



NOVEMBRE 2023

## **SOLAR CAPITAL 4 S.R.L.**

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO**

**COLLEGATO ALLA RTN**

**POTENZA NOMINALE 39,40 MW**

**COMUNE DI FOGGIA E SAN SEVERO (FG)**

**Montagna**

## **PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO**

**Relazione Idrologica e Idraulica**

**Progettista**

Ing. Laura Maria Conti n. ordine Ing. Pavia 1726

**Codice elaborato**

*2748\_5573\_FG-SS\_VIA\_R06\_Rev0\_Relazione idrologica e idraulica*

## Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2748_5573_FG-SS_VIA_R06_Rev0_Relazione idrologica e idraulica	11/2023	Prima emissione	LAL	FL	L. Conti

## Gruppo di lavoro

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Laura Maria Conti	Direzione Tecnica	Ordine Ing. Pavia 1726
Daniele Crespi	Project Manager e Coordinamento SIA	
Corrado Pluchino	Project Manager	Ord. Ing. Milano A27174
Riccardo Festante	Progettazione Elettrica, Rumore e Comunicazioni	Tecnico acustico/ambientale n. 71
Giulia Peirano	Architetto	Ordine Arch. Milano n. 20208
Marco Corrà	Architetto	
Fabio Lassini	Ingegnere Idraulico	Ordine Ing. Milano A29719
Laura Annovazzi Lodi	Ingegnere Ambientale	
Mauro Aires	Ingegnere strutturista	Ordine Ing. Torino 9583J
Elena Comi	Biologo	
Sergio Alifano	Architetto	
Paola Scaccabarozzi	Ingegnere Idraulico	
Andrea Delussu	Ingegnere Elettrico	
Luca Morelli	Ingegnere Ambientale	
Matteo Cuda	Naturalista	
Raffaella Bertolini	Esperto Ambientale	
Graziella Cusmano	Architetto	

### Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano  
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

[www.montanambiente.com](http://www.montanambiente.com)





<b>Nome e cognome</b>	<b>Ruolo nel gruppo di lavoro</b>	<b>N° ordine</b>
Matthew Pisedda	Perito Elettrotecnico	
Vincenzo Ferrante	Ingegnere strutturista	Ordine Ingegneri Siracusa n.2216
Michele Pecorelli (Studio Geodue)	Geologo - Indagini Geotecniche Geodue	Ordine Geologi Puglia n. 327
Nazzario D'Errico	Agronomo	Ordine Agronomi di Foggia n. 382
Felice Stoico	Archeologo	
Marianna Denora	Architetto - Acustica	Ordine Architetti Bari, Sez. A n. 2521

**Montana S.p.A.**

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano  
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156  
Cap. Soc. 600.000,00 €

[www.montanambiente.com](http://www.montanambiente.com)





## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>6</b>
<b>2. DATI DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 RILIEVO TOPOGRAFICO.....</b>	<b>7</b>
2.1.1 Modello digitale del terreno Regione Puglia.....	7
2.1.2 Modello digitale del terreno Tinality.....	7
2.1.3 Rilievo topografico.....	7
<b>2.2 NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>7</b>
<b>3. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO.....</b>	<b>8</b>
<b>3.1 LOCALIZZAZIONE.....</b>	<b>8</b>
3.1.1 Rilievo fotografico.....	11
<b>3.2 COPERTURA DEL SUOLO.....</b>	<b>12</b>
<b>3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO.....</b>	<b>13</b>
3.3.1 Inquadramento morfologico.....	13
3.3.2 Lineamenti geologici.....	15
3.3.3 Caratterizzazione dei litotipi locali e assetto litostratigrafico.....	17
3.3.4 Inquadramento idrogeologico.....	18
<b>3.4 IDROGRAFIA DEL TERRITORIO.....</b>	<b>19</b>
3.4.1 Inquadramento idrologico e idraulico.....	21
<b>3.5 INQUADRAMENTO DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO DELL'AREA DI PROGETTO E DELLA LINEA DI CONNESSIONE ...</b>	<b>22</b>
3.5.1 Piano Assetto Idrologico (PAI).....	23
3.5.2 Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA).....	26
<b>4. STATO DI PROGETTO: DESCRIZIONE GENERALE INTERVENTI.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1 IMPIANTO FOTOVOLTAICO.....</b>	<b>31</b>
4.1.1 Moduli fotovoltaici e strutture di supporto.....	32
4.1.2 Cabine di campo.....	33
4.1.3 Cavi di potenza e di controllo.....	33
4.1.4 Sistema di drenaggio.....	34
<b>4.2 LINEA DI CONNESSIONE.....</b>	<b>34</b>
<b>5. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E LINEA DI CONNESSIONE.....</b>	<b>36</b>
<b>5.1 LAYOUT DI PROGETTO.....</b>	<b>36</b>
<b>5.2 LINEA DI CONNESSIONE.....</b>	<b>36</b>
<b>5.3 METODOLOGIA DI VERIFICA PROFONDITÀ DI SICUREZZA POSA TOC.....</b>	<b>38</b>
5.3.1 Analisi qualitativa.....	38
5.3.2 Analisi quantitativa.....	39
<b>5.4 RISOLUZIONI INTERFERENZE LINEA DI CONNESSIONE.....</b>	<b>41</b>
5.4.1 I1.....	41
5.4.2 I2.....	44
5.4.3 I3.....	45
5.4.4 I4.....	47
5.4.5 I5.....	49



5.4.616 .....	51
5.4.717 .....	53
5.4.818 .....	54
5.4.919 .....	56
5.4.10 I10.....	58
5.4.11 I11.....	59
5.4.12 I12.....	62
5.4.13 I13.....	63
5.4.14 I14.....	66
5.4.15 I15.....	68
5.4.16 I16.....	70
<b>6. STUDIO IDROLOGICO AREA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>73</b>
6.1 CONSIDERAZIONI CLIMATICHE .....	73
6.2 SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO .....	74
6.3 ANALISI PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE.....	75
<b>7. OPERE IDRAULICHE.....</b>	<b>79</b>
7.1 SISTEMA DI DRENAGGIO SUPERFICIALE DELL'AREA DI INTERVENTO .....	79
7.2 SISTEMA DI INFILTRAZIONE E LAMINAZIONE NELL'AREA DI INTERVENTO.....	82
<b>8. CONCLUSIONE .....</b>	<b>84</b>



## **1. PREMESSA**

Lo studio idrologico e idraulico relativo al reticolo idrografico superficiale, ai principali solchi vallivi o aree depresse e alle aree allagabili è riferito alla perimetrazione della pericolosità idraulica riportata dal PGRA dell'Autorità di Bacino del Distretto dell'Appennino Meridionale (AdB DAM) e dal PAI nel bacino Regionale Puglia e Interregionale Ofanto.

Il presente documento riporta lo studio di compatibilità idraulica del progetto dell'impianto agrivoltaico e della linea di connessione analizzando le eventuali interferenze dei diversi componenti con le aree a pericolosità idraulica e identificando, nel caso, la migliore soluzione e tecnologia per la risoluzione delle stesse. In corrispondenza di canali irrigui/corsi d'acqua naturali si è inoltre valutato che il superamento delle interferenze avvenga in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento e al contesto territoriale.

Il progetto prevederà opere idrauliche relative alla rete di drenaggio, costituita da fossi in terra non rivestiti, che saranno dimensionate a seguito di uno studio idraulico di dettaglio. La rete di drenaggio dell'impianto agrivoltaico sarà posizionata in modo tale da ridurre al minimo le interferenze con la rete naturale e tutte le opere di regimazione rientreranno nell'ambito dell'ingegneria naturalistica.



## **2. DATI DI RIFERIMENTO**

### **2.1 RILIEVO TOPOGRAFICO**

La campagna investigativa topografica ha interessato tutta l'area di progetto in modo completo e dettagliato.

Dapprima sono stati ottenuti i modelli digitali del terreno e della superficie dalla Regione Puglia. In seguito a completamento dell'indagine e per verifica dei dati in possesso è stato condotto un rilievo topografico.

#### **2.1.1 Modello digitale del terreno Regione Puglia**

Attraverso la fonte ufficiale Regione Puglia è stato ottenuto il modello digitale del terreno con una risoluzione spaziale 8x8 metri del layout di progetto dell'impianto fotovoltaico e del tracciato della linea di connessione.

#### **2.1.2 Modello digitale del terreno Tinality**

Attraverso il sito Tinality è stato ottenuto il modello digitale del terreno con una risoluzione spaziale 10x10 metri dell'intera area di progetto, tracciato di connessione incluso.

#### **2.1.3 Rilievo topografico**

Nell'estate del 2023 è stato eseguito un rilievo topografico al fine di definire l'andamento plano-altimetrico del terreno e la presenza di interferenze nelle aree destinate alla realizzazione del nuovo impianto fotovoltaico.

## **2.2 NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO**

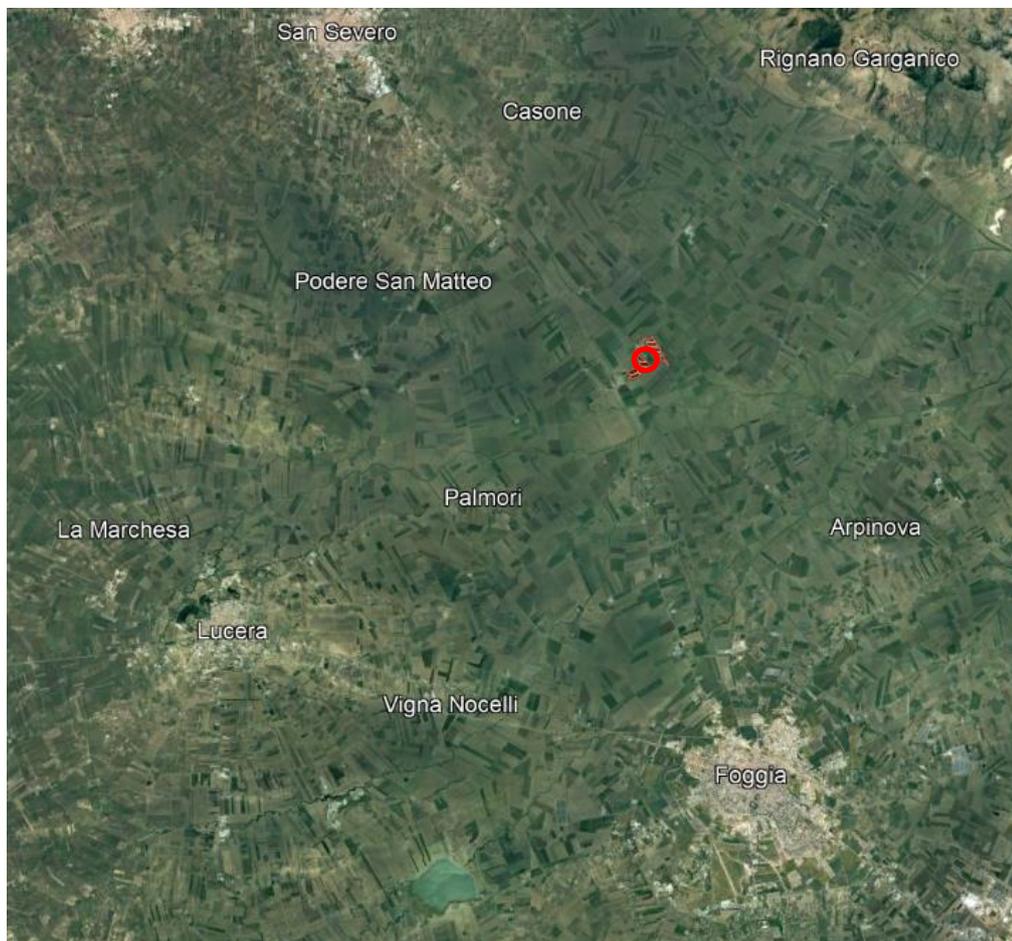
I seguenti documenti sono stato utilizzati come principali riferimenti per lo studio:

- D.Lgs 152/06 e smi;
- Direttiva Comunitaria 2007/60/CE – Valutazione e gestione del rischio di alluvioni/ D.Lgs. 49/2010;
- Regione Puglia - Servizio Protezione Civile - Centro Funzionale Regionale. Precipitazioni medie e di massima intensità registrate nella stazione pluviometrica locale 1921-2010;
- Autorità di Bacino della Puglia - Piano di Bacino - Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) – Norme Tecniche di Attuazione - Relazione di Piano;
- PGRA;
- Sistemi di fognatura - Manuale di progettazione - Hoepli, CSDU;
- La sistemazione dei bacini idrografici, Vito Ferro, McGraw – Hill editore;
- Open Channel Hydraulics, Chow – McGraw – Hill editore;
- Spate Irrigation - FAO – HR Wallinford;
- Urban Drainage Design Manual” pubblicato da FHWA (Federal highway administration-US Department of transportation).

### 3. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

#### 3.1 LOCALIZZAZIONE

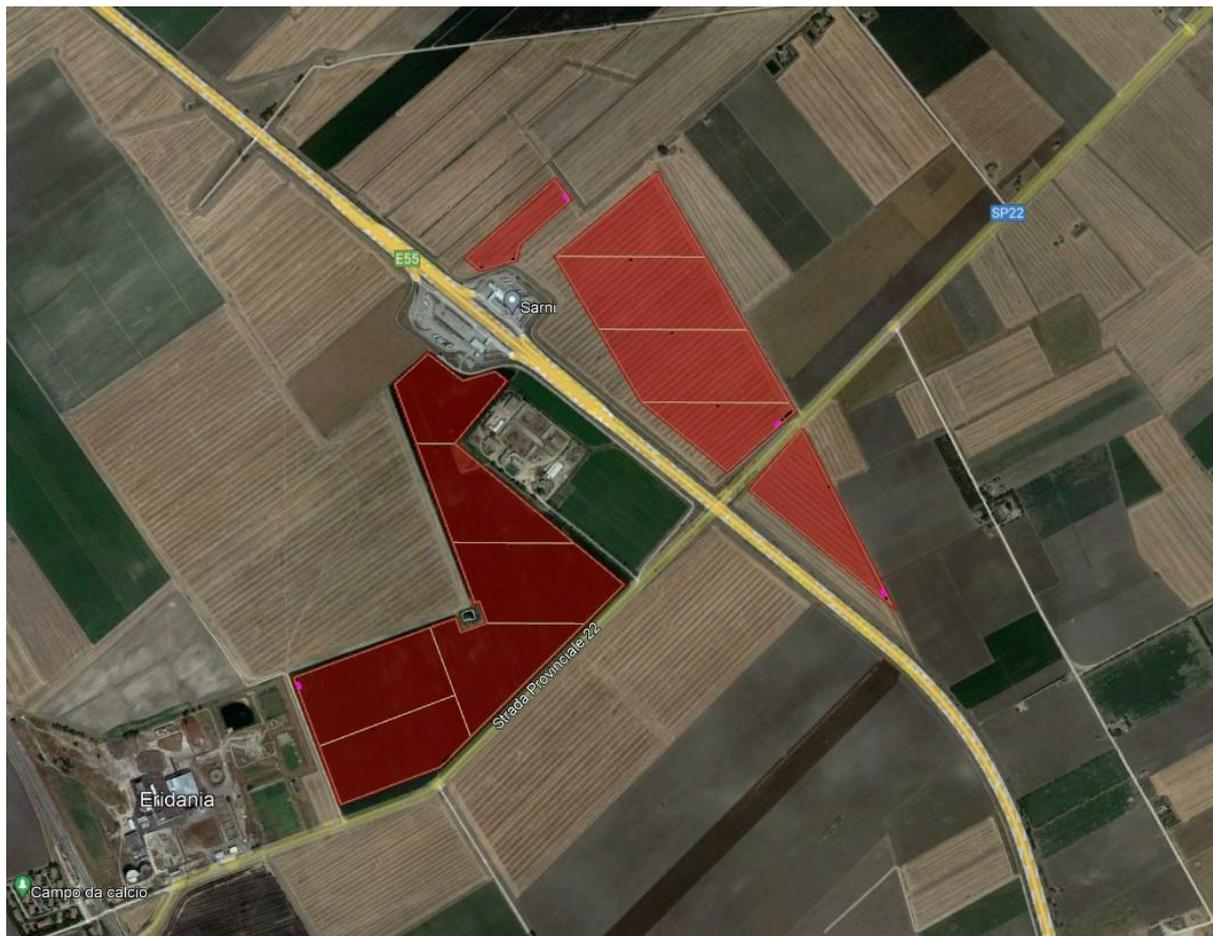
Il progetto in esame è ubicato in alcuni terreni a Nord del comune di Foggia in Provincia di Foggia (Figura 3.1).



*Figura 3.1: Inquadramento dell'area di intervento. In rosso l'ubicazione delle aree di progetto.*

L'intera superficie catastale dell'area oggetto di intervento è pari a circa 66 ettari di cui 52 ettari interessati dall'impianto. Il campo fotovoltaico in progetto è costituito da 4 sezioni S1 S2, S3, S4 localizzate a circa 14 km a nord -ovest del centro abitato di Foggia e a circa 15 km a sud -est del centro abitato di San Severo:

- Area S1: adiacente alla A14 di estensione catastale pari a circa 5,25 ha (1,77 ha cintati);
- Area S2: sito che confina a est con la A14 e a sud con la S.P.22 di estensione catastale pari a circa 22,05 ha (17,91 ha cintati);
- Area S3: sito che confina a est con la A14 e a Nord con la S.P.22 di estensione catastale pari a circa 7,04 ha (4,13 ha cintati);
- Area S4: sito a ovest con la A14 e a sud con la S.P.22 di estensione catastale pari a circa 31,86 ha (28,30 ha cintati).



*Figura 3.2: Localizzazione dell'area di intervento. In rosso il perimetro delle aree di progetto.*

L'area deputata all'installazione dell'impianto fotovoltaico in oggetto risulta essere adatta allo scopo presentando una buona esposizione ed è facilmente raggiungibile ed accessibile attraverso le vie di comunicazione esistenti.

Attraverso la valutazione delle ombre si è cercato di minimizzare e ove possibile eliminare l'effetto di ombreggiamento, così da garantire una perdita pressoché nulla del rendimento annuo in termini di produttività dell'impianto fotovoltaico in oggetto.



Figura 3.3: Stato di fatto dell'area di progetto.

### 3.1.1 Rilievo fotografico

Nell'estate del 2023 è stato effettuato un sopralluogo. Nella figura che segue sono riportate delle immagini del rilievo fotografico che rappresentano il territorio nello stato di fatto.





Figura 3.4: Immagini da sopralluogo effettuato nell'estate del 2023



Figura 3.5: Ortofoto aree di progetto impianto fotovoltaico (in rosso) e punti di presa.

### 3.2 COPERTURA DEL SUOLO

Nell'ambito dello studio idrologico è stata valutata sia la copertura del terreno sia l'uso del suolo dell'area di ubicazione delle opere dell'impianto fotovoltaico.

Come si evince dalla Figura 3.6 si riscontra una prevalenza di seminativi semplici in aree irrigue.

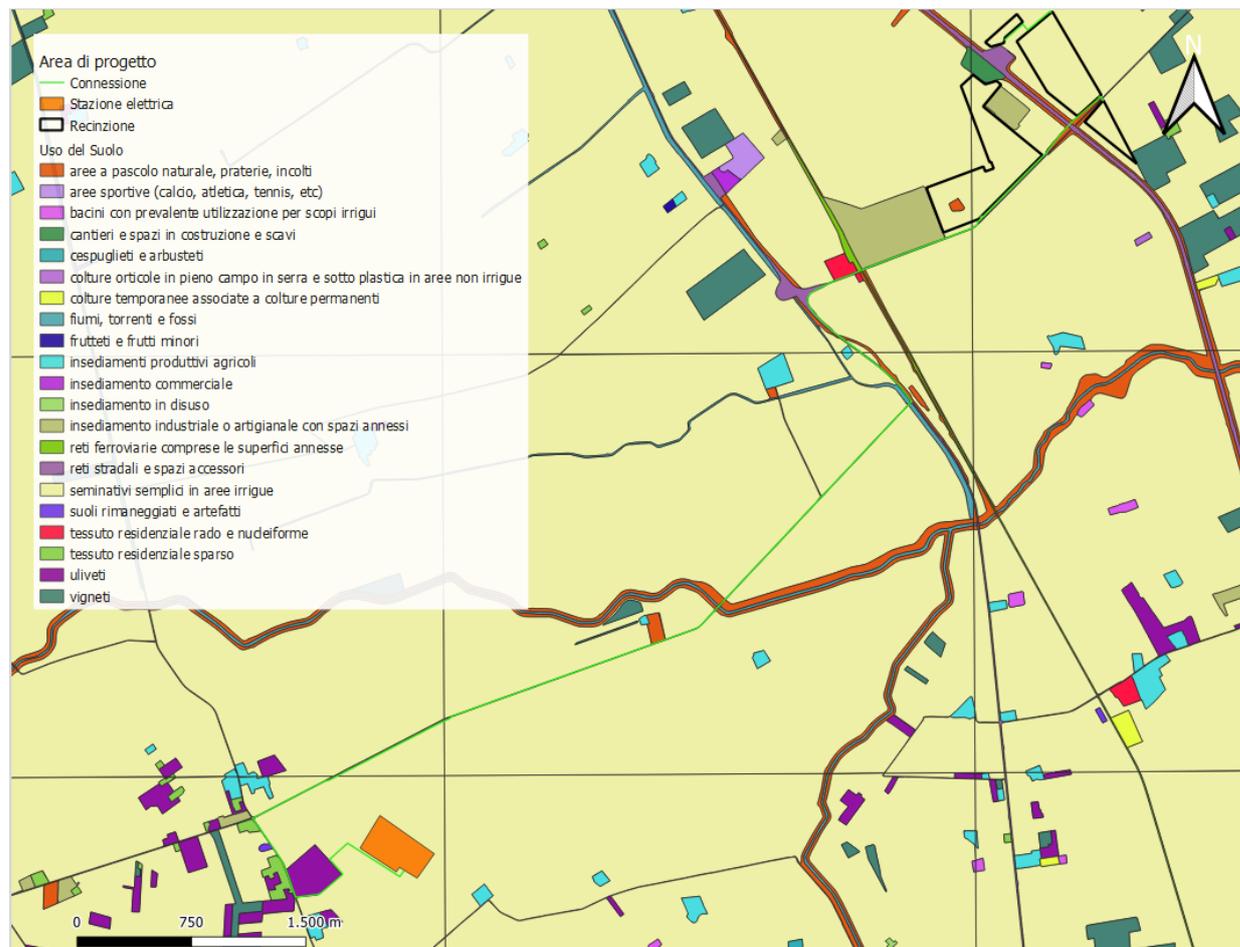


Figura 3.6: Categorie di uso del suolo della Regione Puglia. In nero l'area di progetto, in verde la linea di connessione e in arancione la stazione elettrica.

### 3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

#### 3.3.1 Inquadramento morfologico

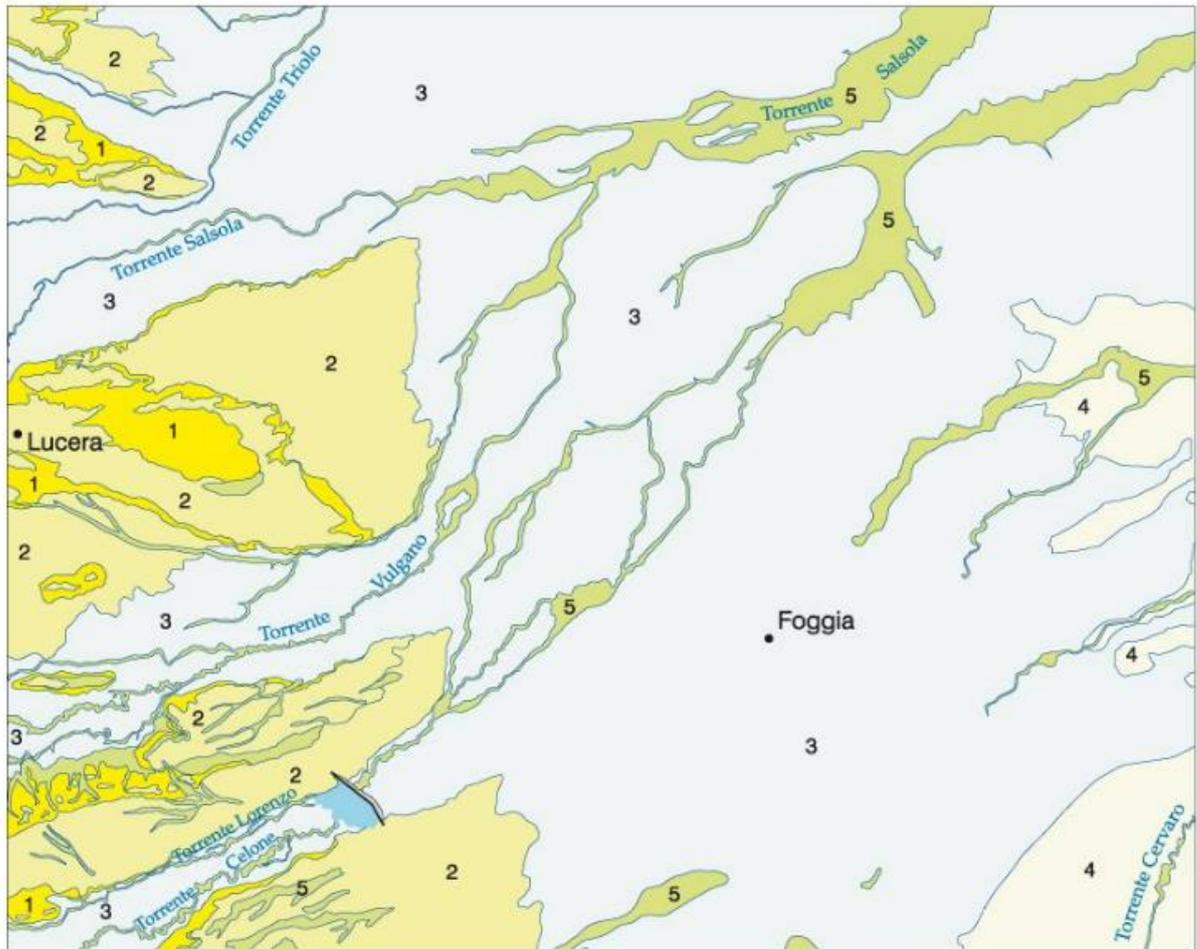
La morfologia del territorio comunale è tipica della parte alta della Pianura di Capitanata, con quote minime prossime a 25 metri sul livello del mare e massime di poco superiori a 50 metri. L'area di studio è ubicata a quote comprese tra 55 e 35 metri s.l.m. (Figura 3.8) con pendenze variabili, generalmente riferibili alle piane alluvionali generate dai corsi d'acqua che lo attraversano. L'andamento della superficie topografica è pertanto interrotto dalle incisioni vallive, allungate generalmente in direzione E-O, che solcano la pianura, drenando le acque superficiali provenienti dal Subappennino. L'azione erosiva piuttosto spinta di questi corsi d'acqua ha portato ad un profondo smembramento dei terrazzi marini in corrispondenza delle quote più elevate del medio Tavoliere.

Il reticolo idrografico è caratterizzato anche da corsi d'acqua di minor intensità che si manifestano con incisioni non molto approfondite, solitamente povere d'acqua, che hanno esercitato una debole attività erosiva.

Nell'area di intervento il reticolo idrografico è caratterizzato da due solchi torrentizi, il Torrente Triolo a Nord e il Torrente Salsola a Sud, entrambi affluenti del Torrente Candelaro.

SCHEMA STRATIGRAFICO

Scala 1:200.000



- 5 Depositi alluvionali, colluviali, prodotti eluviali e detrito di versante  
Pleistocene superiore - Olocene

**Supersistema del Tavoliere di Puglia**

- 4 Sintema del Pleistocene superiore - Olocene?
- 3 Sintemi del Pleistocene medio? - Pleistocene superiore
- 2 Sintemi del Pleistocene inferiore? - medio
- 1 Argille subappennine - Pleistocene inferiore

Figura 3.7: Schema tettonico.

Il territorio è inciso, come detto, da due assi fluviali principali da due solchi torrentizi, il Torrente Triolo a Nord e i Torrente Salsola a Sud, entrambi affluenti del Torrente Candelaro. Il reticolo idrografico è caratterizzato anche da corsi d'acqua di minor intensità che si manifestano con incisioni non molto approfondite, solitamente povere d'acqua, che hanno esercitato una debole attività erosiva.

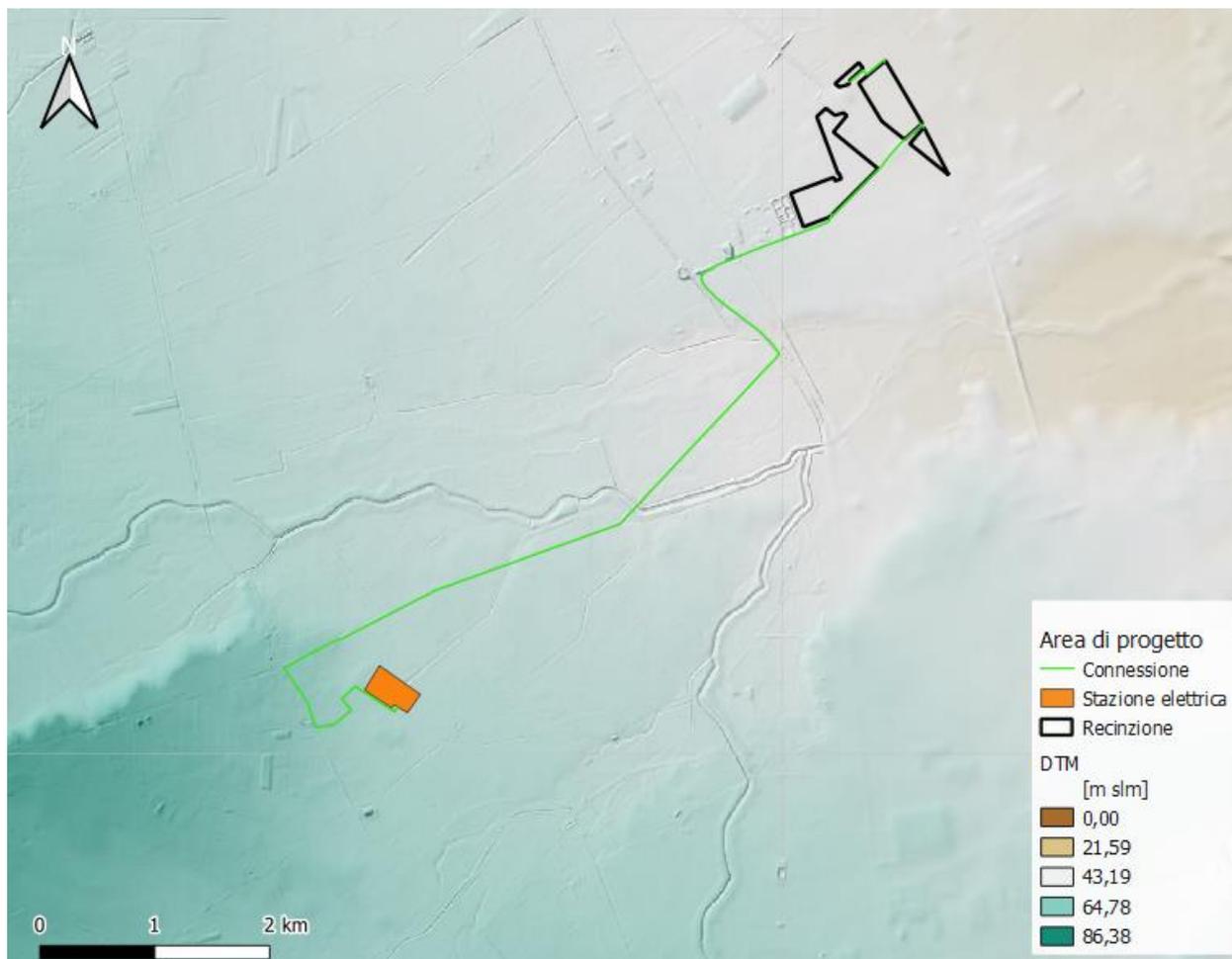


Figura 3.8: Andamento altimetrico [elevazione metri s.l.m.] secondo il DTM Puglia. In nero l'area di progetto, in verde il tracciato della linea di connessione e in arancione la stazione elettrica.

### 3.3.2 Lineamenti geologici

Da un punto di vista strettamente geologico gli affioramenti dell'area appartengono ad un grande complesso morfologico-strutturale, allungato per lo più in direzione appenninica (NO-SE), con carattere di bacino che ospita terreni prevalentemente clastici d'età plio-quadernaria ed è solcato dai torrenti e dai fiumi più importanti della Puglia nord-orientale. Dall'alto verso il basso stratigrafico, l'intera area è ricoperta sopra da depositi quadernari, in prevalenza di facies alluvionale. Tra questi prevale argilla più o meno marnosa, di probabile origine lagunare, ricoperta a luoghi da lenti di conglomerati e da straterelli di calcare evaporitico (crosta). Al di sotto si rinviene in generale un deposito clastico sabbioso-ghiaioso a cui fa da basamento impermeabile il complesso delle argille azzurre pliocenico-calabriere che costituisce il ciclo sedimentario più recente delle argille subappennine.

Il substrato profondo è costituito da una potente successione calcareo-dolomitica su cui poggia l'argilla con ripetute e irregolari alternanze di livelli sabbiosi e ghiaiosi.



Figura 3.9: Schema geologico e strutturale dell'area del Tavoliere e del Subappennino Dauno – Area di cantiere nel cerchio rosso.

Il motivo geologico strutturale più evidente è rappresentato da linee tettoniche con direzione NNO-SSE e NE-SO e in tale direzione si sviluppano anche gli assi di ampie strutture plicative in un regime compressivo, individuatesi fin dal Miocene medio. Queste hanno determinato strutture geologiche complesse con rapporti di sovrapposizione e contatti (stratigrafici e/o tettonici) diversi e variabili da zona a zona. Le fasi tettoniche successive non hanno modificato sostanzialmente questi allineamenti strutturali anche se ne hanno accentuati gli effetti coinvolgendo le formazioni plioceniche, determinando sovrascorrimenti e faglie inverse e rendendo tettonici molti dei contatti tra le varie formazioni geologiche.

In base alle più recenti interpretazioni, il modello geodinamico di questa porzione di territorio può essere di contro schematizzato con la seguente evoluzione paleogeografico-strutturale:

- formazione della piattaforma carbonatica mesozoico-paleogenica (substrato profondo – Piattaforma Apula), caratterizzata da strutture horst e graben associate ad un regime distensivo;
- riattivazione della Piattaforma Apula in un regime compressivo con relativa individuazione dell'avanfossa a partire dal Miocene (Fossa Bradanica);
- riempimento di questo bacino subsidente durante il Plio-Pleistocene con la sedimentazione di depositi argillosi di mare profondo (Argille Azzurre);
- sollevamento regionale dovuto a sovrascorrimento NE vergenti, concomitante con oscillazioni glacio-eustatiche del livello del mare e conseguente importante fase di terrazzamento con

depositi marini ed alluvionali nel Pleistocene-Olocene. La generale pendenza verso oriente rappresenta, probabilmente, l'originaria inclinazione della superficie di regressione del mare pleistocenico e dei depositi fluviali che su di essa si sono adagiati.

Entrando più nel dettaglio l'evoluzione strutturale generale, che caratterizza la zona del Preappennino Dauno, è sostanzialmente iniziata con la sedimentazione, nel Miocene, di una potente serie torbiditica (depositi accumulatisi in seguito a eventi gravitativi sui fondali marini) sopra il complesso basale carbonatico (substrato). Contemporaneamente alla trasgressione miocenica si determina un abbassamento dell'area con la formazione di un bacino di accumulo di depositi clastici provenienti, in prevalenza, da aree emerse limitrofe.

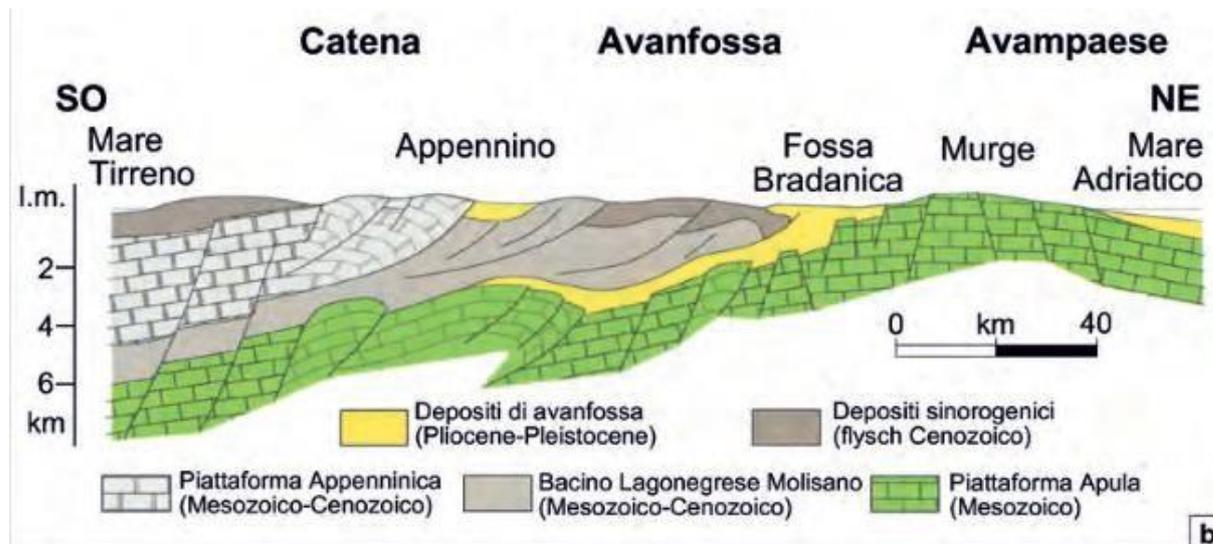


Figura 3.10: Sezione geologica schematica attraverso l'avanfossa appenninica.

Dal Pliocene inferiore si ha un progressivo approfondimento del bacino diventando di avanfossa in seguito al sovrascorrimento delle unità appenniniche più esterne su di esso. Le geometrie tra le unità nel bacino sono tali che i depositi prevalentemente argillosi, di ambiente marino vanno a sedimentarsi al di sopra di queste unità appenniniche sovrascorse (depositi di avanfossa – Argille Azzurre).

Successivamente, nel Pliocene superiore-Olocene la regressione marina ha consentito la deposizione di materiale continentale clastico limoso – sabbioso e ghiaioso. Il sollevamento che ha causato la regressione è tuttora attivo con l'attivazione di dislocazioni tettoniche trasversali.

### 3.3.3 Caratterizzazione dei litotipi locali e assetto litostratigrafico

L'area in progetto ricade nel settore centrale dell'estesa piana del Tavoliere, caratterizzata da affioramenti di depositi continentali terrazzati, presenti alla quota di pochi metri al di sopra di quella degli alvei attuali e poggianti sulle formazioni argillose marine Plio-Pleistoceniche.

La formazione dei depositi continentali è legata all'ultima fase dell'evoluzione geodinamica della regione, caratterizzata dal progressivo sollevamento ed emersione di tutta l'area avvenuta a partire dal Pleistocene medio e tuttora in atto. Durante tale processo l'azione degli agenti esogeni, esercitata sulle terre già emerse, causava erosione con trasporto verso il mare in regressione dei prodotti erosi. Le concomitanti oscillazioni glacio-eustatiche del livello del mare hanno favorito la formazione dei depositi terrazzati.

I terreni alluvionali sono costituiti da limi sabbiosi talora argillosi con ghiaie e ciottoli poligenici ed eterometrici, talora addensati e debolmente cementati, in matrice sabbioso limosa di colore avana. Tali depositi contengono intercalazioni lentiformi di limi sabbiosi più o meno argillosi. Nella parte superficiale si rinvengono talvolta croste biancastre a lamine orizzontali, costituiti da limi sabbiosi di natura carbonatica contenenti talora elementi di ghiaia. La natura continentale del deposito

alluvionale è evidenziata dalla morfologia dei ciottoli che si presentano generalmente sub-arrotondati, anche se non mancano talora quelli appiattiti ad indicare un parziale rimaneggiamento ad opera del moto ondoso del mare in regressione.

Dal punto di vista geologico generale il sottosuolo in esame è parte integrante dei depositi alluvionali olocenici, poggianti sui sedimenti Plio-pleistocenici, in prevalenza formati da sabbie e argille, che costituiscono i terreni affioranti alle pendici meridionali dei Monti della Daunia, ai margini sud occidentali del Tavoliere delle Puglie, nell'Appennino Meridionale. Il basamento è costituito da una potente serie di sedimenti carbonatici di età mesozoica, in prevalenza di piattaforma.

La Figura 3.11 presenta uno stralcio della Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia, rappresentante la litologia, dove si mostra a scala di progetto la tipologia dei depositi.

La tipologia di depositi riconoscibili nell'area di interesse sono i depositi a componente sabbiosa-ghiaiosa e i depositi a prevalente componente pelitica.

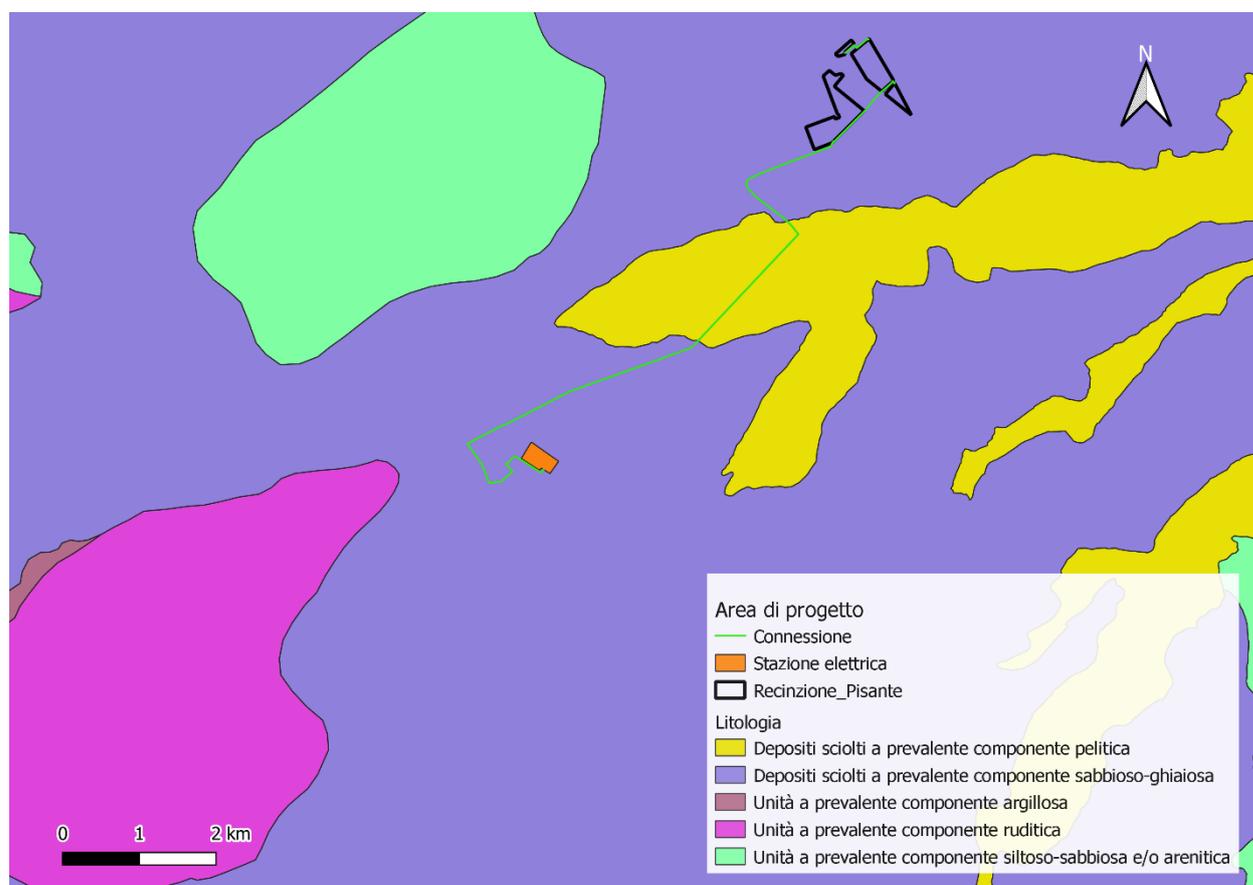


Figura 3.11: Stralcio carta idrogeomorfologica (litologia) della Regione Puglia.

### 3.3.4 Inquadramento idrogeologico

Nell'area di studio i depositi continentali affioranti sono caratterizzati da una permeabilità primaria per porosità, molto variabile nei litotipi presenti, sia in senso orizzontale che verticale. Il coefficiente di permeabilità è compreso tra valori medi e bassi; i valori maggiori, stimati in  $10^{-2}$  -  $10^{-4}$  cm/s, sono attribuibili ai banchi sabbioso-ghiaioso-ciottolosi, mentre quelli inferiori stimati in  $10^{-4}$  -  $10^{-7}$  cm/s, si riferiscono agli intervalli limo-sabbioso-argillosi o a livelli di sabbie e ghiaie più cementate.

Il livello freaticometrico è posto a circa -35 m da piano campagna con oscillazioni annuali influenzate dalle precipitazioni locali contenute nel metro e dalle caratteristiche locali della stratigrafia.

Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione dedicata "2748\_5573\_FG-SS\_VIA\_R05\_Rev0\_Relazione geologica e geotecnica".

### 3.4 IDROGRAFIA DEL TERRITORIO

La Puglia, presenta una situazione idrologico ambientale caratterizzata da scarsa disponibilità idrica superficiale avente distribuzione molto differenziata sul territorio. Essa è caratterizzata da un paesaggio privo di rilievi significativi e dalla presenza di calcari, anche affioranti, ad alta permeabilità. Tale substrato pianeggiante e altamente permeabile è probabilmente causa della formazione di un reticolo idrografico non sempre chiaramente definito, caratterizzato dall'assenza di deflussi per lunghi periodi anche invernali, ovvero nelle stagioni più piovose. Tale porzione di reticolo è formata da incisioni naturali, anche con sezioni trasversali di notevoli dimensioni, che non sempre sfociano in mare (recapito esoreico), ma sovente il punto di convergenza delle aste drenanti è costituito da una o più depressioni topografiche locali (recapito endoreico). Queste particolari strutture geomorfologiche rappresentano, rispetto al panorama circostante, una significativa discontinuità e spesso la loro presenza consente la conservazione di pregevoli ecosistemi ambientali.

Il progetto, in particolare, ricade nel bacino regionale Puglia e interregionale Ofanto (Figura 3.12); tale bacino è riconosciuto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale (ADM). L'Unità di Gestione (Unit of Management – UoM) del bacino in analisi è ITR161I020.



Figura 3.12: Limiti delle Unità di Gestione del Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale (ADM). L'Unità di Gestione del bacino in analisi è UoM ITR161I020 – Bacino Regionale Puglia e Interregionale Ofanto.

Il territorio della UoM Regionale Puglia e Interregionale Ofanto si estende per circa 20.000 km<sup>2</sup> sviluppandosi prevalentemente in Puglia e in minima percentuale nelle regioni Basilicata (7%) e Campania (4%). Il territorio di competenza coinvolge aree interessate da eventi alluvionali contraddistinti da differenti meccanismi di formazione e propagazione dei deflussi di piena. Per queste ragioni, il territorio è stato suddiviso nei seguenti ambiti territoriali omogenei:

- Gargano;
- Fiumi Settentrionali (**Candelaro**, Cervaro e Carapelle);



- Ofanto;
- Bari e Brindisi;
- Arco Ionico;
- Salento.

I fiumi settentrionali sottendono bacini di elevata estensione che comprendono settori altimetrici del territorio che variano da quello montano a quello di pianura. Le aree del Tavoliere, ove le pendenze si riducono notevolmente, sono quelle maggiormente interessate dai fenomeni di allagamento legati principalmente al sormonto delle strutture arginali realizzate lungo i principali corsi d'acqua sino a foce, all'insufficienza degli attraversamenti idraulici, le cui luci possono risultare ostruite da vegetazione o materiale trasportato dalla corrente e all'insufficienza delle sezioni al contenimento delle portate idrologiche. Inoltre, il tratto costiero, che si presenta in prossimità del mare sottomesso rispetto a questo, è soggetto a fenomeni di inondazione marina (come quello verificatosi ad Ippocampo nel 2012) con conseguenti danni per le strutture residenziali/turistiche presenti.

Il progetto, in particolare, ricade nel bacino idrografico del Candelaro (Figura 3.13), che è quasi esclusivamente impostato sul tipico ambiente geomorfologico del Tavoliere di Puglia. Il torrente scorre ai piedi del Gargano, con direzione NO-SE, in corrispondenza di una faglia di distensione instauratasi durante l'emersione del promontorio. Poco sviluppato è il versante sinistro, in corrispondenza della parete di faglia, mentre molto più esteso è il versante destro, solcato da vari affluenti. I principali sono i torrenti Triolo, Salsola e Celone che hanno origine nel Subappennino Dauno e, dopo aver ricevuto numerosi subaffluenti, talvolta importanti attraversano la piana di Capitanata in direzione SO-NE, confluendo nel Candelaro all'altezza del suo corso medio.

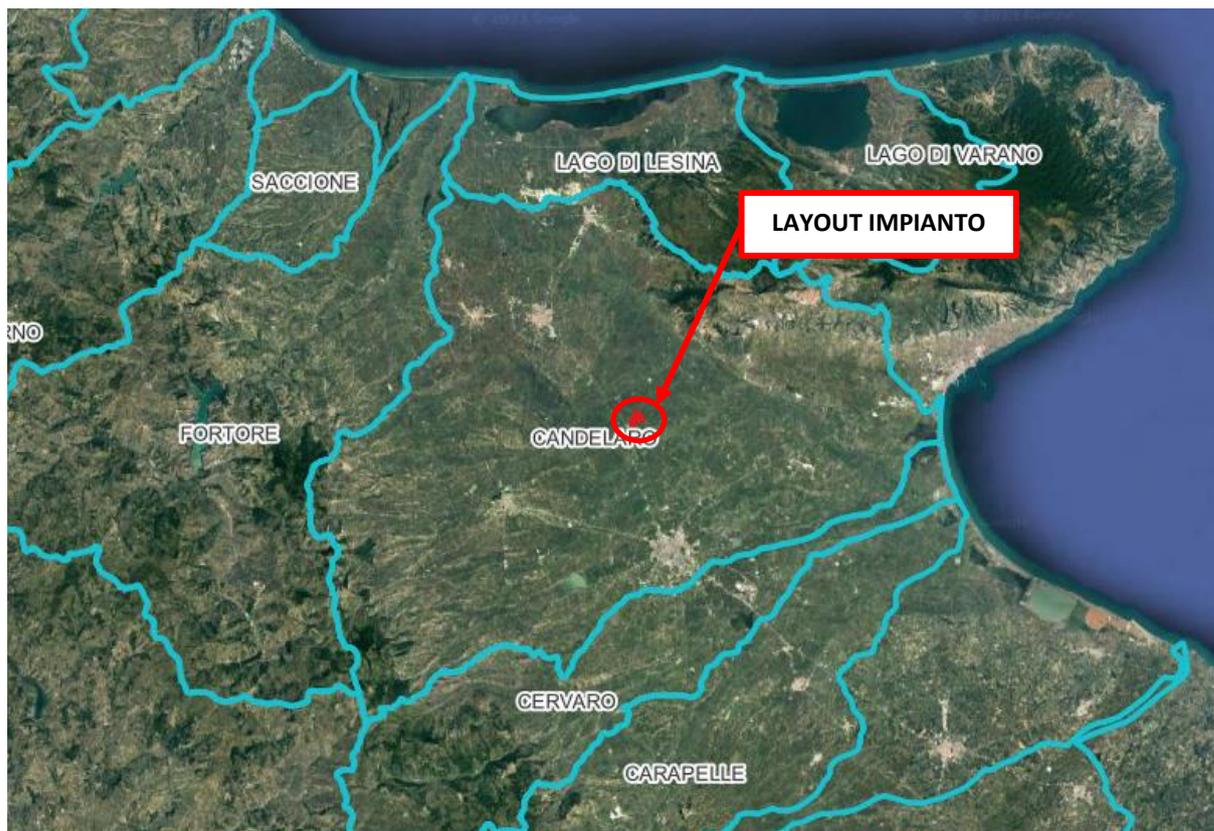


Figura 3.13: L'area di studio (in rosso) ricade all'interno del bacino del Candelaro.

### 3.4.1 Inquadramento idrologico e idraulico

L'area interessata dal progetto ricade all'interno del bacino del Candelaro, i cui principali fiumi sono i torrenti Triolo, Salsola e Celone, che hanno origine nel Subappennino Dauno. Il sito in oggetto risulta inserito in un contesto agricolo scarsamente antropizzato, prevalentemente agricolo, localizzato a circa 14 km a nord-ovest del centro abitato di Foggia e a circa 15 km a sud-est del centro abitato di San Severo. In particolare, il sito è caratterizzato dalla presenza di una canalizzazione a nord-est del layout, denominato Canale 805, appartenente al reticolo idrografico minore e da altri elementi idrici a sud del layout, tra cui il torrente Salsola, affluente del torrente Candelaro (Figura 3.14).

Il progetto "Strati Prioritari di Interesse Nazionale" (DBPrior10k), è stato realizzato nell'ambito dell'Intesa Stato-Regioni-Enti Locali sui Sistemi Informativi Geografici (IntesaGIS) a partire dal settembre 2003, ed è stato consegnato dal Centro Interregionale, che ne ha svolto la direzione lavori nel giugno 2005. Esso rappresenta la copertura della viabilità stradale e ferroviaria, dell'**idrografia** e dei limiti amministrativi, in scala 1:10.000, del territorio Nazionale. Tramite il progetto DBPRIOR10K è disponibile il reticolo idrografico dei bacini facenti parte di tale progetto, tra i quali il Subappennino Dauno (Figura 3.14).

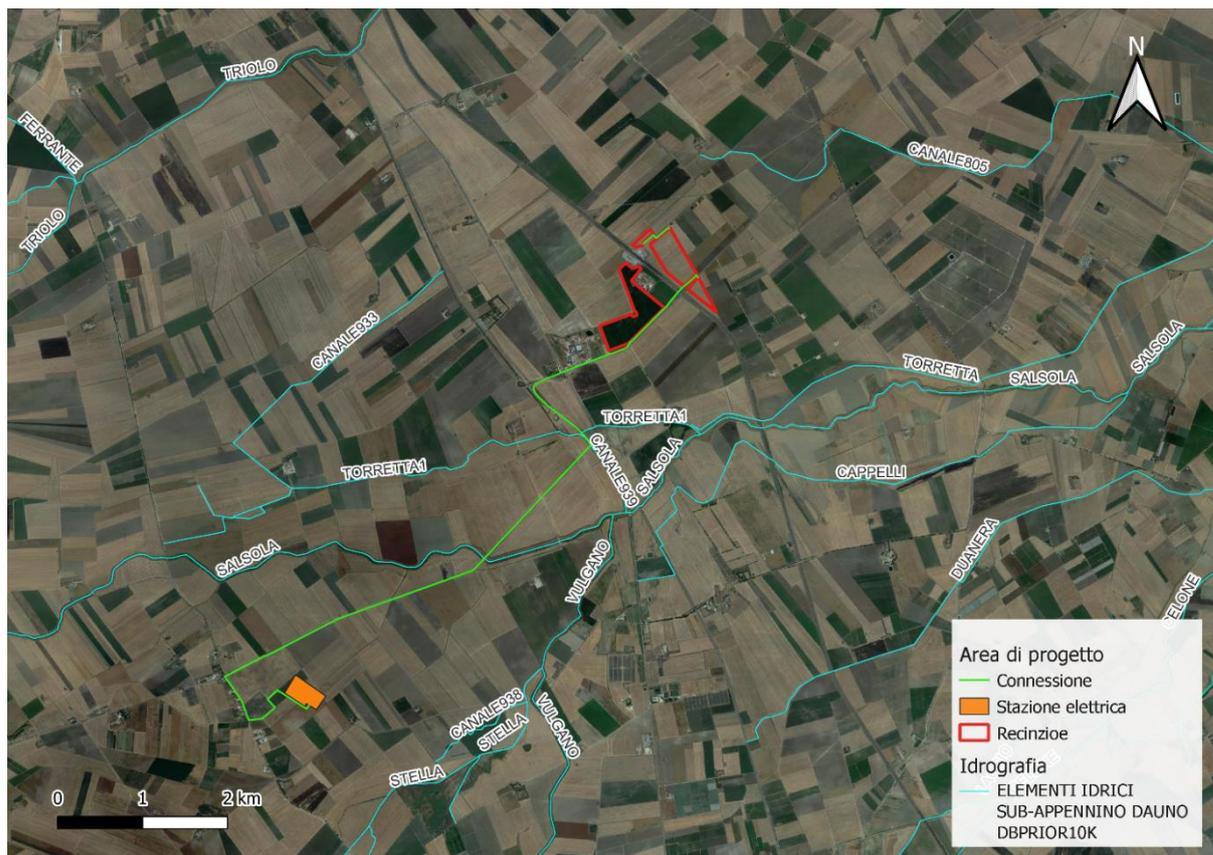


Figura 3.14: Inquadramento dei corsi d'acqua ricadenti nel bacino Sub-Appennino dauno (Fonte: DBPRIOR10K).  
In rosso l'area di progetto, in verde la linea di connessione e in arancione la stazione elettrica.

### 3.5 INQUADRAMENTO DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO DELL'AREA DI PROGETTO E DELLA LINEA DI CONNESSIONE

Il comune di Foggia e San Severo (FG) appartiene all'unità di gestione (UoM) del Bacino Regionale Puglia e Interregionale Ofanto (ITR161I020) del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale (DAM).

Con D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. sono state soppresse le Autorità di Bacino di cui alla ex L.183/89 e istituite, in ciascun distretto idrografico, le Autorità di Bacino Distrettuali. Ai sensi dell'art. 64, comma 1, del suddetto D.lgs. 152/2006, come modificato dall'art. 51, comma 5 della Legge 221/2015, il territorio nazionale è stato ripartito in 7 distretti idrografici tra i quali quello dell'**Appennino Meridionale**, comprendente i bacini idrografici nazionali Liri-Garigliano e Volturno, i bacini interregionali Sele, Sinni e Noce, Bradano, Saccione, Fortore e Biferno, Ofanto, Lao, Trigno ed i bacini regionali della Campania, della **Puglia**, della Basilicata, della Calabria, del Molise.

Le Autorità di Bacino Distrettuali, dalla data di entrata in vigore del D.M. n. 294/2016, a seguito della soppressione delle Autorità di Bacino Nazionali, Interregionali e Regionali, esercitano le funzioni e i compiti in materia di difesa del suolo, tutela delle acque e gestione delle risorse idriche previsti in capo alle stesse dalla normativa vigente nonché ogni altra funzione attribuita dalla legge o dai regolamenti. Con il DPCM del 4 aprile 2018 (pubblicato su G.U. n. 135 del 13/06/2018) - emanato ai sensi dell'art. 63, c. 4 del decreto legislativo n. 152/2006 - è stata infine data definitiva operatività al processo di riordino delle funzioni in materia di difesa del suolo e di tutela delle acque avviato con Legge 221/2015 e con D.M. 294/2016.

L'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, in base alle norme vigenti, ha fatto proprie le attività di pianificazione e programmazione a scala di Bacino e di Distretto idrografico relative alla difesa, tutela, uso e gestione sostenibile delle risorse suolo e acqua, alla salvaguardia degli

aspetti ambientali svolte dalle ex Autorità di Bacino Nazionali, Regionali, Interregionali in base al disposto della ex legge 183/89 e concorre, pertanto, alla difesa, alla tutela e al risanamento del suolo e del sottosuolo, alla tutela quali-quantitativa della risorsa idrica, alla mitigazione del rischio idrogeologico, alla lotta alla desertificazione, alla tutela della fascia costiera ed al risanamento del litorale (in riferimento agli articoli 53, 54 e 65 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i.).

La pianificazione di bacino fino ad oggi svolta dalle ex Autorità di Bacino ripresa ed integrata dall'Autorità di Distretto, costituisce riferimento per la programmazione di azioni condivise e partecipate in ambito di governo del territorio a scala di bacino e di distretto idrografico.

### **3.5.1 Piano Assetto Idrologico (PAI)**

I Piani Stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (di seguito definito PAI) del Bacino Regionale Puglia e Interregionale Ofanto sono redatti ai sensi dell'art. 17 comma 6-ter della Legge 18 maggio 1989 n.183, riguardano il settore funzionale della pericolosità e del rischio idrogeologico, come richiesto dall'art. 1 del Decreto Legge 11 giugno 1998, n. 180, e dall'art. 1 -bis del Decreto Legge 12 ottobre 2000, n. 279.

Il PAI, nell'ambito del settore funzionale di competenza, persegue le finalità dell'art. 3 della L. 183/89, con particolare riferimento ai contenuti del comma 3, lettere b), c), d), f), l), m), dell'art. 17 della medesima legge.

Il PAI ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo, tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti l'assetto idrogeologico del bacino idrografico, quale individuato al successivo art. 3.

Il PAI, allo scopo di perseguire le finalità di cui al comma 1, definisce norme atte a favorire il riequilibrio dell'assetto idrogeologico del Bacino Regionale Puglia e Interregionale Ofanto, nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso del territorio, in modo da garantire il corretto sviluppo del territorio dal punto di vista infrastrutturale-urbanistico e indirizzare gli ambiti di gestione e pianificazione del territorio.

L'assetto idrogeologico comprende:

- a) l'assetto idraulico riguardante le **aree a pericolosità e a rischio idraulico**;
- b) l'assetto dei versanti riguardante le aree a pericolosità e a rischio di frana.

Il PAI si articola in Piano per l'assetto idraulico e Piano per l'assetto di versante e contiene la individuazione e perimetrazione delle aree a pericolosità e a rischio idrogeologico, le norme di attuazione, le aree da sottoporre a misure di salvaguardia e le relative misure.

Il PAI contiene, in particolare, secondo le indicazioni del D.P.R. 18 luglio 1995:

- a) l'attuale stato delle conoscenze relative:
  - al sistema fisico;
  - al sistema antropico;
  - al sistema normativo e di programmazione territoriale;
- b) l'individuazione e la quantificazione delle situazioni di degrado sotto il profilo idrogeologico, nonché delle relative cause;
- c) le direttive alle quali deve uniformarsi la sistemazione idrogeologica;
- d) l'indicazione delle opere necessarie per garantire il corretto assetto idrogeologico;
- e) la normativa e gli interventi rivolti a regolamentare l'estrazione dei materiali litoidi dal demanio fluviale e lacuale e le relative fasce di rispetto, che debbono essere individuate per garantire la tutela dell'equilibrio geomorfologico dei terreni e dei litorali;



f) l'indicazione delle zone da assoggettare a speciali vincoli e prescrizioni in rapporto alle specifiche condizioni idrogeologiche, al fine della conservazione del suolo, della tutela dell'ambiente e della prevenzione contro presumibili effetti dannosi di interventi antropici;

g) i criteri per la definizione delle priorità degli interventi.

Le perimetrazioni delle aree di pericolosità idraulica, rispetto al Piano Assetto Idrogeologico vigente, risalgono all'aggiornamento rilasciato in data marzo 2023.

### 3.5.1.1 Classi di Pericolosità idraulica

Per quanto l'assetto idraulico, il PAI individua e perimetra a scala di bacino le aree inondabili per eventi con tempo di ritorno assegnato e le classifica in base al livello di pericolosità idraulica.

a) **Aree a pericolosità idraulica alta (A.P.):** aree inondabili per tempo di ritorno minore o uguale a 30 anni;

b) **Aree a pericolosità idraulica moderata (M.P.):** aree inondabili per tempo di ritorno maggiore di 30 e minore o uguale a 200 anni;

c) **Aree a pericolosità idraulica bassa (B.P.):** aree inondabili per tempo di ritorno maggiore di 200 e minore o uguale a 500 anni.

L'elenco degli interventi consentiti in corrispondenza delle aree di pericolosità idraulica si riporta negli artt. 7,8 e 9 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI Regione Puglia.

In Figura 3.15 si riporta la mappatura delle aree a pericolosità idraulica secondo l'ultima variante PAI (marzo 2023).

Il layout di impianto ricade all'interno delle fasce di pericolosità moderata e bassa del Piano Assetto Idrogeologico di Pericolosità idraulica (Figura 3.16). Tale vincolo è stato recepito nel progetto non considerando l'area classificata con pericolosità Moderata per l'installazione delle opere principali dell'impianto.

Nelle aree a bassa probabilità idraulica sono consentiti tutti gli interventi e le attività possibili nelle aree ad alta e moderata probabilità di inondazione, senza l'obbligo di presentazione dello studio di compatibilità idraulica. Secondo le NTA *"l'edificabilità è subordinata alla condizione che i manufatti siano realizzati con accorgimenti atti a ridurre la vulnerabilità. La realizzazione dei manufatti deve inoltre risultare coerente con la pianificazione di Protezione Civile"* (Norme Tecniche di Attuazione PAI, art.11 Interventi consentiti nelle aree a bassa probabilità di inondazione (B.P.)).

La stazione elettrica interferisce con le fasce di pericolosità moderata e bassa del Piano Assetto Idrogeologico di Pericolosità idraulica (Figura 3.17).

Il cavo di connessione attraversa in molteplici punti le fasce di pericolosità alta, moderata e bassa del Piano Assetto Idrogeologico di Pericolosità idraulica.

Eventuali interferenze presenti con corsi irrigui saranno superate mediante TOC (trivellazione orizzontale controllata). Si rimanda al paragrafo 5.4 per lo studio di compatibilità idraulica dell'impianto fotovoltaico e della linea di connessione.

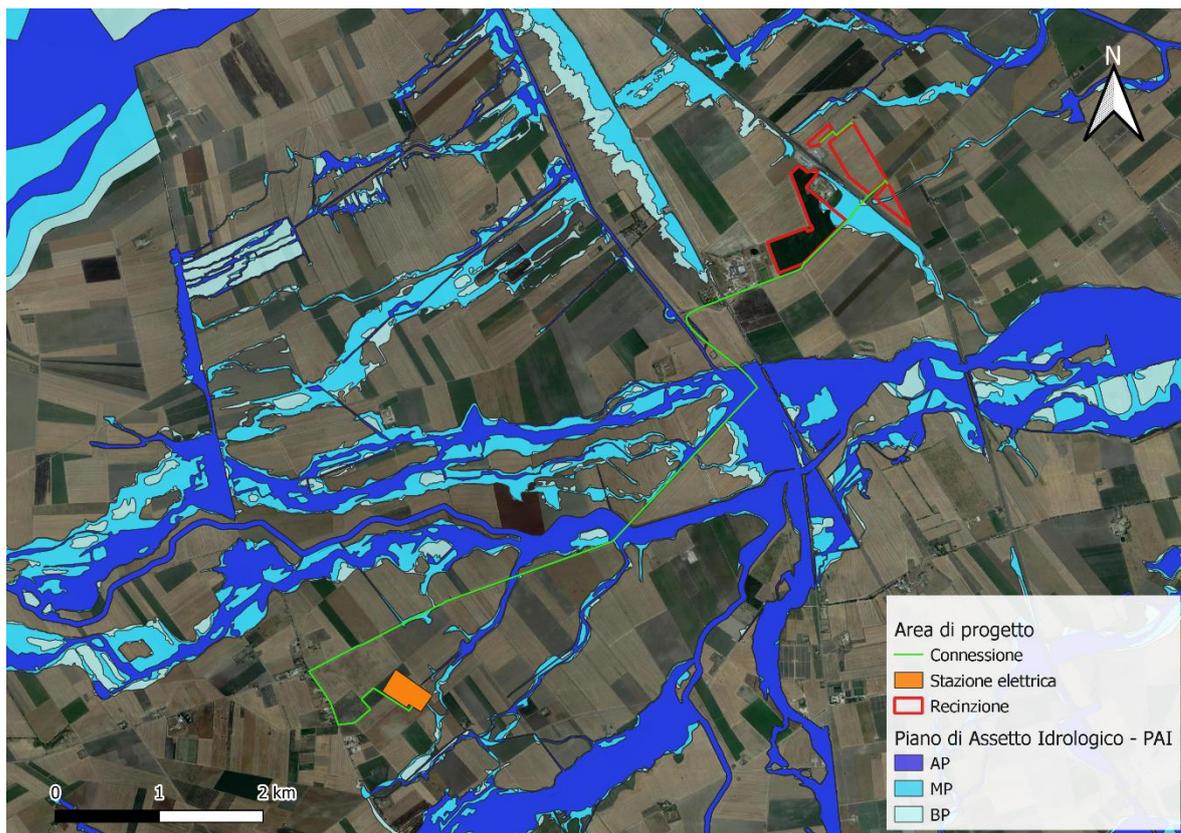


Figura 3.15: Stralcio Assetto Idrogeologico PAI della UoM Regionale Puglia e Interregionale Ofanto (ITR161I020). Area di progetto in rosso, linea di connessione in verde e stazione elettrica in arancione.

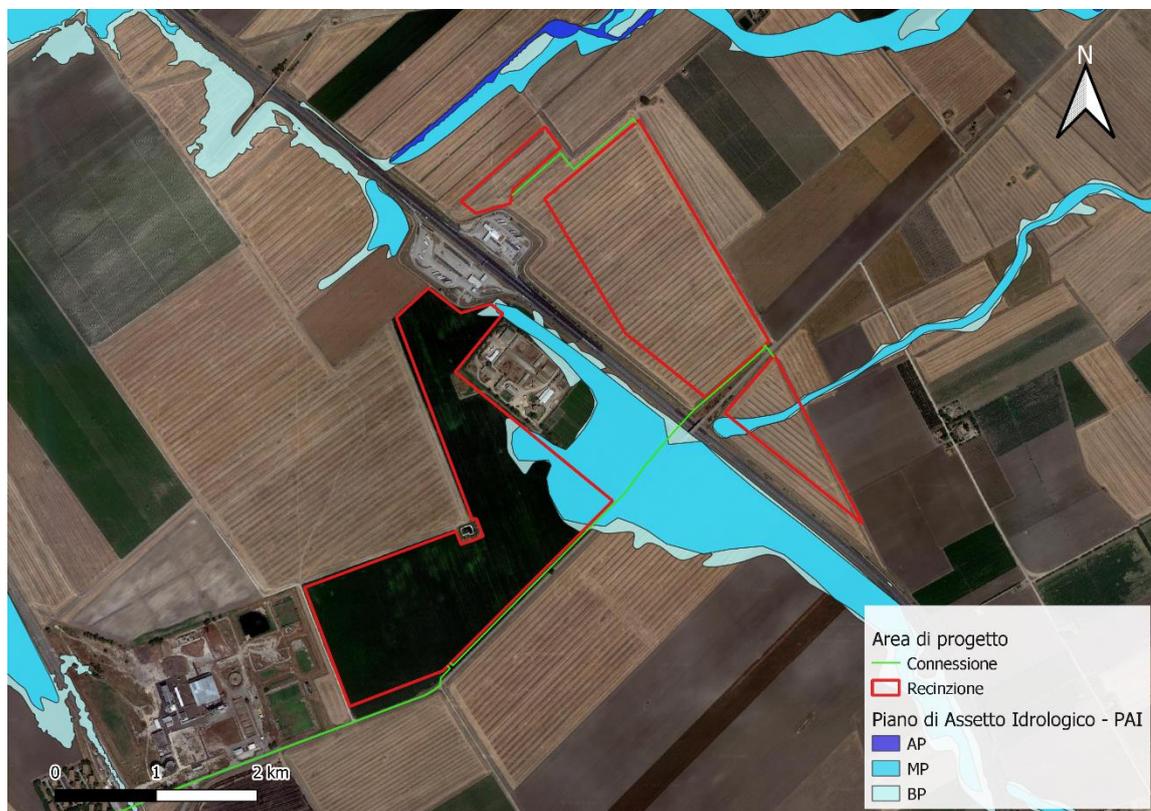


Figura 3.16: Stralcio Assetto Idrogeologico PAI della UoM Regionale Puglia e Interregionale Ofanto (ITR161I020). Area di progetto in rosso e linea di connessione in verde.



Figura 3.17: Stralcio Assetto Idrogeologico PAI della UoM Regionale Puglia e Interregionale Ofanto (ITR161I020). Stazione elettrica in arancione e linea di connessione in verde.

### 3.5.2 Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGR)

Il Piano di Gestione del rischio alluvioni (PGR) è lo strumento di riferimento nella pianificazione in ambito distrettuale della strategia per la gestione del rischio da alluvioni. In considerazione dell'art.7 co.6 lett. a) e b) del D.Lgs. 49/2010, gli Enti territorialmente interessati sono tenuti a conformarsi alle disposizioni del PGR rispettandone le prescrizioni nel settore urbanistico, ai sensi dei commi 4 e 6 dell'articolo 65 del decreto legislativo n. 152 del 2006 e predisponendo o adeguando, nella loro veste di organi di protezione civile, per quanto di competenza, i piani urgenti di emergenza di cui all'articolo 67, comma 5, del decreto legislativo n. 152 del 2006, facendo salvi i piani urgenti di emergenza già predisposti ai sensi dell'articolo 1, comma 4, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180, convertito, con modificazioni, dalla legge 3 agosto 1998, n. 267. Si specifica, inoltre, che dalla data di pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale e sui Bollettini Regionali, negli ambiti perimetrati dalle mappe del PGR e non ricompresi nei PAI, vigono misure di salvaguardia, le quali decadono con l'adozione del Decreto Segretariale di aggiornamento dei relativi PAI e, comunque, non oltre novanta giorni dalla data di pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale e sui Bollettini Ufficiali delle Regioni della delibera di adozione di tali misure di salvaguardia da parte della Conferenza Istituzionale permanente.

#### 3.5.2.1 Definizione degli scenari di probabilità nel Distretto

La definizione degli scenari di probabilità nel Distretto dell'Appennino Meridionale partendo dalle indicazioni fornite dal D.Lgs. 49/2010 tiene conto innanzitutto dell'origine dell'alluvione (fluviale, pluviale, marina da elevato trasporto solido). Per le alluvioni di origine fluviale i tempi di ritorno utilizzati nelle modellazioni sono i seguenti:

- a) **Aree ad alta pericolosità (HPH):** aree inondabili per tempo di ritorno minore o uguale a 30 anni;
- b) **Aree a media pericolosità (MPH):** aree inondabili per tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore o uguale a 200 anni;
- c) **Aree a bassa pericolosità (LPH):** aree inondabili per tempo di ritorno maggiore di 200 anni e minore o uguale a 500 anni.



Si riporta in Figura 3.18 la perimetrazione delle fasce di pericolosità idraulica secondo il PGRA (II ciclo – Aggiornamento 2021) disponibili sul sito dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale.

Il layout di progetto ricade all’interno delle fasce di pericolosità media e bassa del PGRA (Figura 3.19). Tale vincolo è stato recepito nel progetto non considerando l’area classificata con pericolosità Media per l’installazione delle opere principali dell’impianto.

La stazione elettrica interferisce con le fasce di pericolosità media e bassa del PGRA (Figura 3.20).

Il cavo di connessione interferisce con il PGRA, nelle aree a pericolosità alluvionale alta, media e bassa.

È risultato che le mappature delle fasce di pericolosità idraulica in cui ricadono il layout di progetto e la linea di connessione coincidono con quelle riportate dal PAI.

Eventuali interferenze presenti con corsi irrigui minori saranno superate mediante TOC (trivellazione orizzontale controllata). Nel capitolo 5.4 viene presentato lo studio di compatibilità idraulica dell’impianto fotovoltaico e della linea di connessione.

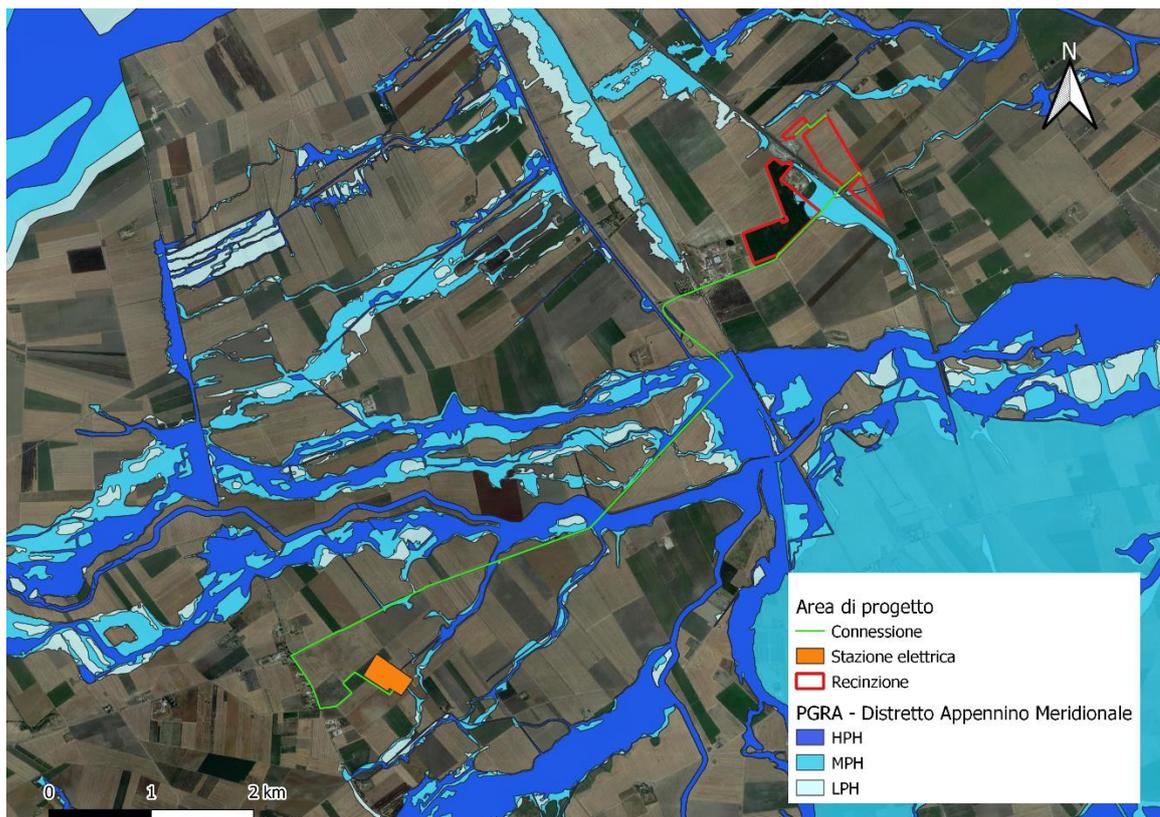


Figura 3.18: PGRA Distretto Appennino Meridionale. Area di progetto in rosso, linea di connessione in verde e stazione elettrica in arancione.

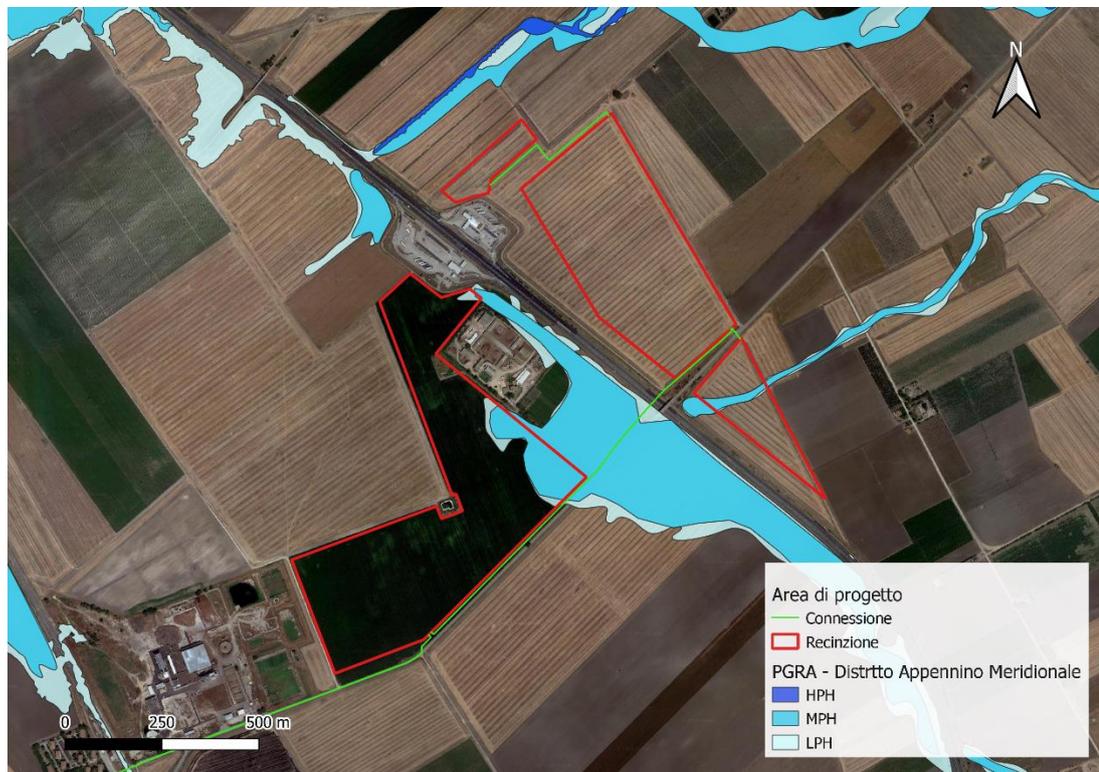


Figura 3.19: PGRA Distretto Appennino Meridionale. Area di progetto in rosso e linea di connessione in verde.



*Figura 3.20: PGRA Distretto Appennino Meridionale. Stazione elettrica in arancione e linea di connessione in verde.*

Il PGRA riporta anche le aree a potenziale rischio significativo di alluvione.

Come si può notare dalla Figura 3.21, il layout di progetto ricade nelle aree a potenziale rischio significativo di alluvione. Come espresso in precedenza, non è stata considerata l'area del layout di progetto ricadente nelle fasce per l'installazione delle opere principali dell'impianto. Nelle fasi successive della progettazione si dovrà verificare, tramite interfaccia diretta con l'Autorità di Distretto dell'Appennino Meridionale, l'eventuale necessità di una modellazione idraulica al fine di verificare la compatibilità idraulica dell'area di progetto.

Per quanto riguarda la linea di connessione, essa ricade all'interno delle aree a potenziale rischio significativo di alluvione.

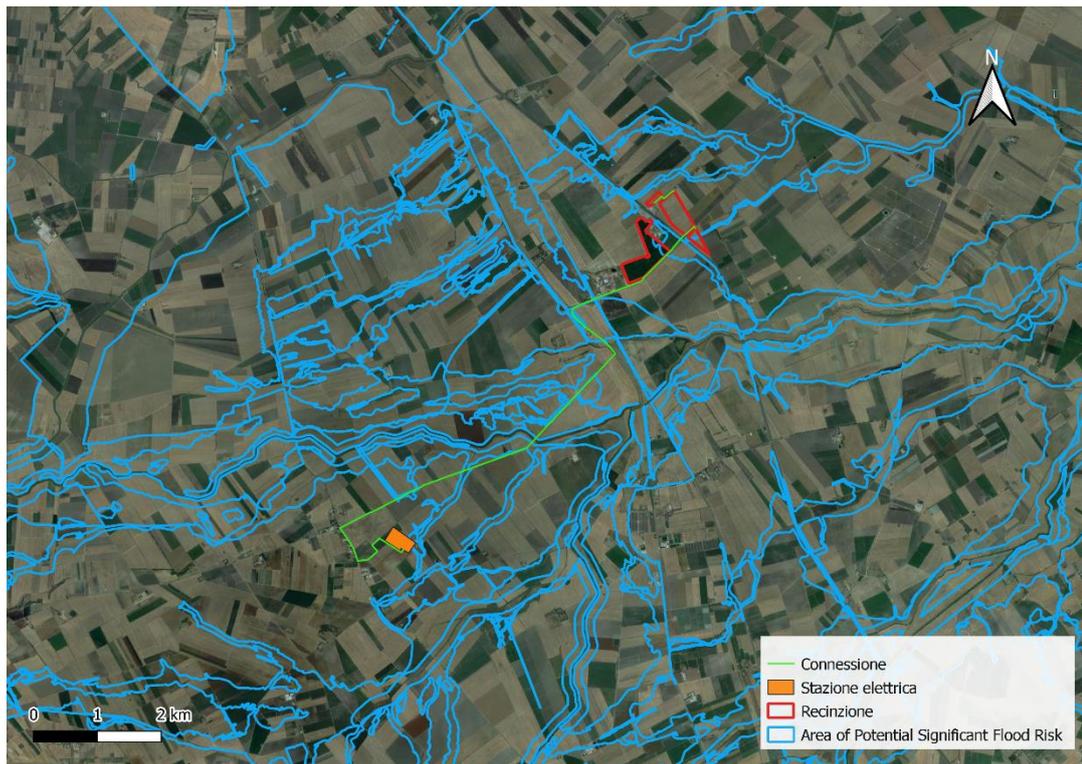


Figura 3.21: Aree a potenziale rischio significativo di alluvione. In rosso l'area di progetto, in verde la linea di connessione e in arancione la stazione elettrica.

## **4. STATO DI PROGETTO: DESCRIZIONE GENERALE INTERVENTI**

### **4.1 IMPIANTO FOTOVOLTAICO**

I criteri con cui è stata realizzata la progettazione definitiva dell'impianto fotovoltaico fanno riferimento sostanzialmente a:

- Rispetto del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) sulla base dell'ultimo aggiornamento della predisposizione del layout;
- Scelta preliminare della tipologia impiantistica, ovvero impianto fotovoltaico a terra tipo tracker con tecnologia moduli BI-facciali;
- Ottimizzazione dell'efficienza di captazione energetica realizzata mediante orientamento dinamico dei pannelli;
- Disponibilità delle aree, morfologia ed accessibilità del sito acquisita sia mediante sopralluoghi che rilievo topografico di dettaglio.

Oltre a queste assunzioni preliminari, si è proceduto tenendo conto di:

- Rispetto della legge e delle normative di buona tecnica vigenti;
- Soddisfazione dei requisiti di performance di impianto;
- Conseguimento delle massime economie di gestione e di manutenzione degli impianti progettati;
- Ottimizzazione del rapporto costi/benefici;
- Impiego di materiali componenti di elevata qualità, efficienza, lunga durata e facilmente reperibili sul mercato;
- Riduzione delle perdite energetiche connesse al funzionamento dell'impianto, al fine di massimizzare la quantità di energia elettrica immessa in rete.

La proponente ha richiesto la soluzione tecnica minima generale (STMG) di connessione a Terna S.p.A.; tale soluzione emessa da Terna con codice pratica 202300598 è stata accettata dalla proponente e prevede che la connessione dell'impianto fotovoltaico sarà collegato in antenna a 36 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) a 380/150/36 kV della RTN da inserire in entra – esce alla linea 380 kV "Foggia – San Severo".

L'impianto fotovoltaico con potenza nominale di picco pari a 31,40 MW è costituito da:

- n. 1 Cabina di Connessione 36 kV di Campo. Nella stessa area all'interno della cabina sarà presente il quadro contenente i dispositivi generali DG di interfaccia DDI e gli apparati SCADA e telecontrollo;
- n. 10 Cabine di Campo. Le Cabine di Campo avranno la funzione di elevare la tensione da bassa tensione a livello di media tensione; esse saranno collegate tra di loro in configurazione radiale e in posizione più possibile baricentrica rispetto ai sottocampi fotovoltaici in cui saranno convogliati i cavi provenienti dagli inverter di stringa che a loro volta raccoglieranno i cavi provenienti dai raggruppamenti delle stringhe dei moduli fotovoltaici collegati in serie;
- n. 100 Inverter di Stringa. Gli inverter di stringa, definiti anche inverter distribuiti, hanno la funzione di convertire l'energia elettrica da corrente continua (DC) a corrente alternata (AC). Tali inverter sono distribuiti all'interno dell'impianto e raggruppati in sottocampi che convergono ognuno ad una cabina di campo;
- n. 4 Uffici e n. 4 Magazzini a uso del personale;
- Moduli fotovoltaici saranno installati su apposite strutture metalliche di sostegno tipo tracker fondante su pali infissi nel terreno.



L'impianto è completato da:

- tutte le infrastrutture tecniche necessarie alla conversione DC/AC della potenza generata dall'impianto e dalla sua consegna alla rete di distribuzione nazionale;
- opere accessorie, quali: impianti di illuminazione, videosorveglianza, monitoraggio, cancelli e recinzioni;
- macchinari per la conduzione del piano colturale previsti da progetto agronomico

L'impianto dovrà essere in grado di alimentare dalla rete tutti i carichi rilevanti (ad. es. quadri di alimentazione, illuminazione).

Inoltre, in mancanza di alimentazione della rete, tutti i carichi di emergenza verranno alimentati da un generatore temporaneo di emergenza, che si ipotizza essere rappresentato da un generatore diesel.

È prevista la realizzazione di una recinzione perimetrale a delimitazione dell'area di installazione dell'impianto, la recinzione sarà formata da rete metallica a pali fissati nel terreno con plinti.

Di seguito si riporta la descrizione dei principali componenti d'impianto; per dati di tecnici maggior dettaglio si rimanda all'elaborato "2748\_5573\_FG-SS\_VIA\_R09\_Rev0\_Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici" e agli elaborati dedicati.

#### 4.1.1 Moduli fotovoltaici e strutture di supporto

I moduli fotovoltaici utilizzati per la progettazione dell'impianto saranno di prima scelta, del tipo silicio monocristallino a 132 celle, indicativamente della potenza di 690 kW<sub>p</sub>, dotati di scatola di giunzione (Junction Box) installata sul lato posteriore del modulo, con cavetti di connessione muniti di connettori ad innesto rapido, al fine di garantire la massima sicurezza per gli operatori e rapidità in fase di installazione.

I componenti elettrici e meccanici installati saranno conformi alle normative tecniche e tali da garantire le performance complessive d'impianto.

La tecnologia di moduli fotovoltaici utilizzata è progettata appositamente per impianti di grande taglia connessi alla rete elettrica ed è realizzata assemblando in sequenza diversi strati racchiusi da una cornice in alluminio anodizzato. Inoltre, i moduli presentano le seguenti caratteristiche meccaniche:

- Vetro temperato di spessore 2,0 mm su entrambe le facce del modulo, con trattamento anti-riflesso sulla faccia superiore;
- EVA (Etilene vinil acetato) trasparente;
- Celle FV in silicio monocristallino.

Il progetto prevede l'impiego di una struttura metallica di tipo tracker con fondazione su pali infissi nel terreno ed in grado di esporre il piano ad un angolo di tilt pari a +55° -55°.

Le peculiarità delle strutture di sostegno sono:

- riduzione dei tempi di montaggio alla prima installazione;
- facilità di montaggio e smontaggio dei moduli fotovoltaici in caso di manutenzione;
- meccanizzazione della posa;
- ottimizzazione dei pesi;
- miglioramento della trasportabilità in sito;
- possibilità di utilizzo di bulloni anti furto.

Le caratteristiche generali della struttura sono:

- Materiale: acciaio zincato a caldo
- Tipo di struttura: Tracker fissata su pali

- Inclinazione sull'orizzontale +55° -55°
- Esposizione (azimut): 0°
- Altezza min: 0,50 m (rispetto al piano di campagna);
- Altezza max: 4,815 m (rispetto al piano di campagna).

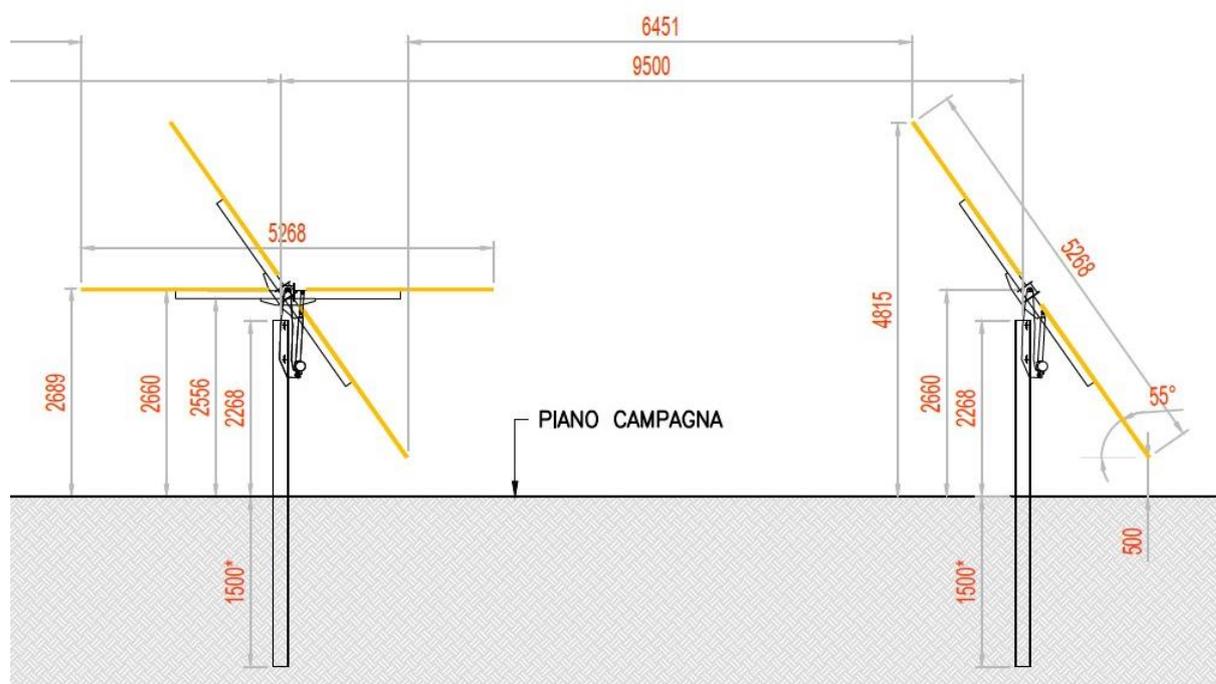


Figura 4.1: Particolare strutture di sostegno moduli, sezione trasversale.

#### 4.1.2 Cabine di campo

Le Cabine di Campo hanno la funzione di elevare il livello di tensione della corrente da bassa tensione (BT) a livello di tensione di 36 kV.

I componenti delle Cabine di Campo saranno trasportabili su camion, in un unico blocco già assemblato pronto al collegamento (trasformatore incluso). Le Cabine di Campo avranno le dimensioni indicative riportate nell'elaborato grafico dedicato e sarà posato su un basamento in calcestruzzo di adeguate dimensioni. Trattandosi di una soluzione "outdoor", tutti gli elementi costituenti le Cabine di Campo sono adatti per l'installazione all'esterno, non risulta quindi necessario alcun tipo di alloggiamento.

Al fine di garantire la continuità di servizio per i circuiti ausiliari delle apparecchiature installate nella Cabina di Campo, si prevede l'installazione di un gruppo statico di continuità indicativamente da 5 kVA; con riserva di carica per la specifica gestione del riarmo delle bobine di minima tensione, inserite nelle celle di Media tensione, così come prescritto dalla Normativa CEI- 0/16.

#### 4.1.3 Cavi di potenza e di controllo

Le linee elettriche prevedono conduttori di tipo idoneo per le tre sezioni d'impianto (continua, alternata bassa tensione, alternata media tensione) in rame e in alluminio. Il dimensionamento del conduttore è a norma CEI e la scelta del tipo di cavi è armonizzata anche con la normativa internazionale. L'esperienza costruttiva ha consentito l'individuazione di tipologie di cavi (formazione, guaina, protezione ecc.) che garantiscono una durata di esercizio ben oltre la vita dell'impianto anche in condizioni di posa sollecitata.

Sia per le connessioni dei dispositivi di monitoraggio che di security verranno utilizzati prevalentemente due tipologie di cavo:



- Cavi in rame multipolari twistati e non;
- Cavi in fibra ottica.

I primi verranno utilizzati per consentire la comunicazione su brevi distanze data la loro versatilità, mentre la fibra verrà utilizzata per superare il limite fisico della distanza di trasmissione dei cavi in rame, quindi comunicazione su grandi distanze, e nel caso in cui sia necessaria una elevata banda passante come nel caso dell'invio di dati.

#### **4.1.4 Sistema di drenaggio**

Sarà realizzata una rete di drenaggio in corrispondenza dei principali solchi di drenaggio naturali esistenti; questi ultimi sono stati identificati sulla base della simulazione del modello digitale del terreno.

La rete di drenaggio in progetto sarà costituita da fossi e cunette di forma trapezoidale scavate nel terreno naturale e non rivestiti. Tutte le opere di regimazione rientreranno nell'ambito dell'Ingegneria naturalistica.

L'area di intervento è stata suddivisa, sulla base della morfologia di progetto, in bacini imbriferi non necessariamente coincidenti con i singoli settori dell'impianto. I bacini sono delimitati verso il monte idrologico da "alti" naturali (orli di scarpata, rilievi) mentre il valle idrologico coincide con l'ubicazione di progetto dei canali da realizzarsi in scavo per il collettamento delle acque meteoriche.

Lo scopo delle canalette è quello di consentire il drenaggio dei deflussi al netto delle infiltrazioni nel sottosuolo. Le acque meteoriche ricadenti su ogni settore, per la parte eccedente rispetto alla naturale infiltrazione del suolo, verranno infatti intercettate dalle canalette drenanti realizzate lungo i lati morfologicamente più depressi.

## **4.2 LINEA DI CONNESSIONE**

L'impianto sarà connesso in parallelo alla rete di trasmissione nazionale e saranno rispettate le seguenti condizioni (CEI 0-16):

- il parallelo non deve causare perturbazioni alla continuità e qualità del servizio della rete pubblica per preservare il livello del servizio per gli altri utenti connessi;
- l'impianto di produzione non deve connettersi, o la connessione in regime di parallelo deve interrompersi immediatamente ed automaticamente, in assenza di alimentazione della rete di distribuzione o qualora i valori di tensione e frequenza della rete stessa non siano entro i valori consentiti;
- l'impianto di produzione non deve connettersi, o la connessione in regime di parallelo deve interrompersi immediatamente ed automaticamente, se il valore di squilibrio della potenza generata da impianti trifase realizzati con generatori monofase non sia compreso entro il valore massimo consentito per gli allacciamenti monofase.

Ciò al fine di evitare che (CEI 0-16):

- in caso di mancanza di tensione in rete, l'utente attivo connesso possa alimentare la rete stessa;
- in caso di guasto sulle linee elettriche, la rete stessa possa essere alimentata dall'impianto fotovoltaico ad essa connesso,
- in caso di richiusura automatica o manuale di interruttori della rete di distribuzione, il generatore fotovoltaico possa trovarsi in discordanza di fase con la tensione di rete, con possibile danneggiamento del generatore stesso.

L'impianto sarà inoltre provvisto dei sistemi di regolazione e controllo necessari per il rispetto dei parametri elettrici secondo quanto previsto nel regolamento di esercizio, da sottoscrivere con il gestore della rete alla messa in esercizio dell'impianto.

Le opere di connessione dell'impianto all'ampliamento della SE "San Severo" di Trasformazione della RTN attraverseranno alcune aree del Comune di San Severo (FG). In particolare, l'impianto di produzione da fonte solare sarà collegato in antenna a 36 kV sul futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) a 380/150 kV della RTN denominata "San Severo", attraverso cavidotto 36 kV della lunghezza di circa 10,84 km.

In corrispondenza dell'attraversamento di interferenze (tubazioni profonde, corsi d'acqua naturali/antropici, opere ferroviarie, ecc.) queste saranno superate mediante adozione della soluzione tecnologica consistente nella TOC. Il paragrafo 5 ha inoltre valutato che il superamento delle interferenze avvenga in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento e al contesto territoriale.

Di seguito il percorso di connessione in cavidotto tra l'impianto fotovoltaico e all'ampliamento della SE di trasformazione della RTN denominata "San Severo".



*Figura 4.2: Soluzione di Connessione alla SE - In verde il percorso di connessione dal campo FV (aree rossa) al futuro ampliamento della SE (area azzurro).*

Si rimanda al progetto di connessione per i contenuti di dettaglio del cavidotto.

## **5. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E LINEA DI CONNESSIONE**

Nel presente capitolo sono stati individuati i possibili punti/tratti di interferenza tra le opere in progetto e aree a pericolosità idraulica.

Per la classificazione delle aree si è fatto riferimento al PAI e PGRA, definendo il grado di pericolosità idraulica. In aggiunta, per l'identificazione di canali minori, è stata consultato il reticolo idrografico reso disponibile dall'unità di gestione Regionale Puglia e Interregionale Ofanto. La presenza di eventuali rigagnoli è stata verificata dalla visione di ortofoto.

### **5.1 LAYOUT DI PROGETTO**

Come precedentemente illustrato, l'area di progetto interferisce con le fasce di pericolosità idraulica media e bassa mappate dal PAI del Bacino Regionale Puglia e Interregionale Ofanto e dal PGRA dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale; tale vincolo è stato recepito nel progetto non considerando la fascia di rispetto di tali elementi per l'installazione delle opere principali dell'impianto. Il presente paragrafo analizza queste interferenze al fine di valutare la minima estensione della fascia di rispetto da considerare.

Il layout di impianto ricade all'interno delle fasce di pericolosità media e bassa del PAI del Bacino Regionale Puglia e Interregionale Ofanto e del PGRA dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, secondo gli ultimi aggiornamenti del PGRA, come mostrato in Figura 3.16 e in Figura 3.19

Tale vincolo è stato recepito nel progetto non considerando le aree classificate con pericolosità idraulica media per l'installazione delle opere principali dell'impianto.

### **5.2 LINEA DI CONNESSIONE**

Le soluzioni adottate sono "cavo interrato" o "trenchless", ovvero una tipologia di interrimento del cavo che non prevede il tradizionale scavo a cielo aperto. Tra le tipologie di *trenchless* vi sono: TOC, microtunnel, spingitubo, ecc.

Per le aree allagabili si ritiene sufficiente interrare il cavo ad una profondità prevista dalle normative CEI.

Nel caso dei piccoli fossi o canali esistenti, verrà valutata in sede di posa della condotta se il pacchetto stradale è sufficientemente profondo da permettere la posa del cavo oppure se è necessaria la TOC. Inoltre, verrà chiesto al gestore dei canali secondari la preferenza tra la posa *trenchless* o interrata.

Il cavo ad alta tensione sarà posizionato ai sensi della normativa vigente. È stata verificata la profondità di rinterro tale per cui l'opera in progetto risulta non interferente con la dinamica fluviale.

Nei casi in cui non è necessaria la tecnologia *trenchless* e la profondità di interro da normativa risulta più restrittiva rispetto a quella dei calcoli idraulici, si potrà adottare la soluzione di interrimento.

Nelle successive fasi progettuali si valuterà il metodo migliore da impiegare per il superamento delle interferenze coi corsi d'acqua.

Lungo il percorso di connessione dall'impianto alla Stazione Elettrica, sono state individuate 16 interferenze (Figura 5.1): 7 interferenze con canali-fossi esistenti e 9 interferenze con aree rientranti entro una fascia di pericolosità idraulica secondo il PAI e il PGRA.



Figura 5.1: Identificazione punti di interferenza e aree allagabili col tracciato del cavo di connessione

La tabella di seguito riporta un riepilogo per i vari punti analizzati lungo il percorso di connessione, indicando il livello di pericolosità individuato e la tecnologia prevista per la risoluzione dell'interferenza ove presente. Il paragrafo 5.3 riporta la metodologia di analisi qualitativa e quantitativa per la definizione della minima profondità di posa.

Tabella 5.1: Interferenze con il percorso di connessione.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
I1	Area allagabile	PAI: moderata, bassa PGRA: media, bassa	Cavo interrato
I2	Area allagabile	PAI: bassa PGRA: bassa	Cavo interrato
I3	Elemento idrico	-	Cavo interrato
I4	Torretta1	PAI: bassa PGRA: bassa	Cavo interrato/trenchless
I5	Canale939	PAI: alta PGRA: alta	TOC
I6	Area allagabile	PAI: alta, moderata, bassa	Cavo interrato

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
		PGRA: alta, media, bassa	
I7	Area allagabile	PAI: alta, moderata, bassa PGRA: alta, media, bassa	Cavo interrato
I8	Fosso di scolo	-	Cavo interrato
I9	Area allagabile	PAI: alta, moderata, bassa PGRA: alta, media, bassa	Cavo interrato
I10	Area allagabile	PAI: moderata, bassa PGRA: media, bassa	Cavo interrato
I11	Torrente Salsola	PAI: alta PGRA: alta	TOC
I12	Area allagabile	PAI: alta, moderata, bassa PGRA: alta, media, bassa	Cavo interrato
I13	Elemento idrico	PAI: alta PGRA: alta	Cavo interrato/trenchless
I14	Area allagabile	PAI: alta, moderata, bassa PGRA: alta, media, bassa	Cavo interrato
I15	Area allagabile	PAI: moderata, bassa PGRA: media, bassa	Cavo interrato
I16	Elemento idrico	PAI: moderata PGRA: media	Cavo interrato/trenchless

### 5.3 METODOLOGIA DI VERIFICA PROFONDITÀ DI SICUREZZA POSA TOC

#### 5.3.1 Analisi qualitativa

In seguito all'identificazione dei punti di interferenza, per gli attraversamenti di corsi d'acqua naturali/antropici è stata effettuata un'analisi qualitativa di stabilità dei tratti di interesse. L'analisi è stata condotta sulla base delle indicazioni HEC-20 - Stream Stability at Highway Structures – FHWA.

Per ognuno è stato assegnato un valore numerico totale derivante dall'analisi qualitativa multicriteria al quale corrisponde una categoria di stabilità dell'alveo: eccellente, buono, moderato, cattivo stato.

Gli indicatori di stabilità considerati sono stati:



1. Caratteristiche e attività del bacino e delle golene: è stato valutato il grado di interferenze dovuto all'esercizio di attività come pascoli, allevamenti, costruzioni, infrastrutture, ecc.
2. Periodicità caratteristica: periodicità e frequenza del flusso (effimero, regolare, flash flood, ecc) e clima (umido, semiarido, arido);
3. Classificazione geomorfologica del canale;
4. Presenza e tipologia di aree golenali. Grado di confinamento, quindi se il canale è delimitato da argini, infrastrutture;
5. Materiale di fondo e granulometria tipologica;
6. Presenza delle barre e caratteristiche dell'asta (pendenza longitudinale, il rapporto tra larghezza/altezza della sezione di interesse);
7. Potenziali ostruzioni;
8. Caratteristiche dello stato delle golene e delle sponde;
9. Pendenza media delle sponde;
10. Grado di protezione delle sponde sulla base della copertura vegetale o di opere di ingegneria;
11. Valutazione del livello di frastagliamento della sponda;
12. Segni di cedimenti delle golene ed eventuali evidenze di trasporto di materiale;
13. Allineamento di eventuali ponti e pile rispetto al flusso.

### **5.3.2 Analisi quantitativa**

L'analisi quantitativa segue la metodologia HEC18 "Evaluating Scour at Bridges" FHWA-HIF-12-003 basata sulle portate caratteristiche idrologiche/idrauliche, le caratteristiche geometriche e granulometriche del corso d'acqua.

La granulometria assunta è quella caratteristica dello strato risultante dal modello geotecnico consistente al di sotto dei 3 metri da piano campagna in ciottoli di matrice sabbiosa-limosa.

Considerata la stabilità geomorfologica complessiva non è stata considerata la migrazione dell'alveo. A favore di sicurezza non sono stati considerati fenomeni di deposizione ma solo di erosione.

L'erosione totale potenziale è stata valutata come somma:

- a. Erosione a lungo termine;
- b. Erosione in corrispondenza di contrazioni;
- c. Erosioni locali in corrispondenza di pile di ponti.

#### **5.3.2.1 Erosione a lungo termine**

Il calcolo dell'erosione a lungo termine è stato condotto nell'ipotesi di formazione di uno strato di corazzamento "armoring". L'erosione graduale dello strato attivo di fondo con il dilavamento dei sedimenti crea uno strato di corazzamento assunto quale condizione di stabilità.

Tale stabilità è mantenuta sino a nuovo evento che supera quello alla base del calcolo.

Non essendo possibile stabilire allo stato attuale se tale corazzamento sia avvenuto o in divenire, a favore di sicurezza il valore di escavazione calcolato è stato sommato interamente con le altre erosioni.

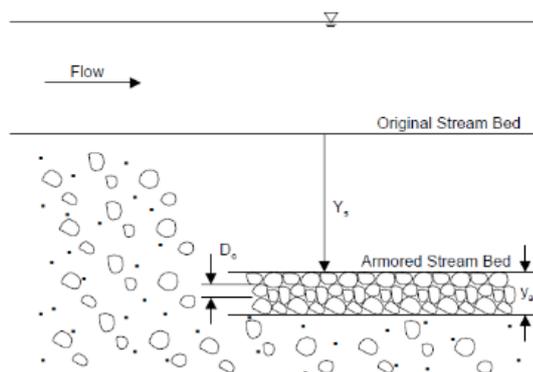


Figura 5.2: Dinamica erosione a lungo termine per corazzamento (fonte FHWA).

La portata utilizzata per il calcolo dell'erosione a lungo termine è stata la portata formativa/dominante definita come quel valore teorico di portata che ha maggiori effetti sulla forma e sulle dimensioni dell'alveo.

Esistono tre possibili approcci per determinare tale portata "teorica" (Biedenharn et al., 2001):

- Portata ad alveo pieno (bankfull discharge);
- Portata con tempo di ritorno compreso tra 1 e 3 anni (il valore della portata con tempo di ritorno di 1.5 anni è quello più comunemente usato);
- Portata efficace (effective discharge), intesa come portata che trasporta più sedimenti in un intervallo temporale sufficientemente ampio.

Nel presente calcolo è stata assunta la portata con metodo b.

### 5.3.2.2 Erosione da contrazione e da pile in corrispondenza di ponti stradali

L'erosione dovuta alla presenza di un ponte di attraversamento stradale è calcolata come somma dell'erosione dovuta alla contrazione della vena più quella dovuta alla presenza di pile in alveo.

La portata alla base del calcolo a favore di sicurezza è quella con tempo di ritorno 200 anni riportata dallo "Studio per la definizione delle opere necessarie alla messa in sicurezza del reticolo idraulico pugliese, con particolare riferimento alle aree del Gargano, delle coste joniche e salentine della Regione Puglia" nelle sezioni.

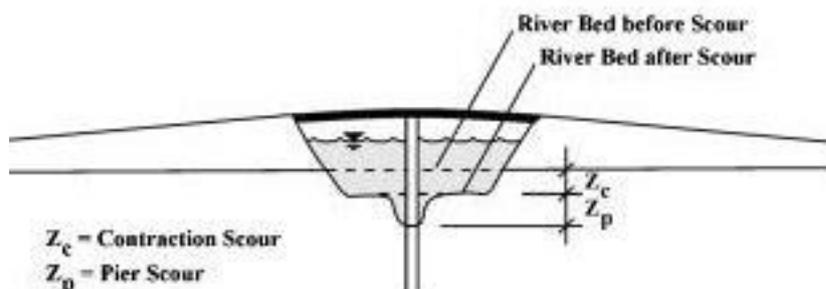


Figura 5.3: Erosioni assunte in corrispondenza di un ponte di attraversamento stradale (fonte FHWA).

### Contrazione

L'erosione da contrazione e da pile è diversa dal degrado a lungo termine, in quanto la contrazione si verifica in prossimità di restringimenti naturali o antropici quali ponti. Questa può essere ciclica e/o correlata al passaggio di una piena.

L'erosione dello strato attivo è tipicamente ciclica; ad esempio, durante la fase ascendente di evento di piena può creare erosioni che si riempiono poi nella fase discendente.

La natura ciclica incrementa la difficoltà nel determinare la profondità di escavazione dopo un'alluvione. A favore di sicurezza nel calcolo è assunta l'erosione totale calcolata quindi nel punto più critico della piena.

La contrazione del flusso può mediamente essere causata sia da una diminuzione naturale dell'area di flusso del torrente sia da restringimenti antropici.

Assumendo la possibilità di rimozione dello strato di corazzamento in occasione di eventi di piena la formulazione adottata per il calcolo ha previsto la condizione di Live Bed cioè di trasporto solido in atto e non di acqua limpida come indicato da linea guida FHWA.

### Pile e spalle

Il meccanismo di base che causa l'erosione localizzata delle pile è rappresentato dalle correnti non lineari create dall'interazione tra flusso di monte e pila.

Il vortice a ferro di cavallo creato è il risultato dell'accumulo di acqua sulla superficie a monte dell'ostruzione con prima importante escavazione e della successiva accelerazione del flusso con creazioni di vortici a frequenza oscillatoria. L'azione di tali vortici rimuove il materiale del letto intorno alla base della pila.

Il tasso di trasporto dei sedimenti a valle del ponte è superiore al tasso di trasporto alla pila e, di conseguenza, si sviluppa un'erosione. Con l'aumento della profondità dell'escavazione, la forza del vortice a ferro di cavallo si riduce, riducendo così il tasso di trasporto dalla regione di base.

Ristabilito l'equilibrio tra l'afflusso e il deflusso del materiale del letto si crea una stabilità di fondo.

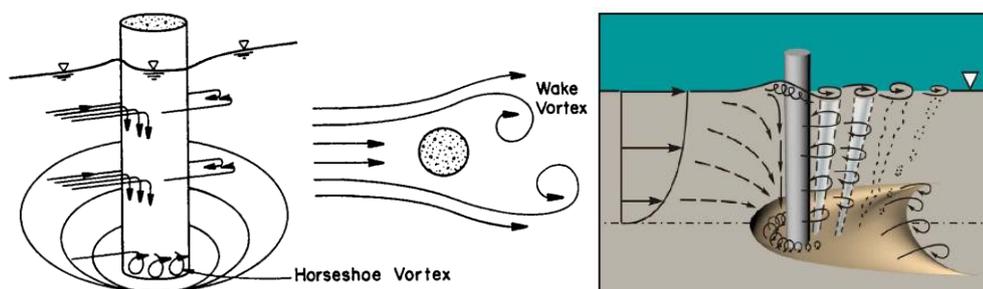


Figura 5.4: Dinamica di erosione in corrispondenza di pile strette (fonte FHWA).

## 5.4 RISOLUZIONI INTERFERENZE LINEA DI CONNESSIONE

Per quanto riguarda la linea di connessione, questa risulta ricadere in aree a pericolosità idraulica, sulla base delle mappe di rischio consultate.

Lungo il percorso di connessione dall'impianto alla Stazione Elettrica, sono state individuate 16 interferenze: 7 interferenze con canali-fossi esistenti e 9 interferenze con aree rientranti entro una fascia di pericolosità idraulica secondo il PAI e il PGRA.

### 5.4.1 I1

#### 5.4.1.1 Identificazione

Per un'estensione di circa 370 m, il tracciato del cavo di connessione attraversa un'area allagabile di pericolosità idraulica "Moderata" e "Bassa" secondo il PAI, "Media" e "Bassa" secondo il PGRA. L'interferenza è situata lungo la Strada Provinciale 22, tratto di strada viabile asfaltato, tra le aree del layout di progetto.



Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e stralcio del PAI e PGRA.

*Tabella 5.2: Riepilogo interferenza I1.*

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
I1	Area allagabile	PAI: moderata, bassa PGRA: media, bassa	Cavo interrato



Figura 5.5: Stralcio PAI. In arancione tratteggiato il tratto della linea di connessione in area allagabile I1 con pericolosità moderata e bassa. In verde la linea di connessione e in rosso l'area del campo fotovoltaico.

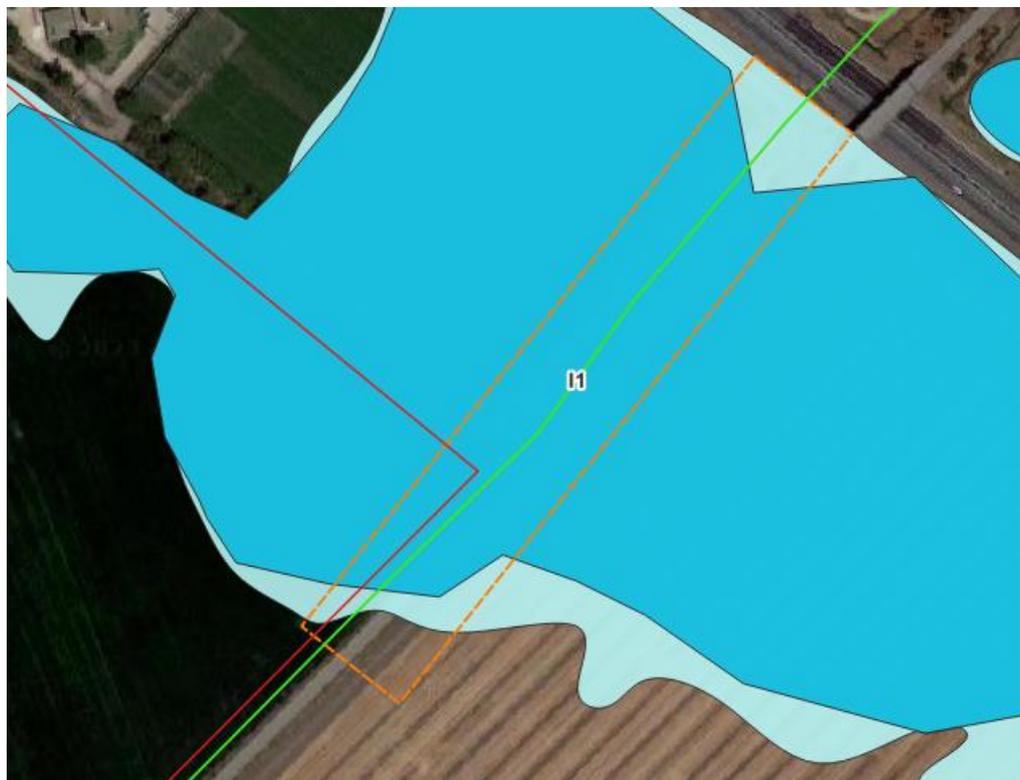


Figura 5.6: Stralcio PGRA. In arancione tratteggiato il tratto della linea di connessione in area allagabile I1 con pericolosità media e bassa. In verde la linea di connessione e in rosso l'area del campo fotovoltaico.



#### 5.4.1.2 Verifica di compatibilità idraulica

Il cavo di connessione sarà interrato al di sotto del piano campagna, come da normativa, per l'intera estensione dell'area allagabile.

### 5.4.2 I2

#### 5.4.2.1 Identificazione

Per un'estensione di circa 20 m, il tracciato del cavo di connessione attraversa un'area allagabile di pericolosità idraulica "Bassa" secondo il PAI e secondo il PGRA. L'interferenza è a circa 650 m a sud-ovest dell'impianto di progetto, in corrispondenza di un tratto ferroviario.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e stralcio del PAI e PGRA.

*Tabella 5.3: Riepilogo interferenza I2.*

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
I2	Area allagabile	PAI: bassa PGRA: bassa	Cavo interrato



Figura 5.7: Stralcio PAI. In arancione tratteggiato il tratto della linea di connessione in area allagabile I2 con pericolosità bassa. In verde la linea di connessione.



Figura 5.8: Stralcio PGRA. In arancione tratteggiato il tratto della linea di connessione in area allagabile I2 con pericolosità bassa. In verde la linea di connessione.

#### 5.4.2.2 Verifica di compatibilità idraulica

Il cavo di connessione sarà interrato al di sotto del piano campagna, come da normativa, per l'intera estensione dell'area allagabile.

### 5.4.3 I3

#### 5.4.3.1 Identificazione

L'interferenza è situata lungo la Strada Statale 16 Adriatica, a 380 m a sud dall'incrocio con la Strada Provinciale 22. In questo punto, il tracciato della linea di connessione interferisce con un elemento idrico. L'area non è classificata con nessuna pericolosità di allagamento.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e un'immagine del canale nel punto d'interesse.

Tabella 5.4: Riepilogo interferenza I3.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
I3	Elemento idrico	-	Cavo interrato



Figura 5.9: Ortofoto ubicazione interferenze I3. In verde la linea di connessione.



Figura 5.10: Immagine dell'interferenza della connessione con l'elemento idrico, vista verso valle.

#### 5.4.3.2 Osservazioni

In corrispondenza del passaggio del canale è presente un attraversamento che consente la continuità del deflusso al di sotto del manto stradale.

Inoltre, dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2023, il canale si presenta di modeste dimensioni, vegetato e senza particolari segni di erosione.

### 5.4.3.3 Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 5.3.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

### 5.4.3.4 Verifica di compatibilità idraulica

Dato il carattere episodico dell’elemento idrico e le dimensioni ridotte e considerando la localizzazione effettiva della posa di cavo, in accordo con il gestore si può optare per l’interramento ad almeno 1,5 metri dal fondo alveo, come da normativa, senza necessariamente ricorrere a metodi trenchless.

Si ritiene che a tale profondità l’attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

## 5.4.4 I4

### 5.4.4.1 Identificazione

L’interferenza è situata lungo la Strada Statale 16 Adriatica, a circa 480 m a sud dall’interferenza I3. In questo punto, il tracciato della linea di connessione interferisce con un canale, denominato Torretta1, A questo punto è assegnata una pericolosità bassa secondo PAI e PGRA.

Di seguito uno stralcio dell’ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e in azzurro il reticolo e stralcio PAI e PGRA.

Tabella 5.5: Riepilogo interferenza I4.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
I4	Torretta1	PAI: bassa PGRA: bassa	Cavo interrato/trenchless



Figura 5.11: Ubicazione interferenza I4. In verde la linea di connessione e in azzurro il reticolo idrografico.

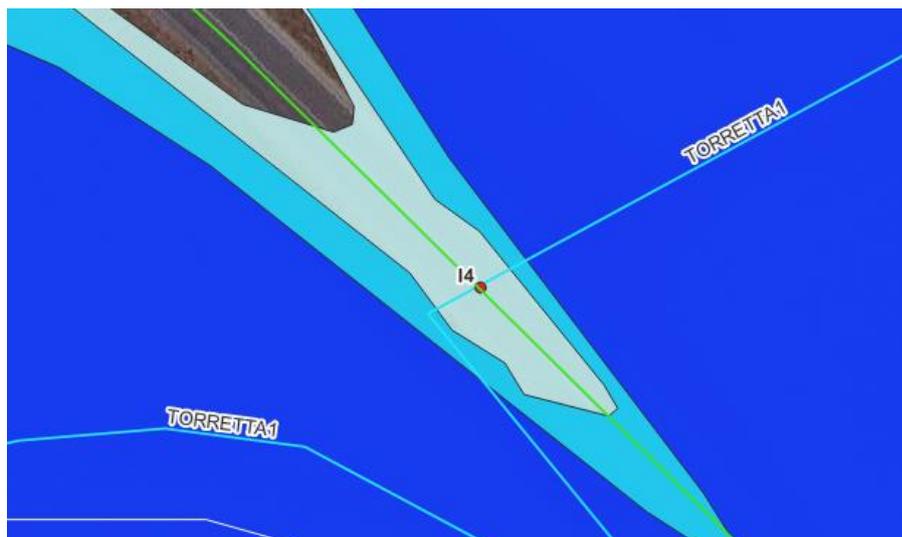


Figura 5.12: Ubicazione dell'interferenza I4 e stralcio PAI con pericolosità bassa. In verde la linea di connessione.



Figura 5.13: Ubicazione dell'interferenza I4 e stralcio PGRA con pericolosità bassa. In verde la linea di connessione.

#### 5.4.4.2 Osservazioni

L'interferenza è dovuta al canale Torretta1. In corrispondenza del passaggio del canale è presente un attraversamento che consente la continuità del deflusso al di sotto del manto stradale.

Inoltre, dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2023, il canale si presenta di modeste dimensioni, vegetato e senza particolari segni di erosione.

#### 5.4.4.3 Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 5.3.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore nella categoria "buono". Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

#### 5.4.4.4 Verifica di compatibilità idraulica

A causa dell'interferenza con la rete idrografica esistente, la posa del cavo verrà eseguita mediante cavo interrato/trenchless.

La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a **2 metri**.

Si ritiene che a tale profondità l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

### 5.4.5 I5

#### 5.4.5.1 Identificazione

L'interferenza è situata lungo la Strada Statale 16 Adriatica, a circa 195 m a sud dall'interferenza I4. In questo punto, il tracciato della linea di connessione interferisce con un canale, denominato Canale939 a cui è assegnata una pericolosità alta secondo PAI e PGRA.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e in azzurro il reticolo, un'immagine del canale nel punto d'interesse e stralcio PAI e PGRA.

Tabella 5.6: Riepilogo interferenza I5.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
I5	Canale939	PAI: alta PGRA: alta	TOC

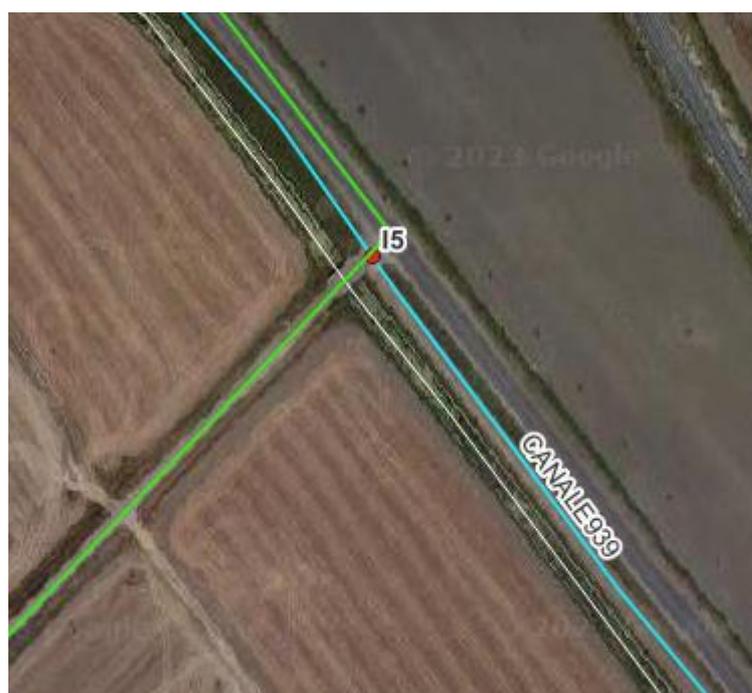
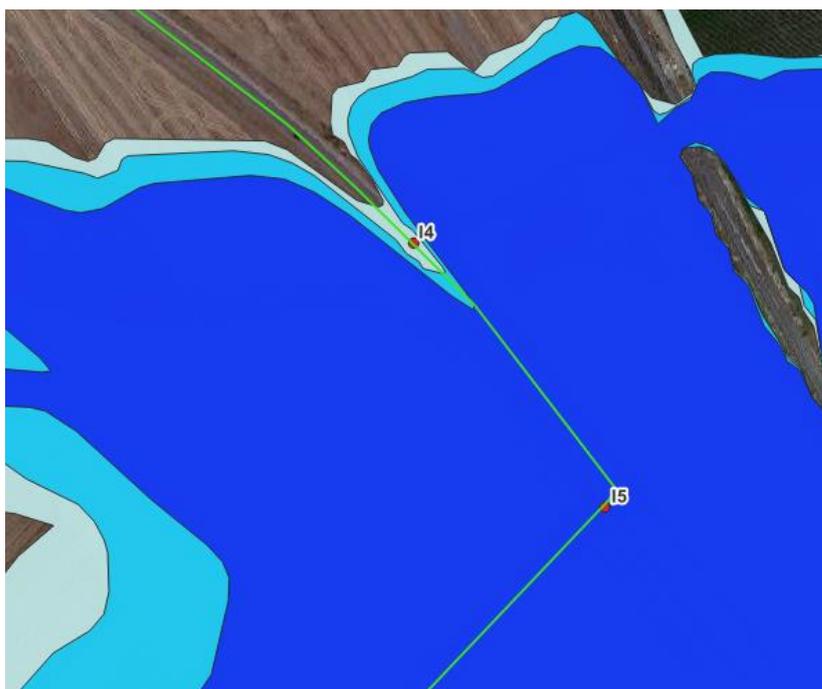


Figura 5.14: Ubicazione interferenza I5. In verde la linea di connessione e in azzurro il reticolo idrografico.



*Figura 5.15: Immagine dell'interferenza della connessione con l'elemento idrico, vista verso valle.*



*Figura 5.16: Ubicazione dell'interferenza I5 e stralcio PAI con pericolosità alta. In verde la linea di connessione.*

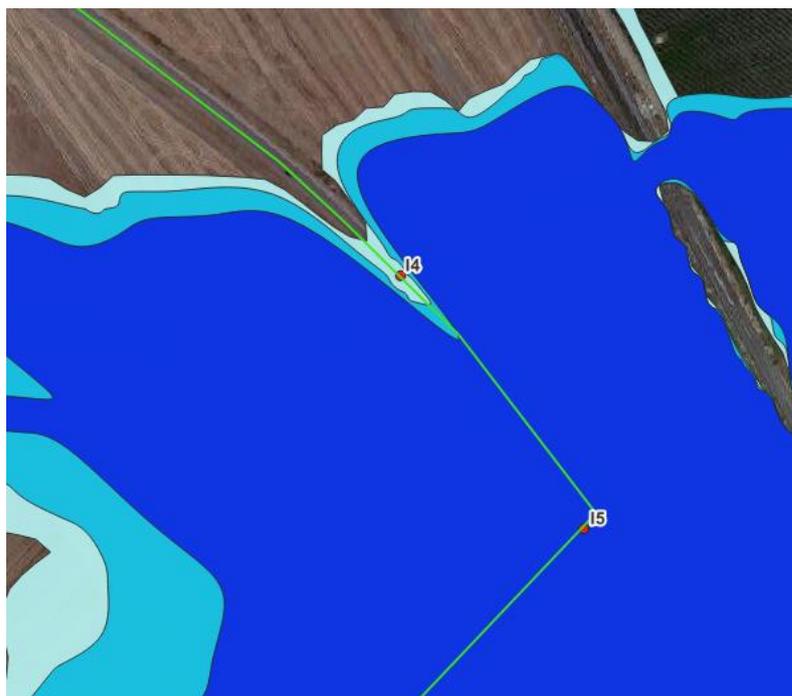


Figura 5.17: Ubicazione dell'interferenza I5 e stralcio PGRA con pericolosità alta. In verde la linea di connessione.

#### 5.4.5.2 Osservazioni

L'interferenza è dovuta al Canale939, il cui passaggio avviene in continuità al di sotto del manto stradale grazie alla presenza di un ponte.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2023, il tratto appare parzialmente vegetato e non si evidenziano segni di erosione.

#### 5.4.5.3 Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 5.3.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore nella categoria "buono". Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

#### 5.4.5.4 Verifica di compatibilità idraulica

A causa della pericolosità alta in cui ricade il tracciato e dell'interferenza con la rete idrografica esistente, la posa del cavo verrà eseguita mediante perforazione **TOC** in I5.

La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a **4 metri**.

La TOC si svilupperà per 10 metri prima e dopo l'interferenza.

Si ritiene che a tale profondità l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

### 5.4.6 I6

#### 5.4.6.1 Identificazione

Per un'estensione di circa 660 m, il tracciato del cavo di connessione attraversa un'area allagabile di pericolosità idraulica "Alta", "Moderata" e "Bassa" secondo il PAI, "Alta", "Media" e "Bassa" secondo

il PGRA. L'interferenza è situata per un tratto lungo la Strada Statale 16 Adriatica, tratto di strada viabile asfaltato.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e stralcio del PAI e PGRA.

*Tabella 5.7: Riepilogo interferenze I6.*

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
I6	Area allagabile	PAI: alta, moderata, bassa PGRA: alta, media, bassa	Cavo interrato



*Figura 5.18: Stralcio PAI. In arancione tratteggiato il tratto della linea di connessione in area allagabile I6 con pericolosità alta, moderata, bassa. In verde la linea di connessione.*



Figura 5.19: Stralcio PGRA. In arancione tratteggiato il tratto della linea di connessione in area allagabile I6 con pericolosità alta, media, bassa. In verde la linea di connessione.

#### 5.4.6.2 Osservazioni

La pericolosità è dovuta alla presenza del canale Torretta a Nord (in corrispondenza del punto I4 analizzato in precedenza) e del Canale939 (in corrispondenza del punto I5 analizzato in precedenza), che interferiscono con la linea di connessione del progetto.

#### 5.4.6.3 Verifica di compatibilità idraulica

Il cavo di connessione sarà interrato al di sotto del piano campagna, come da normativa, per l'intera estensione dell'area allagabile.

### 5.4.7 I7

#### 5.4.7.1 Identificazione

Per un'estensione di circa 98 m, il tracciato del cavo di connessione attraversa un'area allagabile di pericolosità idraulica "Alta", "Moderata" e "Bassa" secondo il PAI, "Alta", "Media" e "Bassa" secondo il PGRA. L'interferenza è situata a circa 400 m a sud-ovest dell'interferenza I6.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e stralcio del PAI e PGRA.

Tabella 5.8: Riepilogo interferenza I7.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
I7	Area allagabile	PAI: alta, moderata, bassa PGRA: alta, media, bassa	Cavo interrato



Figura 5.20: Stralcio PAI. In arancione tratteggiato il tratto della linea di connessione in area allagabile 16 con pericolosità alta, moderata, bassa. In verde la linea di connessione.



Figura 5.21: Stralcio PGRA. In arancione tratteggiato il tratto della linea di connessione in area allagabile 17 con pericolosità alta, media, bassa. In verde la linea di connessione.

#### 5.4.7.2 Verifica di compatibilità idraulica

Il cavo di connessione sarà interrato al di sotto del piano campagna, come da normativa, per l'intera estensione dell'area allagabile.

### 5.4.8 I8

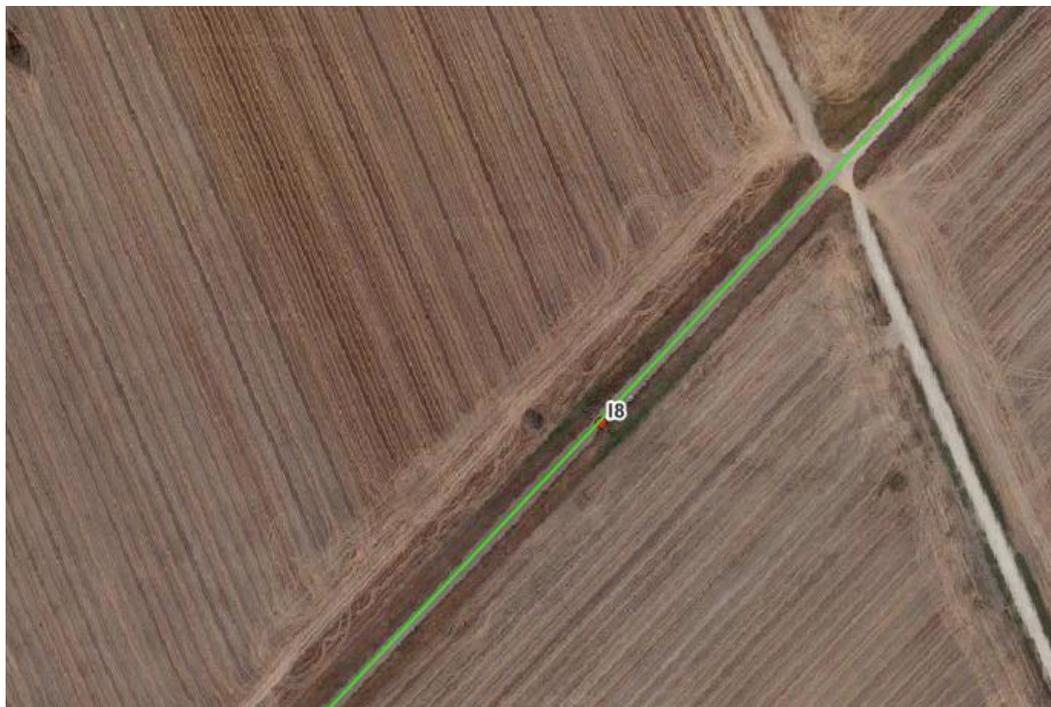
#### 5.4.8.1 Identificazione

L'interferenza è situata lungo una strada asfaltata circa 1 km dall'interferenza I5 ed è costituita da un fosso di scolo. L'area non è classificata con nessuna pericolosità di allagamento.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e in azzurro il reticolo, e un'immagine del canale nel punto d'interesse.

*Tabella 5.9: Riepilogo interferenza I8.*

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
I8	Fosso di scolo	-	Cavo interrato



*Figura 5.22: Ubicazione interferenza I8. In verde la linea di connessione*



Figura 5.23: Immagine dell'interferenza della connessione con il fosso di scolo.

#### 5.4.8.2 Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 5.3.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

#### 5.4.8.3 Verifica di compatibilità idraulica

Considerando la localizzazione effettiva della posa di cavo, in accordo con il gestore si può optare per l'interramento ad almeno 1,5 metri di profondità dal fondo alveo senza necessariamente ricorrere a metodi trenchless.

Si ritiene che a tale profondità l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

### 5.4.9 I9

#### 5.4.9.1 Identificazione

Per un'estensione di circa 77 m, il tracciato del cavo di connessione attraversa un'area allagabile di pericolosità idraulica “Alta”, “Moderata” e “Bassa” secondo il PAI, “Alta”, “Media” e “Bassa” secondo il PGRA. L'interferenza è situata a circa 100 m a sud ovest dall'interferenza I7.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e stralcio del PAI e PGRA.

Tabella 5.10: Riepilogo interferenza I9.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
I9	Area allagabile	PAI: alta, moderata, bassa	Cavo interrato

		PGRA: alta, media, bassa	
--	--	-----------------------------	--



Figura 5.24: Stralcio PAI. In arancione tratteggiato il tratto della linea di connessione in area allagabile 19 con pericolosità alta, moderata, bassa. In verde la linea di connessione.



Figura 5.25: Stralcio PGRA. In arancione tratteggiato il tratto della linea di connessione in area allagabile 19 con pericolosità alta, media, bassa. In verde la linea di connessione.

#### 5.4.9.2 Osservazioni

L'interferenza è dovuta ad un rigagnolo, affluente del Canale939 (in corrispondenza del punto 18, analizzato in precedenza) che interferisce con la linea di progetto.

### 5.4.9.3 Verifica di compatibilità idraulica

Il cavo di connessione sarà interrato al di sotto del piano campagna, come da normativa, per l'intera estensione dell'area allagabile.

### 5.4.10I10

#### 5.4.10.1 Identificazione

Per un'estensione di circa 40 m, il tracciato del cavo di connessione attraversa un'area allagabile di pericolosità idraulica "Moderata" e "Bassa" secondo il PAI, "Media" e "Bassa" secondo il PGRA. L'interferenza è situata a circa 320 m a sud ovest dall'interferenza I9.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e stralcio del PAI e PGRA.

Tabella 5.11: Riepilogo interferenza I10.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
I10	Area allagabile	PAI: moderata, bassa PGRA: media, bassa	Cavo interrato



Figura 5.26: Stralcio PAI. In arancione tratteggiato il tratto della linea di connessione in area allagabile I10 con pericolosità moderata, bassa. In verde la linea di connessione.



Figura 5.27: Stralcio PGRA. In arancione tratteggiato il tratto della linea di connessione in area allagabile I10 con pericolosità media, bassa. In verde la linea di connessione.

#### 5.4.10.2 Verifica di compatibilità idraulica

Il cavo di connessione sarà interrato al di sotto del piano campagna, come da normativa, per l'intera estensione dell'area allagabile.

### 5.4.11/11

#### 5.4.11.1 Identificazione

L'interferenza è situata sulla strada asfaltata, a circa 850 m a sud ovest dell'interferenza I8 ed è dovuta alla presenza del Torrente Salsola. Essa ricade in una fascia di pericolosità alta del PAI e del PGRA. La fascia allagabile attorno a tale elemento idrico occupa una larghezza di 230 metri.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e in azzurro il reticolo e stralcio PAI e PGRA.

Tabella 5.12: Riepilogo interferenza I11.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
I11	Torrente Salsola	PAI: alta PGRA: alta	TOC

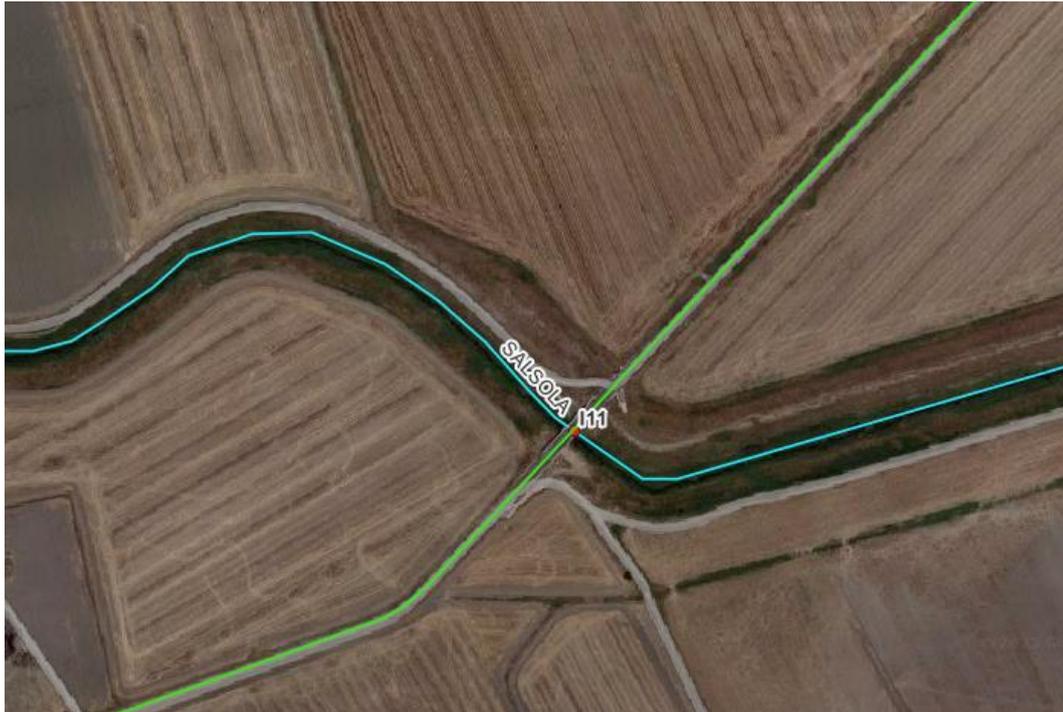


Figura 5.28: Ubicazione interferenza I11. In verde la linea di connessione e in azzurro il reticolo idrografico.

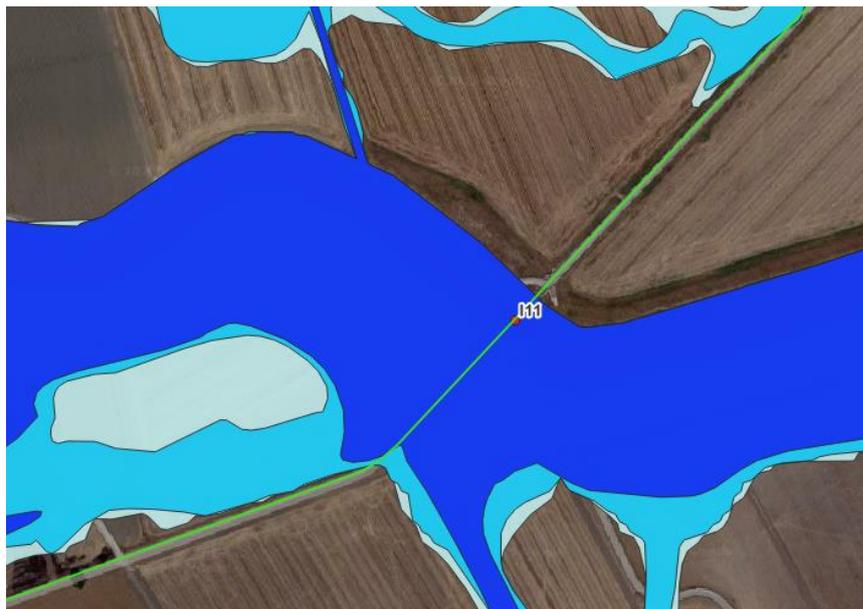


Figura 5.29: Ubicazione dell'interferenza I11 e stralcio PAI con pericolosità alta. In verde la linea di connessione.



Figura 5.30: Ubicazione dell'interferenza I11 e stralcio PGRA con pericolosità alta. In verde la linea di connessione.

#### 5.4.11.2 Osservazioni

L'interferenza è dovuta al Torrente Salsola. Il letto e le sponde risultano rinverdite, con presenza di vegetazione erbacea. Il passaggio del torrente da una parte all'altra della strada avviene tramite un ponte.

#### 5.4.11.3 Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 5.3.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore nella categoria "buono". Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

#### 5.4.11.4 Verifica di compatibilità idraulica

A causa della pericolosità alta in cui ricade il tracciato e dell'interferenza con la rete idrografica esistente, la posa del cavo verrà eseguita mediante perforazione TOC.

La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a **4 metri**.

La TOC si svilupperà per 10 metri prima e dopo la fascia di allagamento.

Si ritiene che, a tale profondità, l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

### 5.4.12/I12

#### 5.4.12.1 Identificazione

Per un'estensione di circa 240 m, il tracciato del cavo di connessione attraversa un'area allagabile di pericolosità idraulica "Alta", "Moderata" e "Bassa" secondo il PAI, "Alta", "Media" e "Bassa" secondo il PGRA. L'interferenza è situata a circa 350 m a sud ovest dall'interferenza I10.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e stralcio del PAI e PGRA.

Tabella 5.13: Riepilogo interferenza A01.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
I12	Area allagabile	PAI: alta, moderata, bassa PGRA: alta, media, bassa	Cavo interrato



Figura 5.31: Stralcio PAI. In arancione tratteggiato il tratto della linea di connessione in area allagabile I12 con pericolosità alta, moderata, bassa. In verde la linea di connessione.



Figura 5.32: Stralcio PGRA. In arancione tratteggiato il tratto della linea di connessione in area allagabile I12 con pericolosità alta, media, bassa. In verde la linea di connessione.

#### 5.4.12.2 Osservazioni

La pericolosità è dovuta alla presenza del Torrente Salsola (in corrispondenza del punto I11 analizzato in precedenza) che interferisce con la linea di connessione del progetto.

#### 5.4.12.3 Verifica di compatibilità idraulica

Il cavo di connessione sarà interrato al di sotto del piano campagna, come da normativa, per l'intera estensione dell'area allagabile.

### 5.4.13 I13

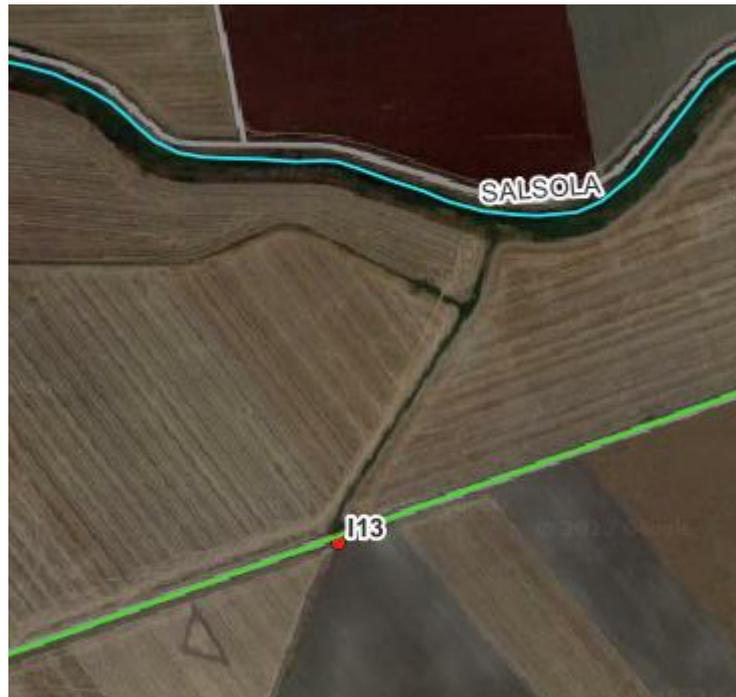
#### 5.4.13.1 Identificazione

L'interferenza è situata sulla strada asfaltata, a circa 1,2 km a sud ovest dell'interferenza I11 ed è dovuta alla presenza di un elemento idrico, affluente del Torrente Salsola (a nord dell'interferenza). Essa ricade in una fascia di pericolosità alta del PAI e del PGRA.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e in azzurro il reticolo, un'immagine del canale nel punto d'interesse e stralcio PAI e PGRA.

Tabella 5.14: Riepilogo interferenza I13.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
I13	Elemento idrico	PAI: alta PGRA: alta	Cavo interrato/trenchless



*Figura 5.33: Ubicazione interferenza I13. In verde la linea di connessione e in azzurro il reticolo idrografico.*



*Figura 5.34: Immagine dell'interferenza della connessione con l'elemento idrico, vista verso valle.*



*Figura 5.35: Ubicazione dell'interferenza I13 e stralcio PAI con pericolosità alta. In verde la linea di connessione.*

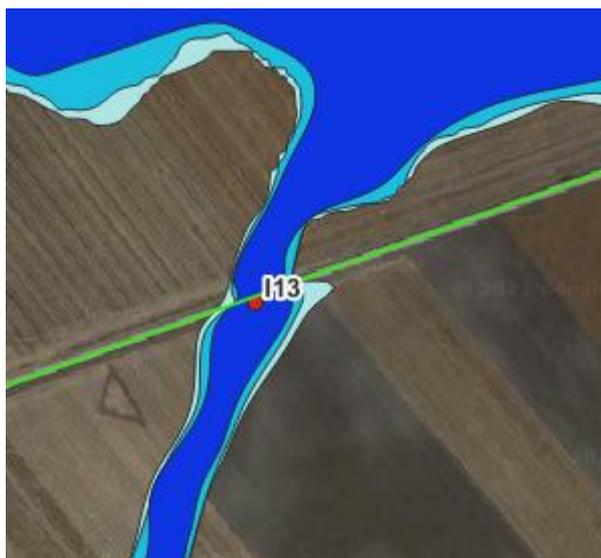


Figura 5.36: Ubicazione dell'interferenza I13 e stralcio PGRA con pericolosità alta. In verde la linea di connessione.

#### 5.4.13.2 Osservazioni

L'interferenza è dovuta ad un elemento idrico, affluente del fiume Salsola. Inoltre, dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2023, il canale si presenta di modeste dimensioni, vegetato e senza particolari segni di erosione.

#### 5.4.13.3 Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 5.3.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore nella categoria "buono". Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

#### 5.4.13.4 Verifica di compatibilità idraulica

A causa dell'interferenza con la rete idrografica esistente, la posa del cavo verrà eseguita mediante cavo interrato/trenchless.

La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a **2 metri**.

### 5.4.14/14

#### 5.4.14.1 Identificazione

Per un'estensione di circa 112 m, il tracciato del cavo di connessione attraversa un'area allagabile di pericolosità idraulica "Alta", "Moderata" e "Bassa" secondo il PAI, "Alta", "Media" e "Bassa" secondo il PGRA. L'interferenza è situata a circa 945 m a sud ovest dall'interferenza I10.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e stralcio del PAI e PGRA.

Tabella 5.15: Riepilogo interferenza I14.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
I14	Area allagabile	PAI: alta, moderata, bassa PGRA: alta, media, bassa	Cavo interrato



Figura 5.37: Stralcio PAI. In arancione tratteggiato il tratto della linea di connessione in area allagabile I12 con pericolosità alta, moderata, bassa. In verde la linea di connessione.



Figura 5.38: Stralcio PGRA. In arancione tratteggiato il tratto della linea di connessione in area allagabile I12 con pericolosità alta, media, bassa. In verde la linea di connessione.

#### 5.4.14.2 Osservazioni

La pericolosità è dovuta alla presenza di un elemento idrico (in corrispondenza del punto I13, analizzato in precedenza), affluente del Torrente Salsola, a nord dell'interferenza che interferisce con la linea di connessione.

#### 5.4.14.3 Verifica di compatibilità idraulica

Il cavo di connessione sarà interrato al di sotto del piano campagna, come da normativa, per l'intera estensione dell'area allagabile.

### 5.4.15 I15

#### 5.4.15.1 Identificazione

Per un'estensione di circa 420 m, il tracciato del cavo di connessione attraversa un'area allagabile di pericolosità idraulica "Moderata" e "Bassa" secondo il PAI, "Media" e "Bassa" secondo il PGRA. L'interferenza è situata a circa 725 m a sud ovest dall'interferenza I15.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e stralcio del PAI e PGRA.

Tabella 5.16: Riepilogo interferenza I15

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
I15	Area allagabile	PAI: moderata, bassa PGRA: media, bassa	Cavo interrato



Figura 5.39: Stralcio PAI. In arancione tratteggiato il tratto della linea di connessione in area allagabile I15 con pericolosità moderata, bassa. In verde la linea di connessione.

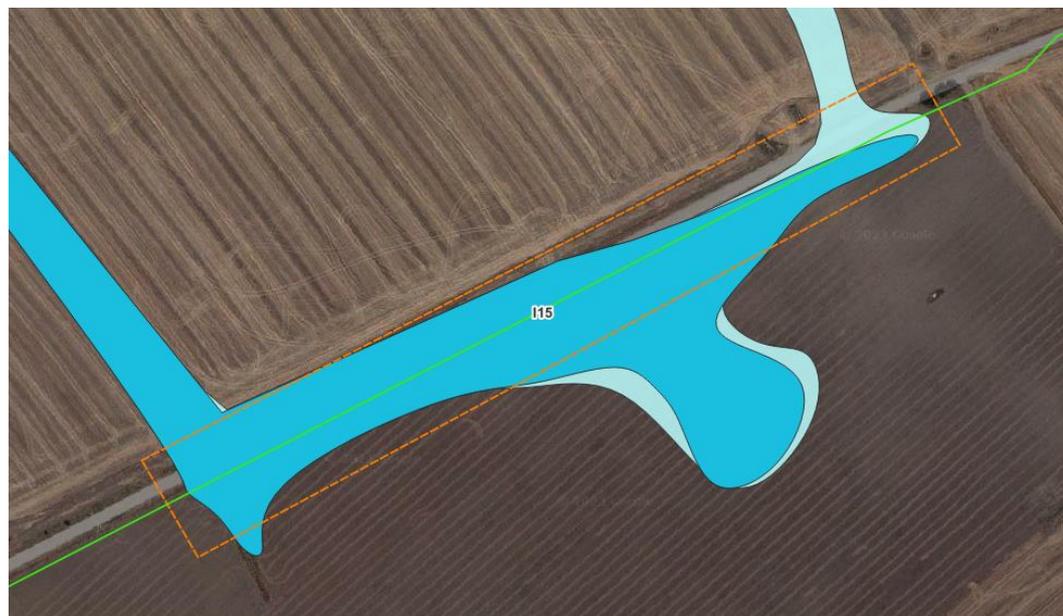


Figura 5.40: Stralcio PGRA. In arancione tratteggiato il tratto della linea di connessione in area allagabile I12 con pericolosità media, bassa. In verde la linea di connessione.

#### 5.4.15.2 Osservazioni

La pericolosità è dovuta alla presenza di un rigagnolo (in corrispondenza del punto I16, analizzato in seguito), affluente del Torrente Salsola, a nord dell'interferenza che interferisce con la linea di connessione.

#### 5.4.15.3 Verifica di compatibilità idraulica

Il cavo di connessione sarà interrato al di sotto del piano campagna, come da normativa, per l'intera estensione dell'area allagabile.

## 5.4.16/16

### 5.4.16.1 Identificazione

L'interferenza è situata a 1,2 km a ovest dall'interferenza I13. In questo punto, il tracciato della linea di connessione interferisce con un elemento idrico, affluente del Salsola.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e in azzurro il reticolo, un'immagine del canale nel punto d'interesse e stralcio PAI e PGRA.

Tabella 5.17: Riepilogo interferenza I16.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
I16	Elemento idrico	PAI: moderata PGRA: media	Cavo interrato/trenchless

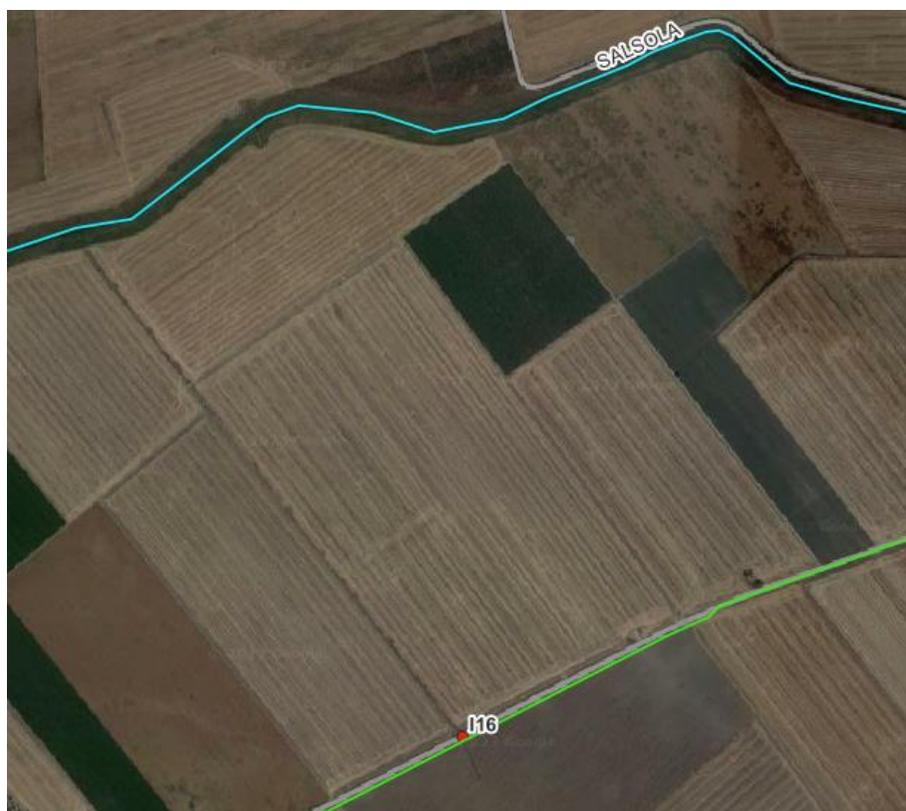
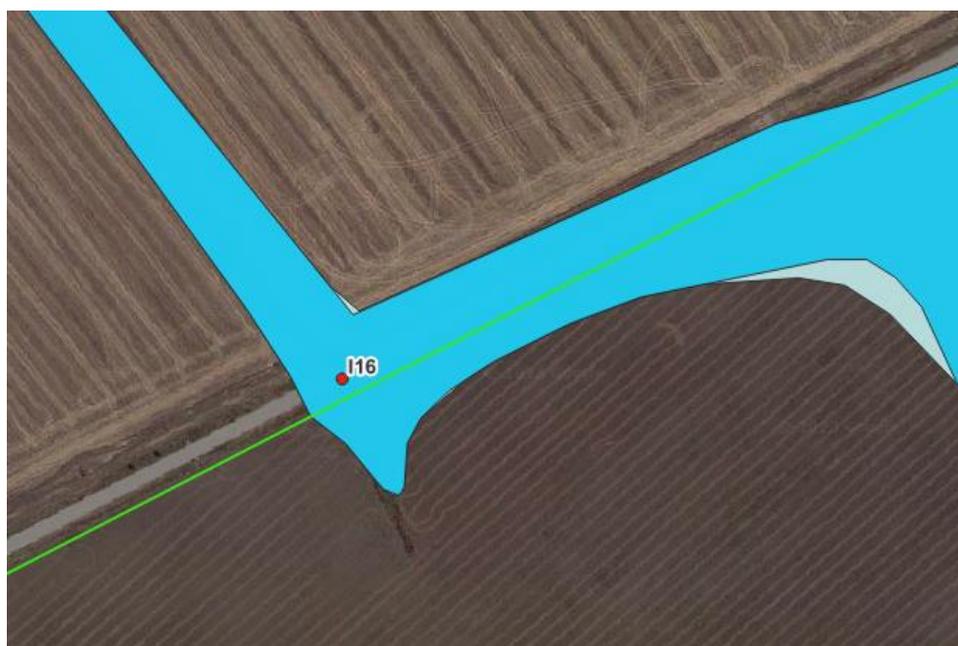


Figura 5.41: Ubicazione interferenza I16. In verde la linea di connessione e in azzurro il reticolo idrografico.



*Figura 5.42: Immagine dell'interferenza della connessione con l'elemento idrico, vista verso monte.*



*Figura 5.43: Ubicazione dell'interferenza I16 e stralcio PAI con pericolosità moderata. In verde la linea di connessione.*

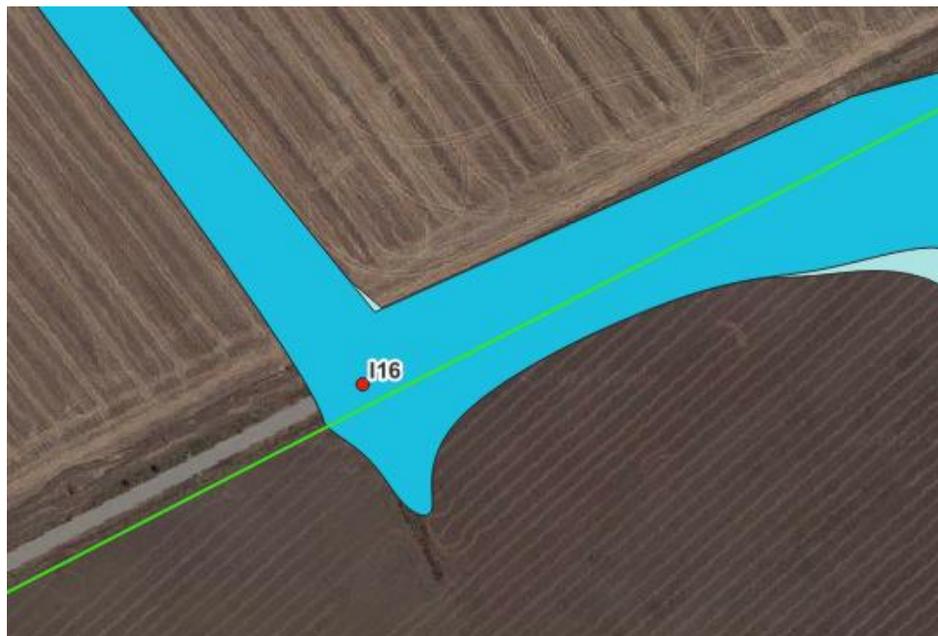


Figura 5.44: Ubicazione dell'interferenza I16 e stralcio PGRA con pericolosità media. In verde la linea di connessione.

#### 5.4.16.2 Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 5.3.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore nella categoria "buono". Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

#### 5.4.16.3 Verifica di compatibilità idraulica

A causa della pericolosità media e dell'interferenza con la rete idrografica esistente, la posa del cavo verrà eseguita mediante cavo interrato/trenchless.

La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a **2 metri**.



## 6. STUDIO IDROLOGICO AREA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO

In questo paragrafo si riportano le basi per il dimensionamento del sistema di drenaggio superficiale dell'area di intervento.

Lo studio idrologico prevede lo studio delle precipitazioni nell'area di progetto e la determinazione delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometriche (LSPP) per tempi di ritorno pari a 2, 5, 10, 30, 50 e 100 anni. Le LSPP saranno la base per il modello di trasformazione afflussi-deflussi al fine di stimare le portate di progetto.

### 6.1 CONSIDERAZIONI CLIMATICHE

All'interno della Relazione di piano del PAI è descritto come la regione Puglia sia "caratterizzata da un clima tipicamente mediterraneo, con inverno mite e poco piovoso e stagione estiva calda e secca".

I mesi estivi sono caratterizzati da siccità dovuta alle masse d'aria calda e secca tropicale che dominano sul bacino del Mediterraneo. I mesi invernali e autunnali presentano frequente nuvolosità e piogge relativamente abbondanti, recate in genere da venti sciroccali, avvicendate con periodi sereni e piuttosto freddi provocati da venti settentrionali e di Nord Est.

I giorni piovosi sono scarsi: il loro numero è compreso tra 60 e 80. Annualmente la regione riceve in media poco più di 600 mm di pioggia; la maggiore piovosità si osserva sul Gargano con 1.100-1.200 mm totali annui, interessato da piogge di tipo orografico a cui si aggiungono quelle d'origine frontale legate al ciclo genesi del Mediterraneo orientale.

La minore piovosità si osserva sul Tavoliere, con valori totali annui al di sotto dei 450 mm ed in una ristretta fascia costiera intorno a Taranto. Nel Subappennino Dauno si avvicina a 900 mm annui e la maggior parte delle aree pianeggianti ha meno di 700 mm annui. In tutta la regione, le precipitazioni si concentrano per oltre il 60% nei mesi autunno-invernali, con massimi nel Salento dove raggiungono l'80%. Il ciclo annuo mostra un solo massimo di piovosità ben distinto in novembre o in dicembre, mentre il minimo quasi sempre ricade in luglio per tutta la regione.

La stagione estiva è caratterizzata da una generale aridità su tutto il territorio: infatti, ad eccezione del Gargano e del Subappennino dove si hanno precipitazioni di poco superiori a 50 mm, i valori sono inferiori a 30 mm; in alcuni anni i mesi estivi sono stati del tutto privi di pioggia. Succede, tuttavia, che non siano infrequenti i brevi ed intensi rovesci estivi con punte 30-50 mm in pochi minuti. Elevata è, infine, la variabilità inter-annuale delle piogge: si può passare in una qualunque stazione dai 300 mm di un anno ai 900-1.000 mm dell'anno seguente, come è accaduto a Bari nel 1913 (371 mm) e nel 1915 (1.095 mm)." (Fonte Autorità di Bacino della Puglia - Dicembre 2004 – RELAZIONE DI PIANO)

Dal sito della Protezione Civile, <http://www.protezionecivile.puglia.it>, è possibile scaricare i dati di interesse meteorologico e idrologico. Il dataset fornito è articolato in 127 record, uno per stazione di monitoraggio presente sul territorio pugliese.

Il regime pluviometrico regionale evidenzia che quello della Puglia centrale, dopo quello del Tavoliere di Foggia, risulta il clima più arido; dai 450 mm annui di acqua intorno a Taranto si arriva fino ai 600-700 mm nella parte più alta della Murgia, per poi riscendere a circa 550 mm intorno a Bari. Caratteristica per la Puglia è la distribuzione non ideale delle piogge che prevalentemente avvengono nel semestre settembre-marzo, creando spesso situazioni di intensa e prolungata siccità nel restante periodo dell'anno. Frequente, anche se in modo irregolare, soprattutto nel periodo estivo, è il fenomeno della grandine che risulta molto dannoso per il mondo agricolo e forestale, in particolare sulle fasce costiere.

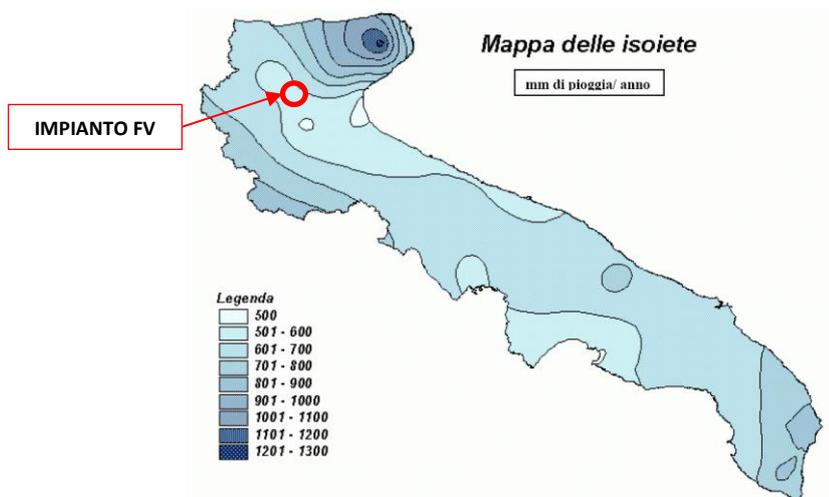


Figura 6.1: Mappa delle isoiete della Regione Puglia.

## 6.2 SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO

L'evento di pioggia di progetto alla base dei calcoli idrologici e della simulazione/dimensionamento idraulico è scelto in base al concetto di tempo di ritorno.

Il periodo di ritorno di un evento, definito anche come "tempo di ritorno", è il tempo medio intercorrente tra il verificarsi di due eventi successivi di entità uguale o superiore ad un valore di assegnata intensità o, analogamente, è il tempo medio in cui un valore di intensità assegnata viene uguagliato o superato almeno una volta.

Oltre al concetto di tempo di ritorno vi è poi la probabilità che un evento con tempo di ritorno T si realizzi in N anni:

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N \quad (1)$$

Il grafico riportato di seguito esprime il rischio di superare l'evento con tempo di ritorno T durante N anni.

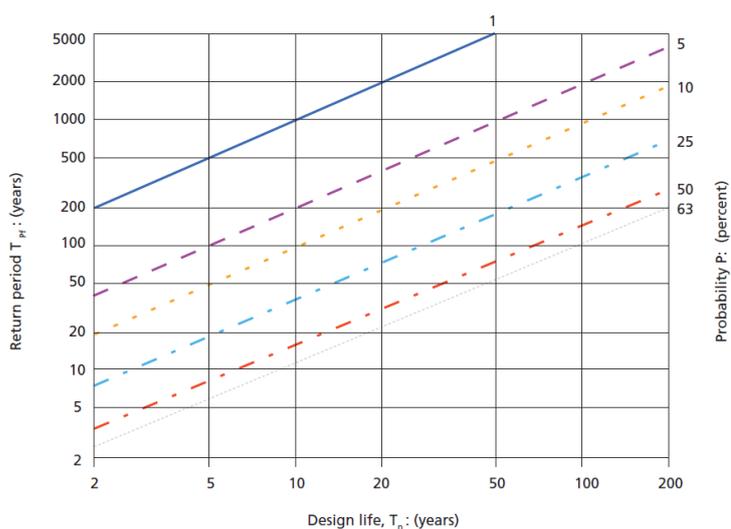


Figura 6.2: Probabilità che un evento con un determinato tempo di ritorno si verifichi in N anni.

Essendo che la durata della vita utile dell'impianto fotovoltaico in oggetto è assunta pari a 30 anni, il tempo di ritorno per il calcolo della precipitazione di progetto è stato assunto pari a 30 anni.

### 6.3 ANALISI PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE

Al fine di eseguire un'analisi probabilistica delle precipitazioni intense, si è determinata la curva di possibilità climatica caratteristica dell'area oggetto di intervento.

Il tempo di ritorno da assegnare alla curva di possibilità climatica è stato fatto variare da un minimo di 2 anni ad un massimo di 100 anni.

Nel caso in esame la durata del campo fotovoltaico è assunta pari a 30 anni; pertanto, il tempo di ritorno per il calcolo della precipitazione è stato assunto pari a 30 anni.

Secondo quanto previsto dalla "Relazione di Piano (dic. 2004) – AdB" lo studio idrologico a livello di bacino per la determinazione delle portate attese con diversi tempi di ritorno è da condurre in conformità a quanto previsto dal progetto Valutazione Piene (VaPi) del Gruppo Nazionali di Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCl) e deve in ogni caso tener conto dei dati raccolti dagli Uffici periferici dell'ex Servizio Mareografico e Idrografico Nazionale e da eventuali elaborazioni dei dati prodotti dagli stessi Uffici.

L'analisi pluviometrica è stata svolta sulla base dell'Analisi regionale delle piogge massime annuali di durata compresa tra 1 ora e 24 ore. Il modello statistico utilizzato fa riferimento alla distribuzione TCEV (Rossi et al. 1984) con regionalizzazione di tipo gerarchico (Fiorentino et al. 1987) in cui per l'individuazione delle regioni omogenee di primo e secondo livello è stato fatto ricorso a generazioni sintetiche Montecarlo in grado di riprodurre la struttura correlativa delle serie osservate (Gabriele e Liritano, 1994).

Il territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia dal punto di vista dell'approccio pluviometrico, sulla base dei risultati ottenuti è stato pertanto suddiviso in sei aree pluviometriche omogenee, per ognuna delle quali è possibile calcolare la Curva di Possibilità Pluviometrica (CPP).

L'area in cui ricade l'intervento in oggetto è nella sottozona omogenea 2 della Puglia, vedasi Figura 6.3, da cui risulta la seguente equazione determinante la CPP:

$$h(t) = 22.23 T_c^{(0.247)} \quad (2)$$

Dove:

$h(t)$  = Altezza della pioggia (mm) per fissata durata  $t$ ;

$T_c$  = durata dell'evento pluviale (ore).

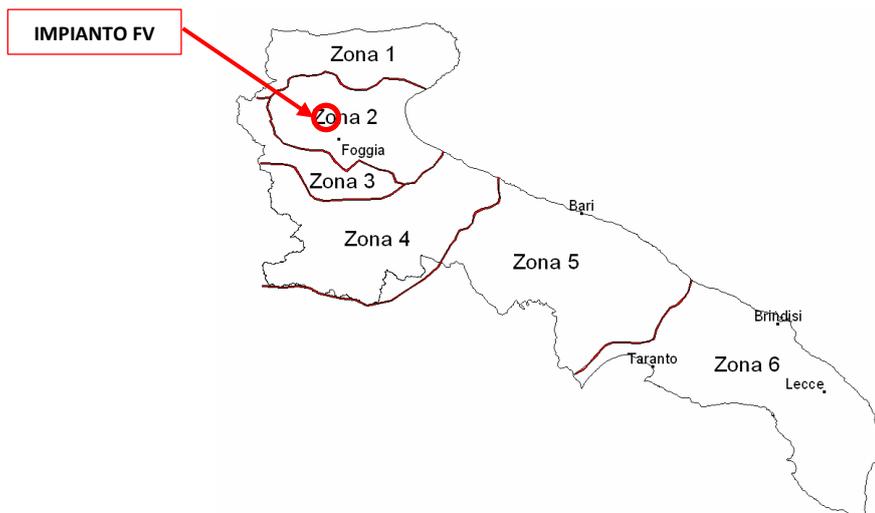


Figura 6.3: Sottostazioni pluviometriche omogenee (Zona 2) e aree di progetto (rosso).

La Curva di Possibilità Pluviometrica permette di stimare le altezze di precipitazione relative ad eventi pluviali con durate superiori ad 1h, in quanto i parametri di tale equazione vengono ottenuti mediante l'analisi di eventi pluviometrici di lunga durata ( $t > 60$  minuti). Nel caso di eventi brevi ( $t < 60$  minuti) è possibile stimare le altezze di precipitazione mediante la legge di Bell:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = \left(\frac{t}{60}\right)^s \quad (3)$$

Dove:

$h_{60,T}$  = Altezza di precipitazione (mm) con durata pari a 60 min e fissato T;

$s$  = coefficiente dipendente dalla regione in esame, per la Puglia assunto pari a 0,227.

A tali altezze di precipitazione vanno applicati inoltre coefficienti moltiplicativi relativamente al Fattore di Crescita  $K_T$  (funzione del tempo di ritorno dell'evento di progetto, espresso in anni), ed al Fattore di Riduzione Areale  $K_A$  (funzione della superficie del bacino espressa in kmq, e della durata dell'evento di progetto espressa in ore).

Per le zone 1-2-3-4 (Puglia Settentrionale):

$$K_T = 0,5648 + 0,415 \ln T \quad (4)$$

dove T è il Tempo di Ritorno di progetto considerato.

Nel caso in cui si debba condurre uno studio idrologico in un'area estesa, la precipitazione deve essere ragguagliata alla superficie del bacino idrografico considerato per tener conto del fatto che la precipitazione, calcolata come descritto in precedenza, è un valore puntuale e quindi va opportunamente ridotta di un valore (Fattore di Riduzione Areale) che dipende dall'estensione dell'area studiata e dalla durata dell'evento. Per quanto concerne il Fattore di Riduzione Areale  $K_A$ :

$$K_A = 1 - (1 - e^{-0.0021A}) \cdot e^{-0.53d^{0.25}} \quad (5)$$

Tale fattore di correzione è stato trascurato nel contesto di progetto in quanto i bacini idrografici di riferimento risultano di estensione limitata.

Di seguito si riportano le Curve di Possibilità pluviometrica distinte per eventi pluviali di durata superiore o inferiore ad 1h e per diversi tempi di ritorno (2, 5, 10, 30, 50 e 100 anni).

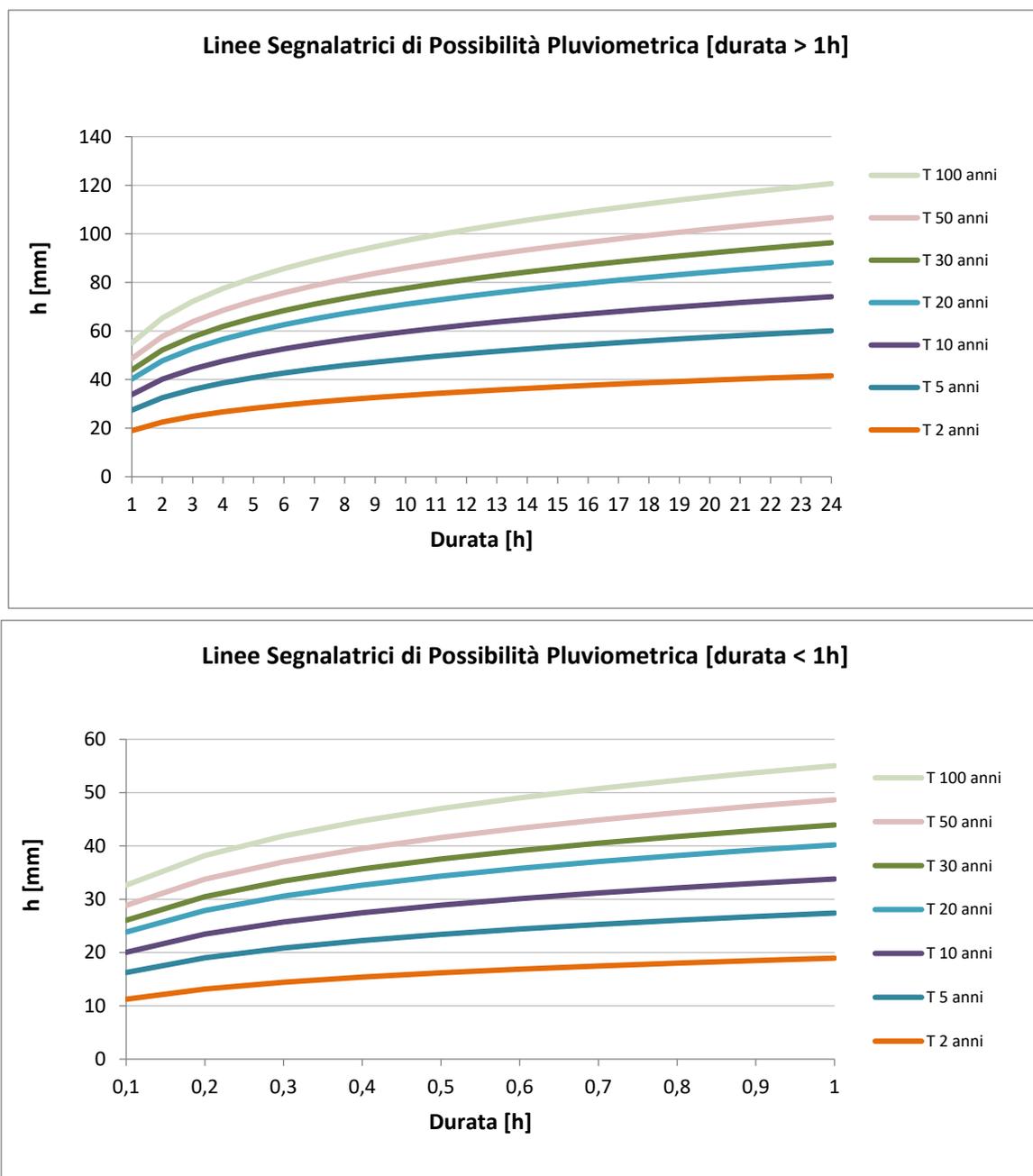


Figura 6.4: Curve di possibilità pluviometrica per eventi di durata > 1h e < 1h.

Nella tabella seguente si riportano inoltre, per diverse durate (0,5 -24 h) e tempi di ritorno (2, 5, 10, 30, 50 e 100 anni), i valori delle altezze di precipitazione  $h_T(t)$  espresse in mm.

Tabella 6.1: Altezza di pioggia relative alle diverse durate per i diversi tempi di ritorno.

DURATA EVENTO CRITICO [H]	ALTEZZA PIOGGIA CRITICA AL VARIARE DEL TEMPO DI RITORNO E DELLA DURATA H [mm]					
	TR 2 ANNI	TR 5 ANNI	TR 10 ANNI	TR 30 ANNI	TR 50 ANNI	TR 100 ANNI
0,5	16	23	29	38	42	47
1	19	27	34	44	49	55
2	22	33	40	52	58	65



DURATA EVENTO CRITICO [H]	ALTEZZA PIOGGIA CRITICA AL VARIARE DEL TEMPO DI RITORNO E DELLA DURATA H [mm]					
	TR 2 ANNI	TR 5 ANNI	TR 10 ANNI	TR 30 ANNI	TR 50 ANNI	TR 100 ANNI
3	25	36	44	58	64	72
4	27	39	48	62	69	78
5	28	41	50	65	72	82
6	29	43	53	68	76	86
7	31	44	55	71	79	89
8	32	46	56	73	81	92
9	33	47	58	76	84	95
10	33	48	60	78	86	97
11	34	50	61	79	88	100
12	35	51	62	81	90	102
13	36	52	64	83	92	104
14	36	53	65	84	93	106
15	37	53	66	86	95	107
16	38	54	67	87	96	109
17	38	55	68	88	98	111
18	39	56	69	90	99	112
19	39	57	70	91	101	114
20	40	57	71	92	102	115
21	40	58	72	93	103	117
22	41	59	73	94	104	118
23	41	59	73	95	106	119
24	42	60	74	96	107	121

## 7. OPERE IDRAULICHE

Le opere di mitigazione si inseriscono nel progetto più articolato del sistema di regimazione idraulica del sito di intervento.

In particolare, in contrapposizione al classico approccio di drenaggio delle acque meteoriche, in cui il principale obiettivo è l'allontanamento delle acque dal sito, nel presente progetto si vogliono utilizzare tecniche di progettazione a basso impatto.

La scelta dei sistemi di drenaggio sostenibili porterà al raggiungimento di più obiettivi:

- Diminuzione del carico di acque meteoriche smaltite nei vari corsi idrici, per lo smaltimento tramite infiltrazione;
- Realizzazione di infrastrutture verdi a vantaggio di quelle grigie;
- Rallentamento e riduzione del picco di piena durante piogge intense;
- Realizzazione di interventi che favoriscano i fenomeni di infiltrazione e ritenzione e gli indiretti processi di bioremediation;
- Contrastare i processi di erosione.

Il presente progetto ha mirato all'utilizzo di:

- Fossi di scolo in terra;
- Protezione rete idrografica principale;
- Vasche di detenzione e infiltrazione.

### 7.1 SISTEMA DI DRENAGGIO SUPERFICIALE DELL'AREA DI INTERVENTO

Il progetto prevederà una sistemazione del drenaggio oggi assente al fine di indirizzare e distribuire le portate, costituita da canalette di forma trapezia scavate nel terreno naturale e rinverdite.

Tra i vantaggi idraulici essi immagazzinano e convogliano le acque scolanti meteoriche favorendo la riduzione dei picchi di deflusso, l'infiltrazione e il rallentamento dei flussi, a seconda della pendenza. Tali opere sono state e sono tuttora largamente in uso nelle aree rurali.

Durante l'avvento dei sistemi di gestione sostenibile questa categoria è stata rielaborata progettualmente creando nuove funzioni quali detenzione, infiltrazione, bioremediation ed ecologica.

Di seguito alcuni esempi:

- Può essere promossa la sedimentazione mediante l'uso di una fitta vegetazione, solitamente piante erbacee, che garantisce basse velocità di flusso per intrappolare gli inquinanti particellari e indiretti effetti di fitodepurativi;
- È possibile installare dighe o berme lungo il fosso per favorire ulteriormente lo stoccaggio, il rallentamento, la sedimentazione e l'infiltrazione;
- Mediante la formazione di sottofondo in materiale drenante è possibile incrementare l'infiltrazione creando opere miste con trincee drenanti;
- Utilizzo in commistione con bacini di detenzione come ingresso o uscita.

Nel presente paragrafo sono dettagliate le modalità di verifica idraulica di moto uniforme per il dimensionamento dei canali e delle canalette di drenaggio dei diversi settori dell'impianto.

La capacità di convogliamento della sezione idraulica può essere calcolata attraverso una verifica idraulica in regime di moto uniforme, secondo la normale prassi progettuale, utilizzando la nota formula di Chezy con il coefficiente di scabrezza di Manning (parametro che si usa nello studio dei flussi dei canali e che varia rispetto alla natura della superficie di riferimento):

$$Q = \frac{A \cdot R^{2/3} i^{1/2}}{n} \quad (8)$$



Dove:

- $Q$ : portata di riferimento [ $\text{m}^3/\text{s}$ ];
- $A$ : area della sezione bagnata [ $\text{m}^2$ ];
- $R$ : raggio idraulico [ $\text{m}$ ] (rapporto tra  $A$  e il corrispondente perimetro bagnato della sezione);
- $i$ : pendenza dell'alveo [ $\text{m}/\text{m}$ ];
- $n$ : coefficiente di conduttanza idraulica di Manning.

Le canalette saranno posizionate in maniera prioritaria a protezione di strade e cabinati, parallelamente alle strade interne con i cabinati e lungo le strade perimetrali sul lato più critico di intercettazione delle acque di deflusso.

Le canalette interne all'impianto dovranno essere posizionate tendenzialmente nell'interasse tra i tracker, con disposizione nord-sud. In linea generale si evita il tracciamento di canalette perpendicolarmente ai filari di tracker.

Le canalette perimetrali, lungo tutto il perimetro esterno del layout di impianto, potranno essere di due tipologie:

- interne alla recinzione;
- esterne alla recinzione tra mitigazione e catasto.

Gli scarichi delle canalette saranno progettati in corrispondenza di percorsi naturali di drenaggio, ovvero nei punti in cui naturalmente si ricreano vie preferenziali di deflusso. Gli scarichi della rete di drenaggio senza modifiche tra ante-operam e post-operam convergeranno ai ricettori esistenti.

Le canalette saranno realizzate in scavo con una sezione trapezia di larghezza e profondità variabile in funzione della portata di progetto e sponde inclinate di  $26^\circ$ .

In presenza di filari di uliveti, sarà necessario utilizzare uno scavo meno profondo e più largo. La larghezza deve essere almeno di 3,5 metri per consentire il passaggio delle macchine agricole per la raccolta e potatura delle olive.

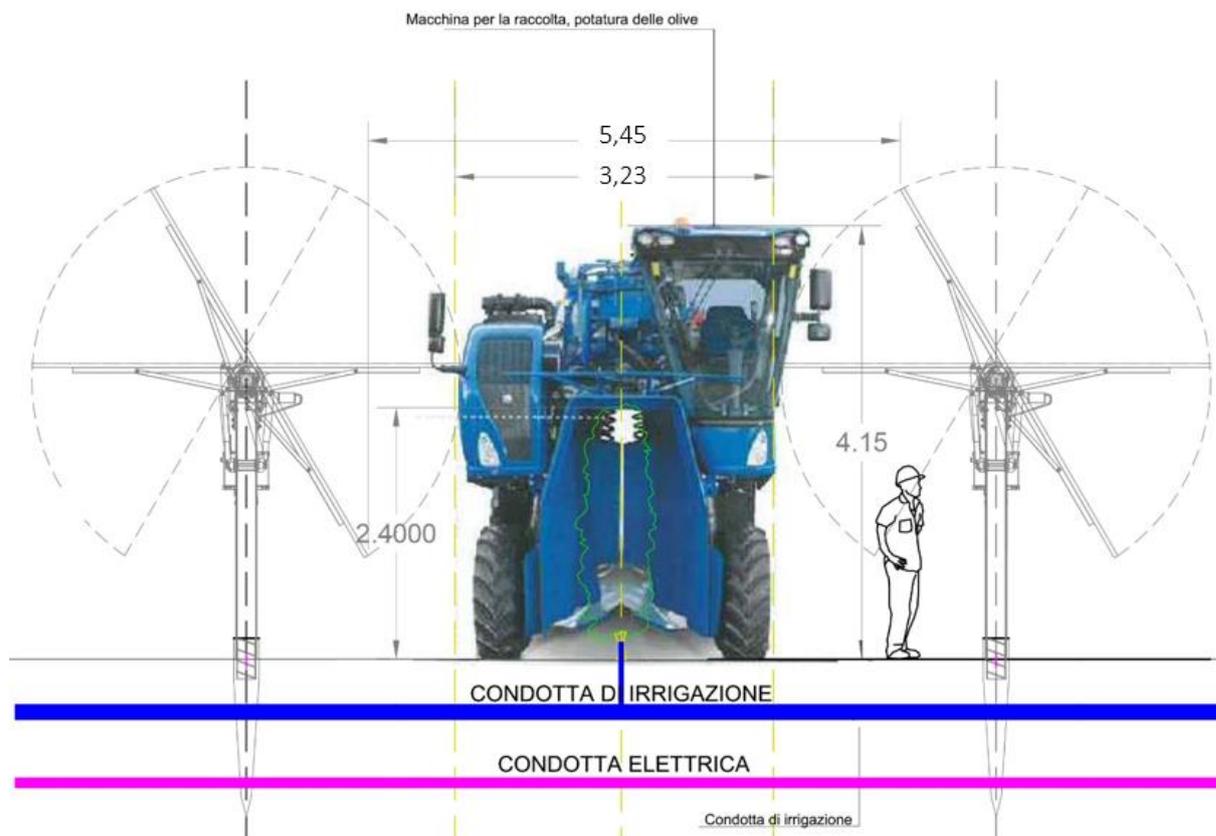


Figura 7.1: Rappresentazione grafica passaggio macchina agricola in un parco agrivoltaico.

In corrispondenza delle intersezioni con la viabilità si prevederanno dei tratti interrati composti da scatolati in c.a. carrabili o da tubazioni in HDPE carrabili.

Lo scopo delle canalette e dei condotti interrati è quello di permettere il deflusso dell'intera portata di progetto, relativa a un Tempo di Ritorno di 30 anni.

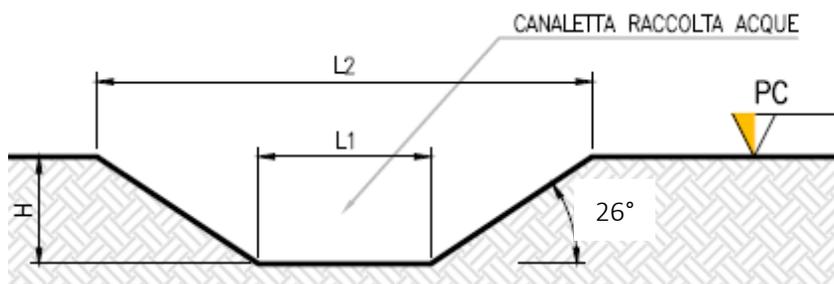


Figura 7.2: Sezione tipologica canaletta di drenaggio realizzata in scavo.

Successivamente a uno studio idraulico di dettaglio, nelle aree interessate dal progetto saranno dimensionate le opere idrauliche relative alla rete di drenaggio, costituita da fossi in terra non rivestiti, posizionata in modo tale da ridurre al minimo le interferenze con la rete naturale.

## 7.2 SISTEMA DI INFILTRAZIONE E LAMINAZIONE NELL'AREA DI INTERVENTO

Oltre al sistema di drenaggio superficiale, nell'area di intervento verrà verificata la necessità di un sistema di infiltrazione e laminazione. Una tipologia utilizzabile per l'opera di infiltrazione è quella di "vasca di laminazione e di infiltrazione".

Le vasche di infiltrazione consistono in aree rinverdate e depresse con tiranti idrici episodici massimi di 1,2 m.

Le opere a verde di questo tipo di vasche prevedranno riuso del terreno in sito e crescita spontanea mantenuta di essenze vegetali.

Questa tipologia di sistemi di drenaggio sostenibile (SuDS) sono generalmente realizzati con forme differenti in funzione dell'estensione del bacino afferente e degli aspetti paesaggistico/architettonici.

Oltre ai vantaggi in materia idraulica già descritti precedentemente, la scelta di inserimento di queste vasche consentirà:

- Incremento biodiversità e dell'habitat con creazione di isole di rifugio per la fauna;
- Discrete rese di bioremediation soprattutto dovute a meccanismi di filtrazione e adsorbimento;
- Ridotta necessità di manutenzione.

Di seguito si riportano alcune immagini esemplificative dell'opera in oggetto.

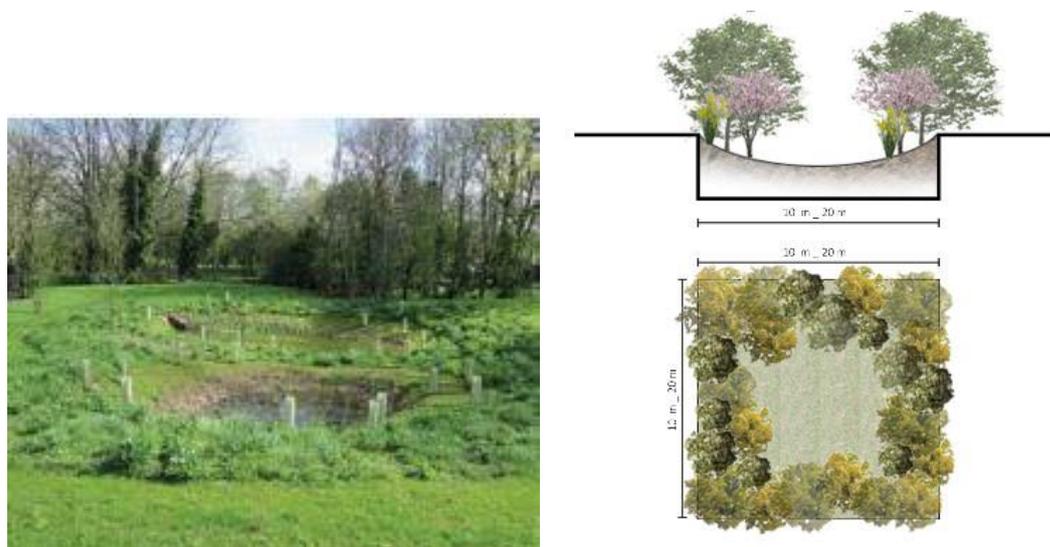


Figura 7-3: Immagini esemplificative di bacini di infiltrazione.

In fase esecutiva si verificheranno gli esatti valori di permeabilità del substrato e la soggiacenza della falda. Si consiglia in ogni caso di verificare, in fase esecutiva, la presenza del livello superficiale arenaceo che possa compromettere il corretto funzionamento dell'opera disperdente.

Il dimensionamento si condurrà secondo le linee progettuali de "Sistemi di Fognatura Manuale di Progettazione – HOEPLI" sulla base della legge di Darcy.

$$Q_f = k * J * A \quad (9)$$

Dove:

- $Q_f$ : portata di infiltrazione [ $m^3/s$ ];
- $k$ : coefficiente di permeabilità [ $m/s$ ];
- $J$ : cadente piezometrica [ $m/m$ ];
- $A$ : superficie netta d'infiltrazione [ $m^2$ ].

Al fine di tener conto che gli strati di terreno in questione si trovano spesso in condizioni insature, è opportuno ridurre del 50% il valore della permeabilità che compare nella legge di Darcy [Sieker, 1984].

In seguito alle indagini di permeabilità in sito si potrà valutare quanto ognuna delle opere è in grado di disperdere per infiltrazione; quindi, quanta portata sono in grado di smaltire per metro lineare, da cui derivare le dimensioni specifiche di ogni opera.

Il tempo di ritorno che verrà considerato per il dimensionamento delle vasche è tra 2 e 5 anni.

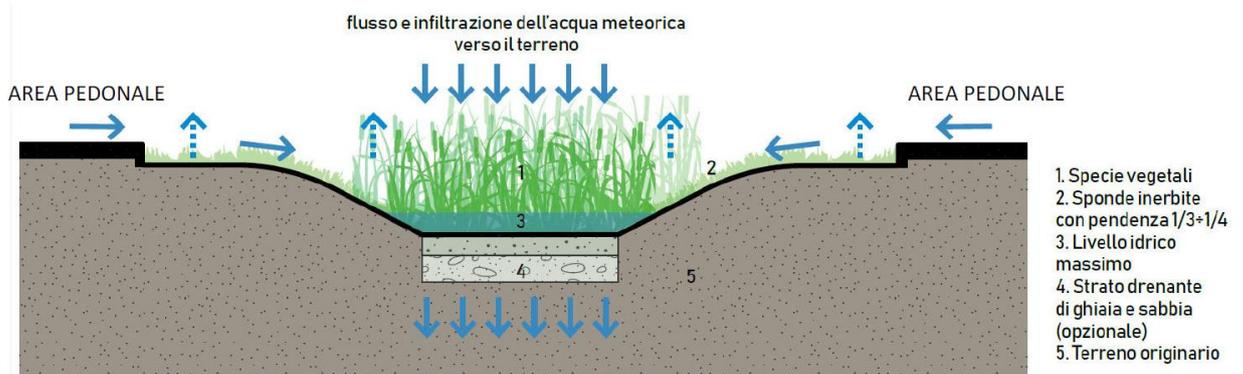


Figura 7.3: Schema tipologico di bacino di bio-ritenzione



## **8. CONCLUSIONE**

Lo studio idrologico e idraulico relativo al reticolo idrografico superficiale, ai principali solchi vallivi o aree depresse e alle aree allagabili è riferito alla perimetrazione della pericolosità idraulica riportata dal PGRA dell'Autorità di Bacino del Distretto dell'Appennino Meridionale (AdB DAM) e dal PAI nel bacino Regionale Puglia e Interregionale Ofanto.

Lo studio di compatibilità idraulica del progetto dell'impianto agrivoltaico, ha analizzato le interferenze con le aree a pericolosità idraulica e ha quindi identificato la migliore soluzione e tecnologia per la risoluzione delle stesse.

Successivamente a uno studio idraulico di dettaglio, nelle aree interessate dal progetto saranno dimensionate le opere idrauliche relative alla rete di drenaggio, costituita da fossi in terra non rivestiti, posizionata in modo tale da ridurre al minimo le interferenze con la rete naturale.

Tutte le opere di regimazione rientreranno nell'ambito dell'ingegneria naturalistica. Per alleggerire dal carico idrico la rete come descritto precedentemente sono inserite vasche diffuse di laminazione e infiltrazione.

La preparazione del sito inoltre non prevede opere su larga scala di scotico, ma solo il taglio vegetazione ove essa impedisca la regolare esecuzione delle attività di costruzione e operatività. La viabilità di cantiere è assunta in materiale drenante.

In merito all'uso del suolo post-operam per le aree interne alla recinzione dell'impianto (nelle interfila dei moduli fotovoltaici) è prevista la possibilità che agricoltori locali possano avviare una produzione olivicola superintensiva.