 Dimensionamento della sezione di tubazione

La portata di piena è stata calcolata con il metodo descritto nel Capitolo 5 ed è il dato principale per il calcolo della sezione della tubazione. Il progetto della sezione è stato effettuato sfruttando il metodo della similitudine idraulica, a partire dalle scale di deflusso adimensionalizzate, ottenute con riferimento ad una sezione con caratteristiche geometriche unitarie con un coefficiente di Gauckler-Strickler pari a  $65 \text{ m}^{1/3/s}$ . Per il dimensionamento della sezione si è ipotizzato un grado di riempimento pari a 0.7, a partire da tale parametro è stato ricavato il diametro, calcolato per entrambe le tipologie di alveo (forte o debole pendenza). Una volta calcolato il diametro per le due differenti condizioni sono stati confrontati i risultati,

nel caso in esame è stato appurato che l'alveo è a forte pendenza, poiché l'altezza di stato critico  $h_c$  è maggiore dell'altezza di moto uniforme  $h_u$ . Il diametro commerciale ottenuto è pari a 2,7 m, che sarà realizzato con l'ausilio di due tubazioni di diametro 1,40 m, ottenendo un grado di riempimento pari a 0,68 m ed un tirante idrico di 0,90 m per tubazione.

**Tabella 8 - Dimensionamento della sezione della tubazione per l'interferenza I16**

Q (m <sup>3</sup> /s)	D <sub>comm</sub> (m)	h/D	h (m)
16,59	2,7 (1,40x2)	0,68	0,9

Lo schema tipologico della sezione di progetto, riportato in Figura 33, prevede che il cavidotto sia posizionato ad una profondità di circa 1,20 m e comunque al di sotto della condotta progettata per consentire il normale deflusso delle acque ed evitare che, nel caso di rottura della tubazione, le infiltrazioni possano giungere al cavidotto.



## 8 RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE: TABELLA RIASSUNTIVA

*Tabella 9 - Risoluzione delle interferenze del cavidotto*

INTERFERENZA	RISOLUZIONE
I01	Scavo in sub-alveo
I02	Scavo su strada
I03	Scavo su strada con passaggio del cavidotto sopra o sotto l'opera di canalizzazione esistente
I04	Scavo su strada con passaggio del cavidotto sopra o sotto l'opera di canalizzazione esistente
I05	TOC
I06	Scavo su strada con passaggio del cavidotto sotto l'opera di canalizzazione esistente
I07	Scavo su strada con passaggio del cavidotto sopra o sotto l'opera di canalizzazione esistente
I08	TOC
I09	Scavo su strada con passaggio del cavidotto sopra o sotto l'opera di canalizzazione esistente
I10	TOC
I11	Scavo nel terreno con dimensionamento della tubazione
I12	Scavo nel terreno con dimensionamento della tubazione
I13	Scavo nel terreno con dimensionamento della tubazione
I14	Scavo nel terreno con dimensionamento della tubazione
I15	Scavo nel terreno con dimensionamento della tubazione
I16	Scavo nel terreno con dimensionamento della tubazione

## 9 REGIMENTAZIONE DELLE ACQUE METEORICHE

La durabilità delle strade nel parco agro-fotovoltaico è garantita da un efficace sistema idraulico di drenaggio delle acque meteoriche. Gli interventi da realizzarsi nell'area in esame sono stati sviluppati seguendo due obiettivi:

- garantire l'invarianza idraulica attraverso il mantenimento delle condizioni di "equilibrio idrogeologico" ante operam, le opere di progetto, infatti, determineranno un incremento trascurabile o nullo della portata di piena dei corpi idrici riceventi i deflussi superficiali originati dalle aree interessate dagli interventi;
- garantire un adeguato drenaggio, attraverso la regimentazione e il controllo delle acque che defluiscono lungo la viabilità interna.

Le opere di regimentazione consentono il recapito delle acque meteoriche nei loro impluvi naturali o nelle strade esistenti e impediscono che le stesse possano stazionare nell'area di impianto pregiudicandone l'utilizzo. Nel caso in esame sono stati individuati degli interventi che consentiranno la raccolta e lo smaltimento dell'acqua limitando allo stretto necessario le opere di sbancamento.

Nello specifico saranno realizzati dei canali di raccolta in terra ed eventualmente con protezione di materassi di tipo Reno, in grado di convogliare le acque di scorrimento superficiale in punti predisposti al loro raccoglimento, o verso le linee di impluvio. In tal modo si eviterà la formazione di solchi vallivi, che potrebbero generare delle ripercussioni sulla corretta funzionalità dell'impianto.

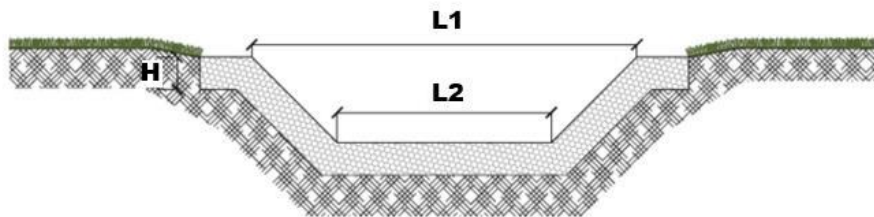
Il dimensionamento e la verifica del canale perimetrale in terra costituente il fosso di guardia è da condurre secondo l'ipotesi di moto uniforme e attraverso la formula di Chezy:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}$$

dove  $Q$  è la portata di riferimento, in  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ,  $n$  è il coefficiente di Manning,  $A$  è l'area della sezione bagnata, in  $\text{m}^2$ ,  $R$  è il raggio idraulico,  $i$  è la pendenza dell'alveo.

Le dimensioni del canale, realizzato in scavo con sezione trapezoidale, dovranno essere progettate in funzione della portata di progetto, tipicamente riferita ad un valore del tempo di ritorno pari a 30 anni e con sponde inclinate di circa  $26^\circ$ , ricordando di aumentare l'altezza massima di un valore del franco, tipicamente assunto come 5 cm. Per quanto riguarda le interferenze con la viabilità interna al sito, questa non costituisce un particolare ostacolo al sistema di regimentazione, essendo la sede stradale composta da

un materiale drenante (opportunamente compattato) in modo da non alterare la permeabilità dei suoli e garantire il transito dei mezzi anche in condizioni di pioggia. Inoltre, si prevede che tali canali perimetrali non impediscano il transito ai mezzi adibiti per l'attività agricola e manutentiva, date le ridotte dimensioni.



*Figura 39 - Sezione tipo del canale trapezoidale*



*Figura 40 - Esempio di immagine che rappresenta i materassi Reno*

## 10 CENNI SUL FENOMENO DELL'EROSIONE

Una corrente idrica esercita un'azione di trascinamento sui grani di materiale disposti sul contorno bagnato e, se questi non sono sufficientemente stabili, li sposta erodendo il letto fluviale mobile. L'erosione può provocare l'abbassamento del letto e/o il crollo delle sponde con allargamento e spostamento (migrazione) dell'alveo.

Si distinguono pertanto i seguenti fenomeni:

- erosione locale, dovuta principalmente ad eventi intensi associati a fenomeni di precipitazione eccezionale, essa si esplica in prossimità di singolarità idrauliche, come pile o spalle di ponti, ovvero salti e scivoli che comportano perturbazioni alla corrente, ove la turbolenza risulta particolarmente intensa. Il fenomeno ha un decorso rapidissimo e può portare alla rovina dell'opera in alveo nel corso di una sola piena;
- erosione generalizzata, dovuta alle piene ordinarie, essa si sviluppa quando la portata di sedimento immessa da monte non è sufficiente a saturare la capacità di trasporto della corrente idrica. La saturazione della capacità di trasporto avviene prelevando materiale d'alveo, ossia erodendo il letto, questa può procedere uniformemente o localmente ma in maniera graduale.

Il caso in esame, dove gli attraversamenti delle aree allagabili sono previsti lungo tratti indisturbati dell'alveo in modellamento attivo è da ricondurre all'erosione di tipo generalizzata.

L'erosione generalizzata dell'alveo, conseguente ad uno squilibrio complessivo tra l'apporto di sedimenti che giungono al corso d'acqua e la capacità erosiva della corrente, può essere analizzata con studi a scala di bacino e simulando i fenomeni di erosione e di deposito con modelli matematici. La profondità dell'erosione di un tronco d'alveo per carenza di apporto di materiale solido da monte può, invece, essere studiata in maniera piuttosto semplice per un canale circa prismatico e rettilineo, considerando che la sua sezione si deformerà, approfondendosi e/o allargandosi, fino a che l'azione di trascinamento della corrente non diminuirà al di sotto del valore critico. Valutazioni più speditive consentono di ricavare la profondità di erosione  $\delta$  come la differenza tra il tirante d'acqua  $h$  antecedente all'erosione ed il tirante d'acqua  $h_e$  a fenomeno avvenuto:

$$\delta = h_e - h$$

Il tirante d'acqua  $h_e$  a fenomeno avvenuto si ricava dalle formule, del tutto empiriche e senza giustificazione teorica, dell'equilibrio dei canali a regine.



- La formula di Blench (1969) propone:

$$h_e = 0,379 q^{2/3} d_{50}^{-1/6} \text{ per sabbia e limo con } 6 \cdot 10^{-5} < d_{50} \text{ (m)} < 0,002 \text{ (1)}$$

$$h_e = 0,692 q^{2/3} d_{50}^{-1/12} \text{ per sabbia e ghiaia con } 0,002 < d_{50} \text{ (m)} \text{ (2)}$$

- La formula di Maza Alvarez ed Echavarria (1973) propone:

$$h_e = 0,365 q^{0,784} d_{50}^{-0,157} \text{ per sabbia e ghiaia con } d_{75} \text{ (m)} < 0,006 \text{ (3)}$$

Per il calcolo di  $q$ , intesa come la portata nell'unità di larghezza del canale, si utilizza il tirante e velocità forniti del modello idraulico lungo le sezioni stesse.

La morfologia del letto fluviale e gli effetti su di essa delle opere in alveo sono strettamente legati al trasporto dei sedimenti da parte della corrente per mezzo dei processi di:

- trasporto al fondo, tipico del movimento del materiale più grossolano, che si muove vicino al fondo per scorrimento, rotolamento, saltazione;
- trasporto torbido, che sposta i materiali più fini sospingendoli, per effetto della turbolenza, nel nucleo della corrente.

Parte degli inerti trasportati dalla corrente si ritrova anche nel materiale costituente il fondo del fiume, chiamato materiale di fondo o bed-material load. La portata di bed-material load dipende dalla portata liquida del fiume. Il materiale molto fine – limi e argille – apportato dagli affluenti ovvero eroso dal terreno delle sponde, dopo essere andato in sospensione non ritorna più al fondo nei cui depositi si trova depositato solo in minima parte, tale fenomeno è chiamato wash load. La composizione del letto fluviale si trova così alleggerita dalle parti più fini e quindi la granulometria del fondo risulta maggiore di quella del terreno originario. La portata di wash load dipende dalla quantità di materiali fini apportati dagli affluenti.

## 11 CONCLUSIONI

Nel presente studio di compatibilità idrologico-idraulica si è proceduto anzitutto all'individuazione su CTR del reticolo idrografico principale, minore e minuto esistente nell'area di progetto. Successivamente, si è proceduto ad individuare le interferenze delle opere di progetto con il reticolo idrografico, calcolando per ognuna di loro la portata di piena con riferimento ad un tempo di ritorno di 200 anni.

Ogni interferenza è stata studiata singolarmente, con lo scopo di individuarne l'idrogramma di piena e studiarne l'eventuale fenomeno di allagamento associato (con una precipitazione a tempo di ritorno 200 anni). Per tutte le interferenze riscontrate sono state studiate le modalità di attraversamento più idonee a garantire la compatibilità delle opere di progetto con l'assetto idraulico del territorio.

Le soluzioni di attraversamento scelte non determinano interferenze con la sezione libera di deflusso e con il materiale inerte presente in alveo, inoltre, consentono la protezione dei collegamenti elettrici dalle eventuali azioni di trascinamento della corrente idraulica. Si precisa che nessuna delle opere di progetto individuate si trova in una condizione di pericolosità idraulica.

Per quanto riguarda il sistema di drenaggio del progetto, è stato ipotizzato un sistema di regimazione delle acque meteoriche in modo tale da non creare problematiche alle opere di progetto, garantendo il deflusso e lo smaltimento delle stesse.

Sulla base di quanto esposto, si può ritenere il progetto compatibile con l'assetto idrologico-idraulico dell'area in esame.

## 12 BIBLIOGRAFIA

---

- Rapporto di sintesi sulla valutazione delle piene in Italia, “Valutazione delle piene in Puglia”, Copertino V.A. e M. Fiorentino, CNR-GNDICI, Pubbl. N. 1437, La Modernissima, Lamezia Terme (CZ), 1994.
- La valutazione delle piene in Italia, Ferrari, E., Versace, P., (a cura di), CNR – Linea 1, Roma (RM), 1994.
- Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Puglia e ss.mm.ii., Autorità di Bacino della Puglia, 2004.
- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, “Aggiornamento delle Norme tecniche per la costruzioni”, Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti, 2018.