



NOVEMBRE 2022

## GALILEO ENERGY 3 S.r.l.

IMPIANTO INTEGRATO AGRIVOLTAICO  
COLLEGATO ALLA RTN

POTENZA NOMINALE 25 MW

COMUNE DI SERRACAPRIOLA (FG)

Montagna

PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTO  
INTEGRATO AGRIVOLTAICO

Relazione idrologica e idraulica

**Progettisti (o coordinamento)**

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

**Codice elaborato**

2748\_4871\_SA\_VIA\_R06\_Rev0\_Relazione idrologica e idraulica

## Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2748_4871_SA_VIA_R06_Rev0_Relazione idrologica e idraulica	11/2022	Prima emissione	SMo/ER	CP	L.Conti

## Gruppo di lavoro

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Laura Maria Conti	Direzione Tecnica	Ordine Ing. Pavia 1726
Corrado Pluchino	Project Manager	Ord. Ing. Milano A27174
Riccardo Festante	Progettazione Elettrica, Rumore e Comunicazioni	Tecnico acustico/ambientale n. 71
Daniele Crespi	Coordinamento SIA	
Giulia Peirano	Architetto	Ordine Arch. Milano n. 20208
Marco Corrà	Architetto	
Fabio Lassini	Ingegnere Idraulico	Ordine Ing. Milano A29719
Mauro Aires	Ingegnere strutturista	Ordine Ing. Torino 9583J
Sergio Alifano	Architetto	
Paola Scaccabarozzi	Ingegnere Idraulico	
Sonia Morgese	Ingegnere Idraulico	
Matthew Piscedda	Perito Elettrotecnico	
Michele Pecorelli (Studio Geodue)	Geologo - Indagini Geotecniche Geodue	Ordine Geologi Puglia n. 327
Nazzario D'Errico	Agronomo	Ordine Agronomi di Foggia n. 382
Antonio Bruscella	Archeologo	



<b>Nome e cognome</b>	<b>Ruolo nel gruppo di lavoro</b>	<b>N° ordine</b>
Marianna Denora	Architetto - Acustica	Ordine Architetti Bari, Sez. A n. 2521
Andrea Fanelli	Perito Elettrotecnico	

**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 .....	9
<b>3.2 COPERTURA DEL SUOLO</b> .....	<b>10</b>
<b>3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO</b> .....	<b>11</b>
3.3.1 Inquadramento morfologico .....	11
3.3.2 Lineamenti geologici .....	13
3.3.3 Caratterizzazione dei litotipi locali e assetto litostratigrafico .....	14
3.3.4 Inquadramento idrogeologico .....	15
<b>3.4 IDROGRAFIA DEL TERRITORIO</b> .....	<b>16</b>
3.4.1 Inquadramento idrologico, idraulico e geomorfologico .....	20
<b>3.5 INQUADRAMENTO DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO DELL'AREA DI PROGETTO E DELLA LINEA DI CONNESSIONE</b> ...	<b>21</b>
3.5.1 Piano Assetto Idrologico (PAI) .....	21
3.5.2 Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) .....	23
<b>4. STATO DI PROGETTO: DESCRIZIONE GENERALE INTERVENTI</b> .....	<b>26</b>
<b>4.1 IMPIANTO FOTOVOLTAICO</b> .....	<b>26</b>
4.1.1 Moduli fotovoltaici e strutture di supporto .....	27
4.1.2 Cabine di campo e di raccolta .....	27
4.1.3 Cavi di potenza e di controllo.....	28
4.1.4 Rete di drenaggio interna.....	28
<b>4.2 LINEA DI CONNESSIONE</b> .....	<b>29</b>
<b>5. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO, LINEA DI CONNESSIONE, CABINA DI CONSEGNA/COLLEGAMENTO SE RTN</b> .....	<b>30</b>
<b>5.1 LAYOUT DI PROGETTO</b> .....	<b>30</b>
5.1.1 Canale Fontana .....	31
5.1.2 Affluenti Canale Fontana .....	32
<b>5.2 LINEA DI CONNESSIONE</b> .....	<b>33</b>
<b>5.3 METODOLOGIA DI VERIFICA PROFONDITÀ DI SICUREZZA POSA TOC</b> .....	<b>35</b>
5.3.1 Analisi qualitativa .....	35
5.3.2 Analisi quantitativa .....	35
<b>5.4 RISOLUZIONI INTERFERENZE LINEA DI CONNESSIONE</b> .....	<b>37</b>
5.4.1 P01 .....	37
5.4.2 P02 .....	39
5.4.3 P03 .....	41



5.4.4 P04 .....	42
<b>6. STUDIO IDROLOGICO AREA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>45</b>
6.1 CONSIDERAZIONI CLIMATICHE .....	45
6.2 SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO .....	46
6.3 ANALISI PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE .....	47
6.4 IDENTIFICAZIONE DEI BACINI SCOLANTI DI PROGETTO .....	50
6.5 VALUTAZIONE DELLA PIOGGIA EFFICACE (NETTA) .....	52
6.5.1 Valutazione ante-operam .....	52
6.5.2 Valutazione post operam .....	53
6.6 MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI/DEFLUSSI – STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO ANTE-OPERAM E POST-OPERAM ..	54
<b>7. VERIFICHE E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI .....</b>	<b>57</b>
7.1 SISTEMA DI DRENAGGIO SUPERFICIALE DELL'AREA DI INTERVENTO .....	57
7.2 SISTEMA DI INFILTRAZIONE E LAMINAZIONE NELL'AREA DI INTERVENTO .....	59
<b>8. CONCLUSIONE .....</b>	<b>61</b>



## **1. PREMESSA**

Il presente documento riporta lo studio di compatibilità idraulica del progetto dell'impianto fotovoltaico 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.

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 PAI dell'Autorità di Bacino del Distretto dell'Appennino Meridionale (AdB DAM) nei bacini interregionali Fortore e Saccione e dal PGRA 2018 disponibile dall'Istituto Geografico Militare (n formato WMS).

Il progetto affronta lo studio idrologico idraulico delle aree scolanti interessate dalle opere del progetto fotovoltaico con valutazioni in merito alle possibili variazioni ante-operam – post-operam, analizzando quindi il possibile impatto del progetto da un punto di vista idrologico (valutazione delle variazioni del coefficiente di deflusso e modifiche al deflusso naturale delle acque meteoriche) e da un punto di vista idraulico (valutazione delle variazioni degli apporti durante eventi intensi al ricettore finale).

Tale studio è svolto secondo le Norme Tecniche di Attuazione del Piano d'Assetto Idrogeologico redatto dalle Autorità di Bacino del Fortore e Saccione, ed è costituito da:

- a. analisi delle piogge, eseguita utilizzando le indicazioni riportate sul progetto Valutazione Piene (VAPI) del Gruppo Nazionali Difesa Catastrofi Idrogeologiche (GNDCl);
- b. valutazione della durata dell'evento pluviometrico di progetto di durata pari al tempo critico del bacino idrografico oggetto di studio (tempo di corrivazione e ietogramma di progetto);
- c. determinazione delle portate di riferimento.



## **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 e dal sito Tinality. In seguito a completamento dell'indagine e per verifica dei dati in possesso è stato condotto un rilievo topografico eseguito con GPS.

#### **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. Tale modello digitale del terreno non ricopre però alcuni tratti 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**

Nel mese di gennaio 2022 è stato eseguito un rilievo topografico con GPS 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).

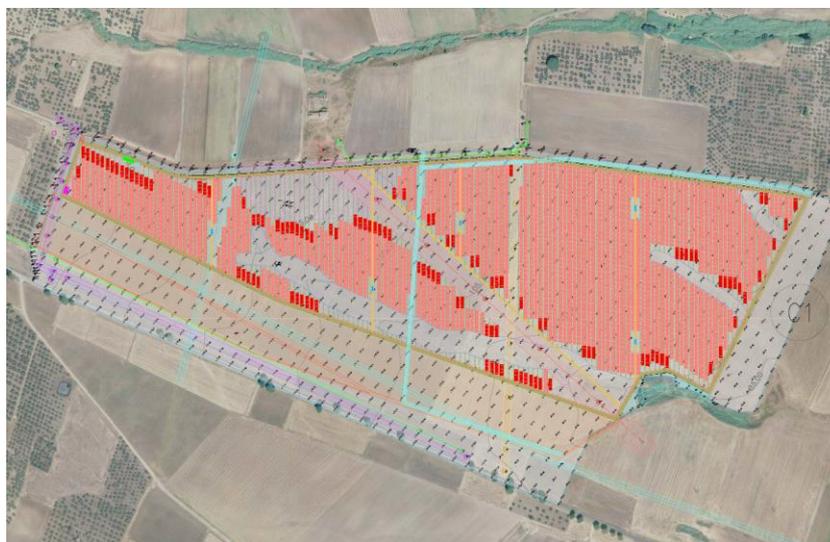
### 3. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

#### 3.1 LOCALIZZAZIONE

Il progetto in esame è ubicato in Agro del Comune di Serracapriola, in provincia di Foggia. L'area di intervento, ubicata a circa 2 km a sud est del centro abitato di Serracapriola, è pari a circa 47,87 ettari complessivi di cui 35,7 ha recintati ed è compresa tra la Strada Vicinale Maddalena a Nord e la Strada Statale 16 ter (SS16ter) a sud.



*Figura 3.1: Localizzazione dell'area di intervento*



*Figura 3.2: Localizzazione del layout di progetto.*

Infine, l'impianto fotovoltaico sarà collegato in antenna a 36 kV alla Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della RTN a 380/150 kV di "Rotello". Per il progetto in questione sono state analizzate due possibili soluzioni di connessione, condivise con TERNA, che deve esprimere il suo parere in merito alla soluzione definitiva.

La prima soluzione prevede che l'impianto sia connesso in antenna a 36 kV alla sezione 36 kV dell'ampliamento della SE 380/150 kV "Rotello" localizzato in prossimità della Sottostazione Elettrica

stessa. La seconda soluzione prevede invece che l'impianto sia collegato in antenna a 36 kV al satellite 36 kV di nuova localizzazione, collegato mediante cavidotto 150 kV alla SE 380/150 kV "Rotello" esistente.

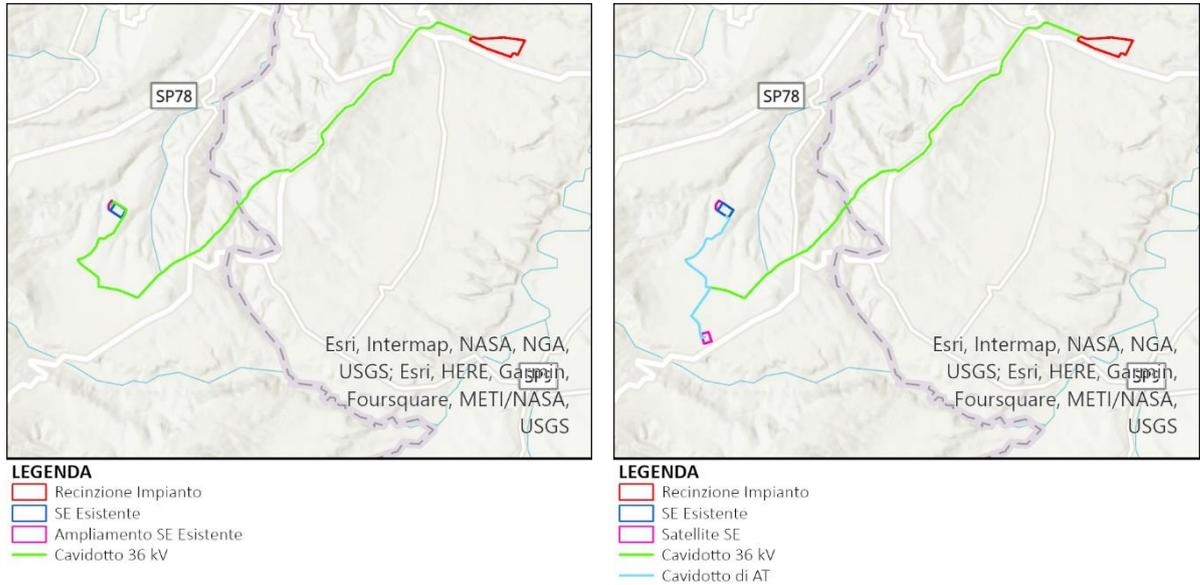


Figura 3.3: Soluzioni di Connessione alla SE 380/150 "Rotello"

### 3.1.1 Rilievo fotografico

Nel mese di maggio del 2022 è stato effettuato un sopralluogo. Nelle figure che seguono sono riportate delle immagini del rilievo fotografico che rappresentano il territorio nello stato di fatto.

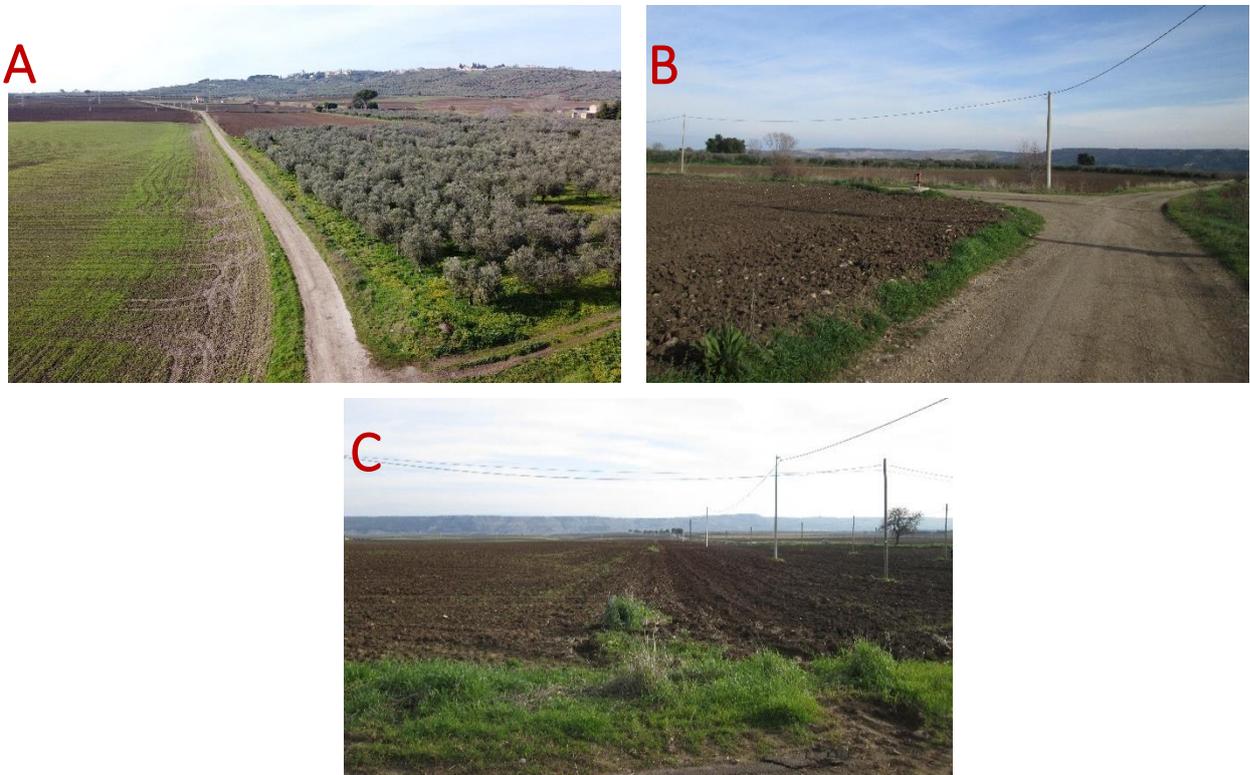


Figura 3.4: Immagini da sopralluogo effettuato nel mese di maggio 2022.



Figura 3.5: Ortofoto layout di progetto (in verde)

### 3.2 COPERTURA DEL SUOLO

I terreni rientranti nel presente progetto sono indicati, dall'autorità regionale, come seminativi semplici in aree non irrigue.

La zona nella quale verrà insediato il parco agrivoltaico è quella tipica del Tavoliere, caratterizzata da ampie aree pianeggianti ulteriormente modellate dall'azione antropica frutto dell'attività agricola.

Nei pressi dell'area di impianto sono difatti presenti ulteriori seminativi semplici in aree irrigue e uliveti. Non sono presenti aree industriali, produttive di altro genere.



Figura 3.6: Stralcio carta uso del suolo. In rosso l'area di progetto.

### 3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

#### 3.3.1 Inquadramento morfologico

Il territorio in cui ricade la proposta progettuale si sviluppa nell'alto Tavoliere della Puglia, in un'area compresa tra il Sub-Appennino Dauno ed il Promontorio del Gargano; il centro abitato sorge su un pianalto, posto alla quota indicativa di circa 260 m s.l.m., basso pendente e dolcemente degradante verso il Mar Adriatico e verso i fondovalle dei Fiumi Fortore e Saccione.

La morfologia del territorio comunale è tipica delle falde in quota del Tavoliere della Puglia, ad assetto sub-orizzontale, che è l'espressione attuale dello smantellamento delle falde tettoniche dell'Appennino Dauno e della sedimentazione nell'Avanfossa Bradanica avvenuta dapprima in ambiente marino (quindi con grandi continuazioni orizzontali dei terreni) poi in condizioni d'emersione totale con la deposizione di terreni a continuità orizzontale locale.

La totalità del territorio comunale presenta pendenze molto basse (ca 5%), generalmente riferibili alle piane alluvionali generate dai corsi d'acqua che lo attraversano. Solo l'area del centro abitato di Serracapriola arriva al centro abitato di Chieuti, si pone su un alto morfologico caratterizzato da pendenze che arrivano a sfiorare i 10°.

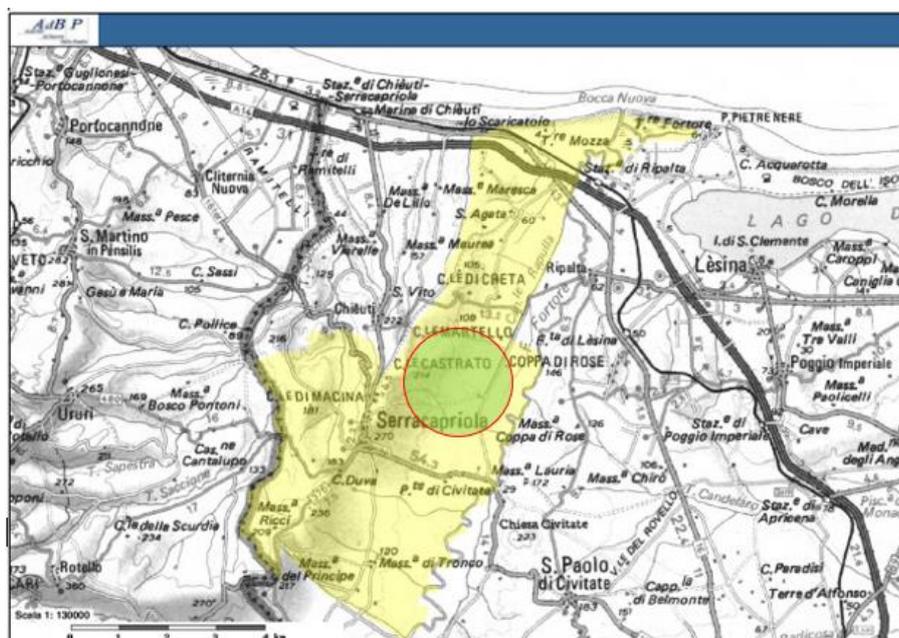


Figura 3.7: Inquadramento territoriale.

Nello specifico, il sito di intervento rientra nel distretto morfologico e geologico dell'estrema porzione settentrionale del 'Tavoliere di Puglia', che corrisponde come unità geologico-strutturale all'Avanfossa Adriatica racchiusa tra la Catena Appenninica (corrispondente ai Monti della Daunia) e l'Avampese Apulo (rappresentato dal Promontorio del Gargano e l'Altopiano delle Murge). Come emerso da più studi e pubblicazioni, la successione temporale della paleogeografia regionale può essere così sintetizzata:

- Formazione della Piattaforma Carbonatica Apula mesozoica-paleogenica;
- Successivamente al Miocene, frammentazione della Piattaforma e successiva individuazione dell'Avanfossa;
- Nel Pliocene-Pleistocene: fase di riempimento del bacino subsidente di Avanfossa;
- Nel tardo Pleistocene - Olocene: sollevamento tettonico regionale contemporaneo all'oscillazione glacio-eustatiche del livello marino con conseguente fase di terrazzamento e riempimento ad opera dei corsi d'acqua e/o bacini lacustri.

Il Basamento pre-pliocenico del Tavoliere è composto da un potente pacco di rocce carbonatiche mesozoiche di facies di piattaforma che localmente possono presentarsi trasgressive coi depositi paleogenici delle 'Calcareniti di Peschici'. Dal Miocene, durante l'intensa fase di tetto-genesi appenninca, la piattaforma assume il ruolo di avampaese con la frammentazione delle sue parti estreme in direzione NO-SE: così si è formato l'esteso semigraben del Tavoliere (costituente l'Avanfossa) e l'horst del Gargano (l'Avampaese). Di seguito, a partire dal Pliocene, si assiste al riempimento dell'Avanfossa con sedimenti prevalentemente pelitici e sabbiosi di fasces bacinale o distale di flussi torbiditici provenienti dalla catena posta a NO; tale fase è accompagnata da una tettonica prevalentemente compressiva e da una tendenza alla subsidenza dell'Avanfossa, favorita dal peso del crescente pacco sedimentari

Il territorio comunale di Serracapriola, dal punto di vista geomorfologico, è caratterizzato da una conformazione di bassa collina dolcemente degradante, a partire dall'alto morfologico costituito dal rilievo del Centro Storico che raggiunge la quota di 269 m s.l.m., verso il Mare Adriatico posto a Nord e verso i fondovali del F. Fortore e T. Saccione posti rispettivamente a Est, Sud ed Ovest.

Come noto, la conformazione del paesaggio è fortemente influenzato dalla litologia dei terreni affioranti lì dove il substrato è composto da terreni pelitici-argillosi prevalgono le forme addolcite e basso pendenti, rispetto a terreni sabbio-conglomeratici che possono pure presentare salti di pendenza. Forme eversive di versante sono state rilevate di modesta entità e vastità soprattutto sui versanti occidentali impostati sulle Argille di Montesecco.

Il territorio è inciso, come detto, da due assi fluviali principali ad andamento SW-NE e sub-parallelo tra loco: il Fiume Saccione a Ovest ed il Fortore a Est; l'abitato sorge proprio sullo spartiacque tra questi due bacini imbriferi. I loro affluenti sono di carattere tipicamente stagionale con portate che si riducono molto nella stagione secca fino ad annullarsi quasi completamente. Il pattern è di tipo dendritico per i terreni argillosi mentre assume forme di parallelo per i settori sabbio-conglomeratici ed infine una conformazione a meandri nel fondovalle soprattutto del Fortore.

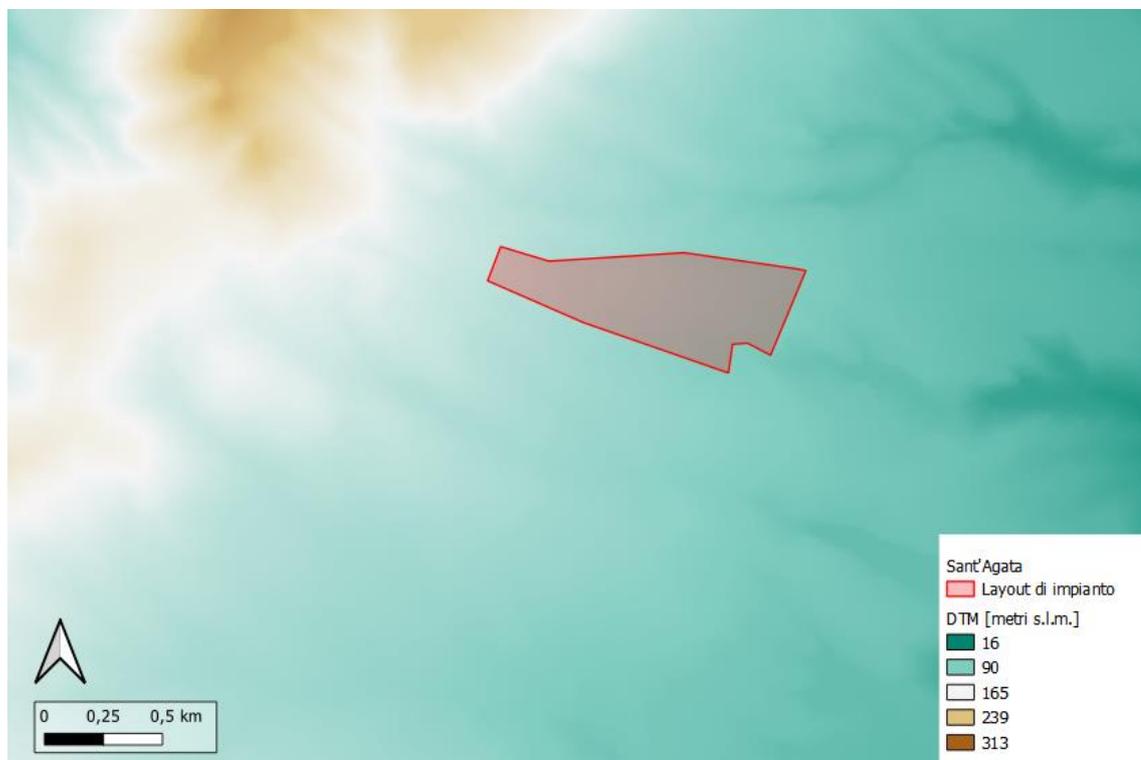


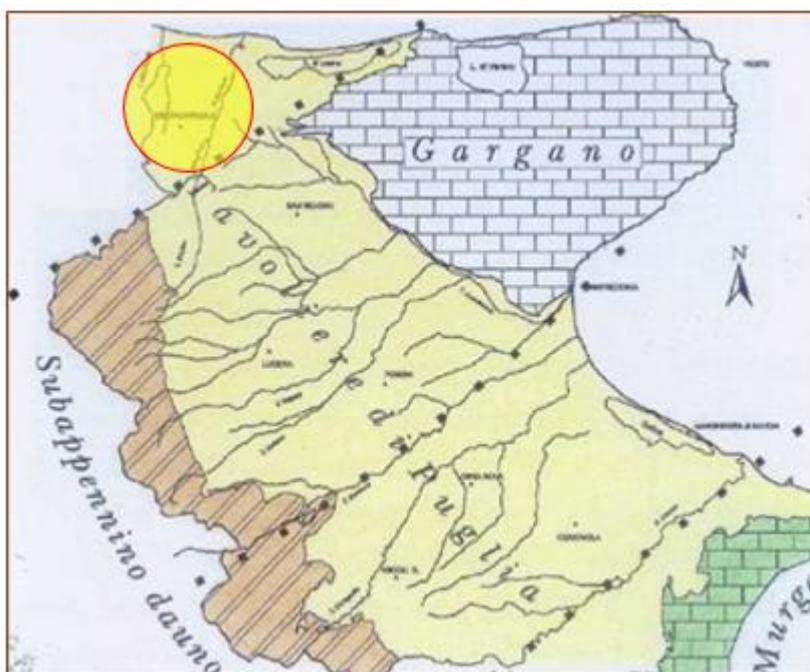
Figura 3.8: Andamento altimetrico [elevazione metri s.l.m.] secondo il DTM Puglia. in rosso l'area di progetto.

### 3.3.2 Lineamenti geologici

La situazione geomorfologica, stratigrafico-strutturale, idrogeologica e tettonica dei terreni presenti nell'area è stata ricostruita partendo dai dati contenuti nel foglio 155 "San Severo" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000 redatta dal Servizio Geologico di Stato, (1967). Al momento non si dispone ancora del rilievo in scala 1:50000 (Progetto CARG), pertanto si è fatto riferimento a diverse pubblicazioni, strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica vigenti, unitamente ai dati del sottosuolo derivanti da indagini pregresse e da specifici sopralluoghi in campagna.

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. Trattasi di un esteso bassopiano morfologico cui si fa corrispondere la colmata del "bacino" e l'area di raccordo tra la prosecuzione verso sud della stessa colmata (Fossa Bradanica) e quella verso nord (Fossa Adriatica). L'intera area è ricoperta 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 dell'argilla si rinviene in generale un deposito clastico sabbioso-ghiaioso cui fa da basamento impermeabile il complesso delle argille azzurre pliocenico-calabriere che costituisce il ciclo sedimentario più recente delle argille subappennine. Queste, che sono trasgressive sulle argille azzurre infra medio-plioceniche (ciclo più antico), costituiscono i principali affioramenti argillosi.

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. Al di sopra di tali depositi argillosi, plio-pleistocenici, sono presenti depositi marini ed alluvioni terrazzate del 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. L'area non presenta segni di dissesto in atto o potenziali.



*Figura 3.9: I distretti morfoambientali legati alla diversa struttura e costituzione litologica del sottosuolo.*

### 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.

Questi depositi alluvionali, che nel foglio n° 408 "Foggia" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Servizio Geologico d'Italia e Progetto CARG) vengono attribuiti al "Sintema di Foggia", sono datati al Pleistocene superiore ed hanno uno spessore che varia da 10 -15 m a 40 m circa. Tale spessore è legato all'andamento del substrato sul quale si sono depositi ed all'azione erosiva superficiale.

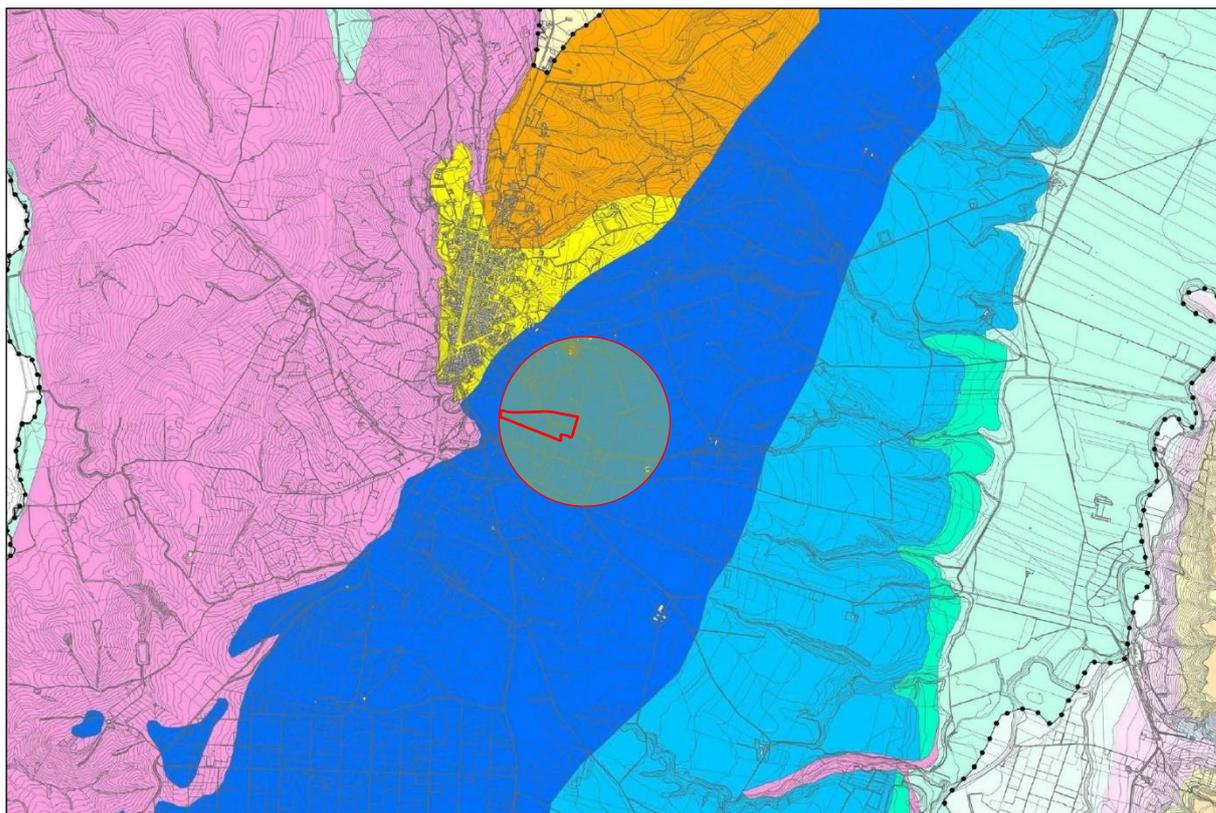


Figura 3.10: Estratto della Carta Geologica Piano regolatore Generale Comune di Serracapriola.

Come già descritto, 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.

In ambito sufficientemente ampio, circoscritto al territorio in esame, la Carta Geologica d'Italia<sup>1</sup> evidenzia una potente successione terrigena di avanfossa, sormontata tettonicamente da lembi dell'Unità tettonica della Daunia. Questi ultimi sono a loro volta coperti da una successione terrigena di avanfossa di età più recente (Pliocene superiore – Pleistocene inferiore), che viene comunemente indicata come ciclo della Fossa Bradanica.

Nello specifico si rilevano depositi ascrivibili alla formazione delle *Coperture fluvio-lacustri dei pianli e del I ordine di terrazzi (Pleistocene Medio – Olocene)*. Si tratta di ghiaie più o meno cementate, livelli informi

<sup>1</sup> Foglio 155 "San Severo" scala 1:100.000.

travertinosi con impronte di piante e gasteropodi, argille sabbiose, sabbie, calcari pulvirulenti bianchi ricoperti in genere da terre nere ad alto tenore humico.

La Figura 3.11 presenta uno stralcio della Carta idrogeomorfologica della Regione Puglia dove si mostra a scala di progetto la tipologia dei depositi e note di dettaglio in merito all'idrografia e alla morfologia.

La tipologia di depositi riconoscibili nell'area di interesse sono i depositi a componente ruditica (ciottoli, granuli, massi con diametro > 2 mm).

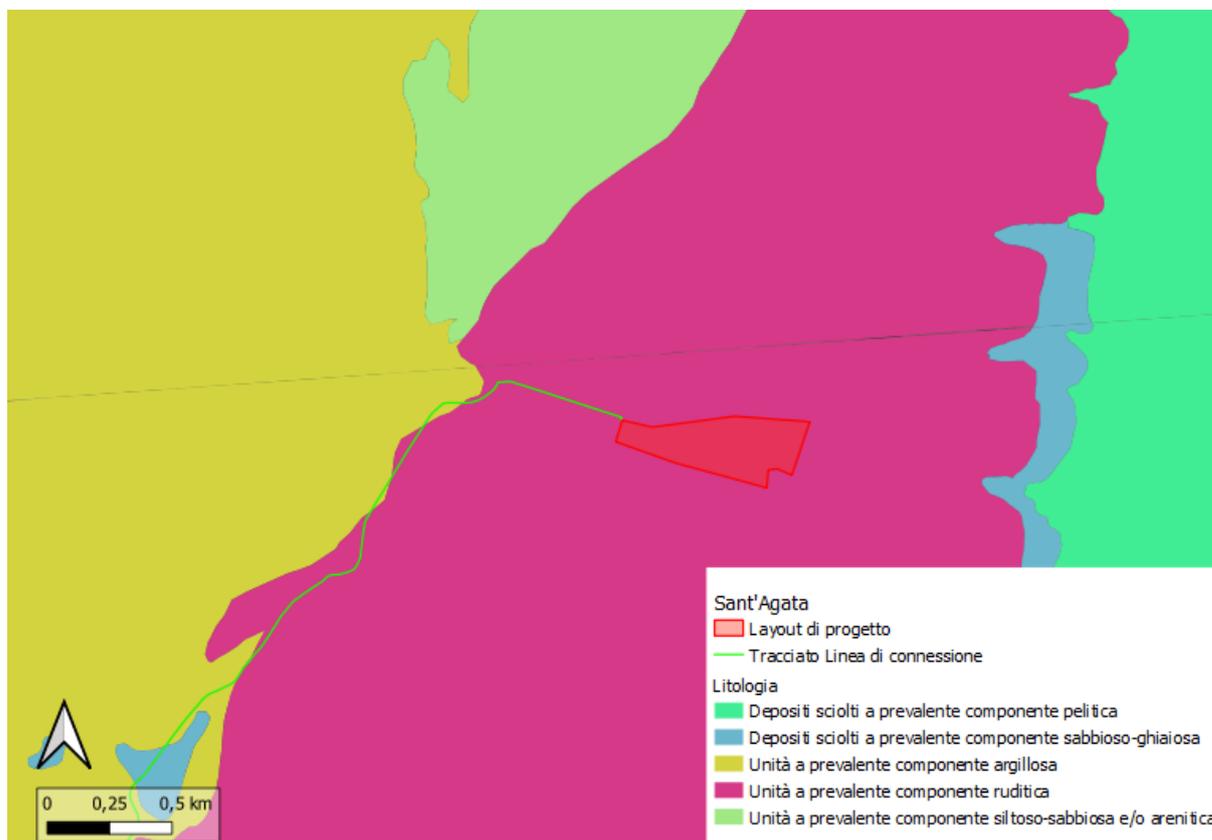


Figura 3.11: Stralcio carta idrogeomorfologica (litologia) della Regione Puglia.

Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione dedicata "2748\_4871\_SA\_VIA\_R05\_Rev0\_Relazione geologica e geotecnica".

### 3.3.4 Inquadramento idrogeologico

La mappa delle isoipse, disponibile dalla Carta Tecnica 1:5000 Regione Puglia, rileva un andamento altimetrico decrescente da N-O, nei pressi del centro urbano di Serracapriola, a S-E. A partire dal centro abitato, le quote decrescono a raggiera.

I gradienti massimi si riscontrano a nord-ovest, nelle quote più alte, mentre nell'area di progetto le pendenze sono più deboli, con gradiente altimetrico medio di 0.03 m/m. La direzione di flusso prevalente in quest'area è dunque N-O verso S-E.

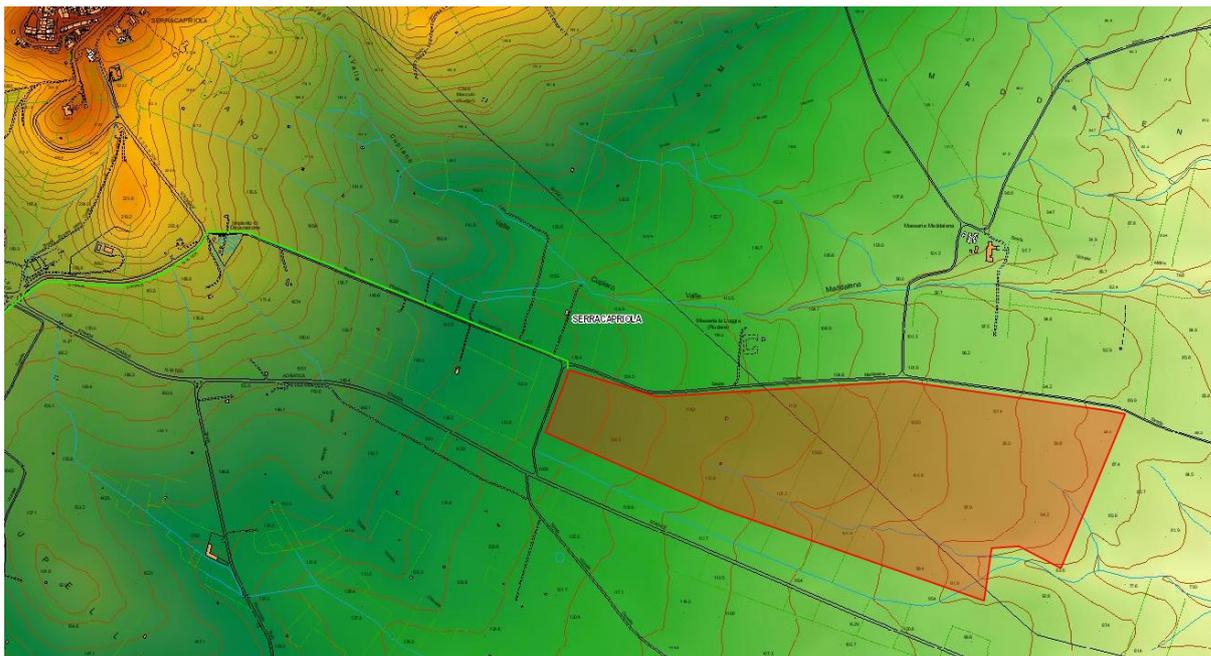


Figura 3.12: Isopieze rispetto all'area di progetto (in rosso) secondo la CTR 1:5000 Puglia.

Nell'area di studio il livello freaticometrico è posto ad almeno -30 m da piano campagna con oscillazioni annuali influenzate dalle precipitazioni locali contenute nel metro e dalle caratteristiche locali della stratigrafia.

### 3.4 IDROGRAFIA DEL TERRITORIO

La Puglia, presenta una situazione idrologico ambientale caratterizzata da scarsa disponibilità idrica superficiale avente distribuzione molto differenziata sul territorio. L'ambito territoriale di progetto risulta a carattere torrentizio e come gran parte del resto del territorio pugliese si caratterizza per un esteso sviluppo di solchi erosivi naturali in cui vengono convogliate le acque in occasione di eventi meteorici intensi, a volte compresi in ampie aree endoreiche aventi come recapito finale la falda circolante negli acquiferi carsici profondi.

Nello specifico l'area di interesse rientra nell'Idro-ecoregione 16 "BasilicataTavoliere", unità idrografica 3 "Tavoliere delle Puglie" ed è interessata dai bacini Saccione e Fortore. Tali bacini sono riconosciuti dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale (ADM) e interessano le regioni Molise e Puglia. Le Unità di Gestione (*Unit of Management – UoM*) di tali bacini di rilievo interregionale sono ITI022 e ITI015.



Figura 3.13: Suddivisione del territorio regionale e inquadramento area di progetto.

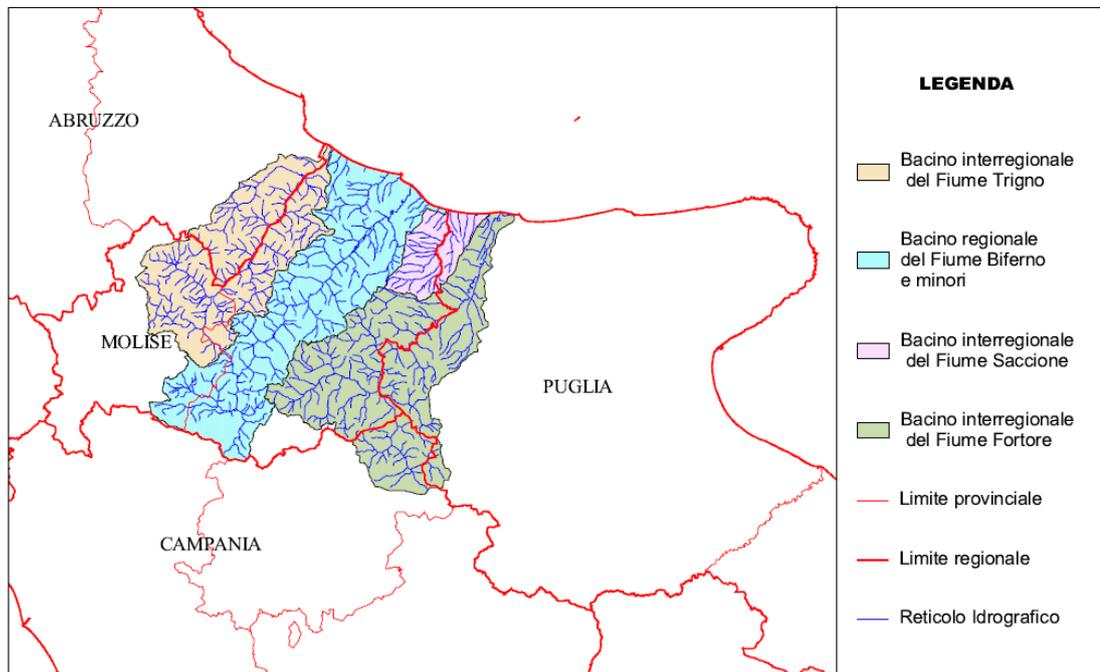


Figura 3.14: Identificazione dei bacini Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore (AdB Appennino Meridionale).

ITI022 - Saccione



Figura 3.15: Caratteristiche fisiografiche, reticolo idrografico e limiti della UoM ITI022 Interregionale Saccione.

L'Unità di Gestione (UoM) del Saccione è costituita da un unico bacino idrografico di circa 263 km<sup>2</sup>. Dal punto di vista idrografico, utilizzando un DEM 20x20, l'UoM ITI022 è composta:

- Pianura: 280 281 375 m<sup>2</sup>
- Collina: 10 045 192 m<sup>2</sup>

Il bacino del fiume Saccione comprende i territori ricadenti nelle seguenti Regioni:

- Molise (202 km<sup>2</sup>) in provincia di Campobasso; territorio attraversato dal fiume Saccione e dai suoi affluenti, di cui i principali indagati per il PGRA, oltre al Saccione, sono: Torrente Sapestra, Torrente Mannara, Fosso Camarelle, Vallone della Lavandaia, Vallone Sassi, Vallone tre Valloni, Canale di Madonna Grande e Canale Orientale Acque Alte.
- Puglia (61 km<sup>2</sup>) in provincia di Foggia; territorio attraversato dal fiume Saccione e dai suoi principali affluenti: Torrente Mannara e Canale Bivento.

Il tratto di costa riferito alla UoM si affaccia sul Mar Adriatico, in provincia di Foggia e Campobasso, comprende la foce del fiume Saccione ricadente nei Comuni di Campomarino e Chieti.

Dal punto di vista idraulico, in relazione alla possibile formazione delle piene si individuano 2 settori:

- il primo è costituito dal Torrente Saccione con i tratti terminali dei suoi affluenti principali;
- il reticolo minuto affluenti del torrente Saccione non rientranti nel punto precedente.

### ITI015 – Fortore



*Figura 3.16: Caratteristiche fisiografiche, reticolo idrografico e limiti della UoM ITI015 Interregionale Fortore.*

L'Unità di Gestione (UoM) è costituita da un unico bacino idrografico di circa 1 616 km<sup>2</sup>.

Dal punto di vista fisiografico, utilizzando un DEM 20x20, l'UoM ITI015 è così composta:

- Pianura: 488 786 878 m<sup>2</sup>;
- Collina: 611 926 601 m<sup>2</sup>;
- Montagna: 516 178 821 m<sup>2</sup>

Il bacino del fiume Fortore comprende i territori ricadenti nelle seguenti Regioni:

- Molise (697 km<sup>2</sup>) in provincia di Campobasso; territorio attraversato dal fiume Fortore e dai suoi affluenti, di cui i principali indagati per il PGRA, oltre al Fortore, sono: Torrente Tappino, Torrente Scarafone, Torrente San Nicola, Torrente Ruviano, Torrente Fiumarello, Torrente Carapelle, Vallone Senape, Torrente Succida, Torrente Chiusano, Torrente il Teverone, Torrente Celone, Torrente Cigno, Vallone Santa Maria, Vallone Covarello e Torrente Tona.
- Campania (247 km<sup>2</sup>) in provincia di Benevento; territorio attraversato dal fiume Fortore e dai suoi principali affluenti: Torrente Zucariello, Torrente Cervaro e Vallone San Pietro tutti indagati nell'ambito del PGRA I ciclo;
- Puglia (673 km<sup>2</sup>) in provincia di Foggia; territorio attraversato dal fiume Fortore e dai suoi principali affluenti: Torrente La Catola, Fiume San Pietro, Torrente Sente e Fiume Staina tutti indagati nell'ambito del PGRA I ciclo.

Il tratto di costa riferito alla UoM si affaccia sul Mar Adriatico, in provincia di Foggia, comprende la foce del fiume Fortore ricadente nei Comuni di Lesina e Serracapriola.

Dal punto di vista idraulico, in relazione alla possibile formazione delle piene si individuano 3 settori:

- il primo è costituito dall'Alto Fortore ossia dal tratto del F. Fortore a monte dell'invaso di Occhito, con i tratti terminali del suo affluente principale T. Tappino;
- il secondo è costituito dal Basso Fortore ossia dal tratto del F. Fortore a valle dell'invaso di Occhito, con il tratto terminale dei suoi affluenti principali T. Tona, T. Sente;

- il terzo è costituito dal reticolo minuto, affluenti del fiume Fortore non rientranti nel primo.

### 3.4.1 Inquadramento idrologico, idraulico e geomorfologico

L'area interessata dal progetto ricade all'interno dei bacini Fortore e Saccione, i cui principali fiumi sono gli omonimi Fortore e Torrente Saccione.

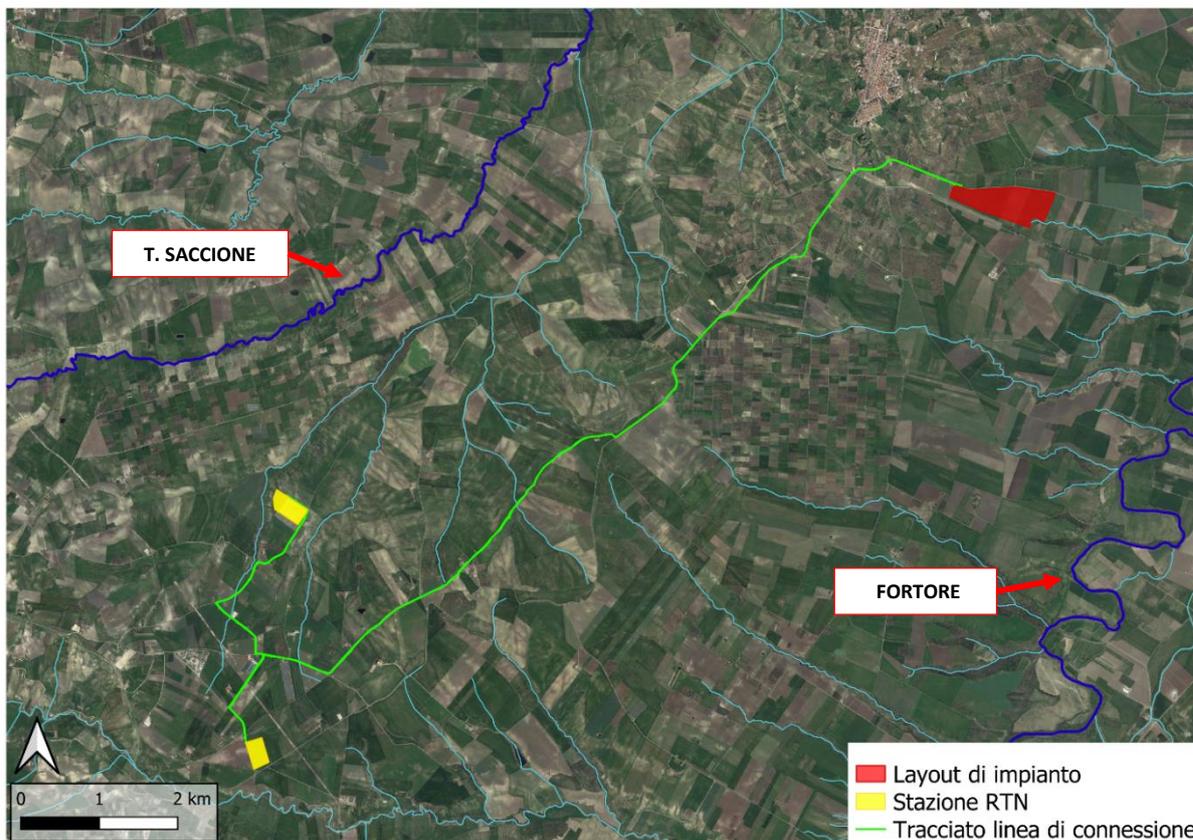


Figura 3.17: Stralcio carta dei corsi d'acqua ricadenti nei bacini Fortore e Saccione. In evidenza l'area di progetto e i fiumi principali.

I corsi d'acqua del Tavoliere meridionale hanno un andamento subparallelo con direzione da Sud-Ovest a Nord-Est e presentano un tracciato irregolare.

I bacini Fortore e Saccione assumono, per alcuni tratti, un andamento a meandri. Le portate medie dei torrenti che solcano il Tavoliere sono assai esigue. Il regime è fortemente irregolare, caratterizzato da magre estive e da piene autunnali-invernali, che in passato hanno dato luogo a rovinose inondazioni.

Il bacino idrografico del torrente Saccione è modesto ed ha una portata molto minore del [Cigno](#), affluente del [Biferno](#). D'estate il suo corso d'acqua diventa poco più che un rigagnolo.

Il Torrente Saccione nasce tra Montelongo e Montorio nei Frenati ed è lungo circa 38 km. Percorre i suoi primi chilometri in territori molisani e sfocia nel mar Adriatico, tra Puglia e Molise, tramite un piccolo bacino artificiale. Il Saccione interessa i comuni di Montelongo, Rotello, San Martino in Pensilis e Campomarino, in Molise e i comuni di Serracapriola e Chieuti in Puglia.



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

I comuni di Serracapriola (FG) e Rotello (CB) appartengono al Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale, le Unità di Gestione (UoM) sono:

- ITI022: Bacino Saccione
- ITI015: Bacino Fortore

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 qualitativa-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 Fiume Fortore e del Torrente Saccione 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 idrografico del Fortore, 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.

### **Classi di Pericolosità idraulica**

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.

Si individuano le seguenti tre classi di aree a diversa pericolosità idraulica:

- 1) per le aree studiate su base idraulica:
  - a) **Aree a pericolosità idraulica alta (P3)**: aree inondabili per tempo di ritorno minore o uguale a 30 anni;
  - b) **Aree a pericolosità idraulica moderata (P2)**: aree inondabili per tempo di ritorno maggiore di 30 e minore o uguale a 200 anni;
  - c) **Aree a pericolosità idraulica bassa (P1)**: aree inondabili per tempo di ritorno maggiore di 200 e minore o uguale a 500 anni.
- 2) per le aree studiate su base geomorfologica:
  - a) Alveo attivo, aree golenali ed alluvioni di fondovalle inserite nella dinamica fluviale di breve periodo;
  - b) Alveo attivo, aree golenali ed alluvioni di fondovalle inserite nella dinamica fluviale di medio periodo;
  - c) Alveo attivo, aree golenali ed alluvioni di fondovalle inserite nella dinamica fluviale di lungo periodo.

Le mappature delle aree a pericolosità idraulica risalgono al 2013, mentre le Norme di Attuazione, disponibili sul sito dell'AdB DAM, sono state adottate con Deliberazione del Comitato Istituzionale N. 99 (per Saccione) e N.102 (per Fortore) del 29 settembre 2006. Per i bacini in analisi non sono disponibili aggiornamenti o s.m.i.

Il cavo di connessione non interferisce coi due Piani Assetto Idrogeologico di Pericolosità idraulica.

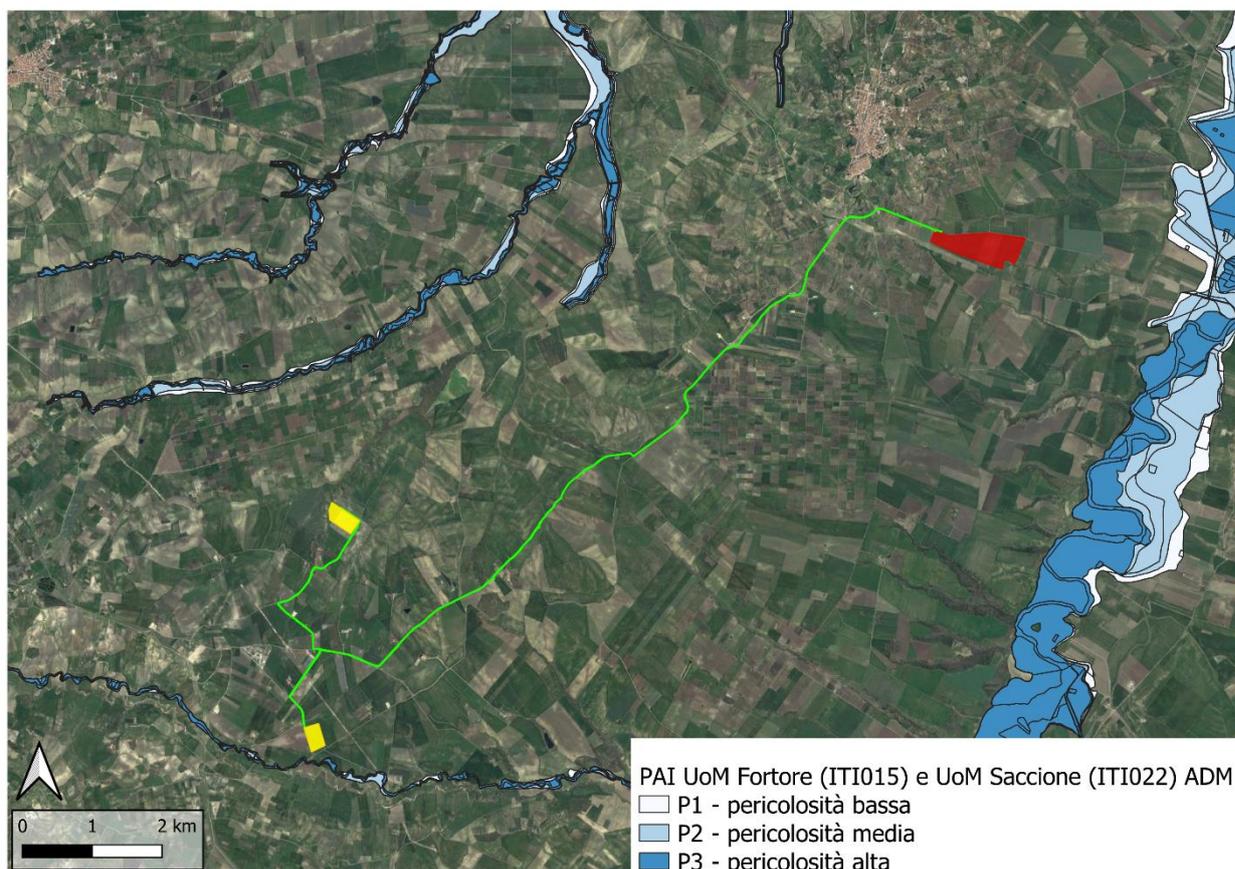


Figura 3.18: Stralcio PAI con inquadramento dell'impianto fotovoltaico (rosso) e della linea di connessione (verde)

### 3.5.2 Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)

Lo strumento vigente sul territorio è il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – I ciclo (PGRA) approvato con Delibera del 3/3/2016 dal Comitato Istituzionale dell'autorità di Bacino del Liri-Garigliano integrato con i componenti designati dalle regioni ricadenti nel distretto.

Secondo quanto indica il PGRA, il territorio dell'unità regionale Puglia/Ofanto coinvolge territori interessati da eventi alluvionali contraddistinti da differenti meccanismi di formazione e propagazione dei deflussi di piena, motivo per cui, al fine di orientare meglio le scelte di piano è stato ulteriormente suddiviso in 6 Ambiti Territoriali Omogenei. San Severo ricade in quello definito "Fiumi Settentrionali", che è così descritto:

"L'ambito dei bacini fluviali con alimentazione appenninica è caratterizzato dalla presenza di reticoli idrografici ben sviluppati con corsi d'acqua che, nella maggior parte dei casi hanno origine dalle zone pedemontane dell'Appennino Dauno. Tali corsi d'acqua sottendono bacini di alimentazione di rilevante estensione, dell'ordine di alcune migliaia di kmq, che comprendono settori altimetrici di territorio che variano da quello montuoso a quello di pianura. Mentre nei tratti montani di questi corsi d'acqua i reticoli denotano un elevato livello di organizzazione gerarchica, nei tratti medio-vallivi le aste principali degli stessi diventano spesso le uniche aree fluviali appartenenti al bacino."



Importanti sono state le numerose opere di sistemazione idraulica e di bonifica che si sono succedute, a volte con effetti contrastanti, nei corsi d'acqua del Tavoliere. Dette opere hanno fatto sì che estesi tratti dei reticoli interessati presentino un elevato grado di artificialità, tanto nei tracciati quanto nella geometria delle sezioni, che in molti casi risultano arginate.

Nelle aree a bassa probabilità idraulica sono consentiti tutti gli interventi e le attività possibili nelle aree ad alta e media 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.)).

Il Piano di Gestione del rischio alluvioni (PGRA) 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 PGRA 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 sul Bollettini Regionali, negli ambiti perimetrati dalle mappe del PGRA e non ricompresi nei P AI, 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.

Il Geoportale Nazionale fornisce le aree allagabili del PGRA dei vari distretti e UoM. Per i bacini Fortore e Saccione, il PGRA 2018 riconosce le aree di pericolosità idraulica del PAI e aggiunge una fascia di rispetto dei 20-40 metri attorno ai corsi idrici principali.

Il cavo di connessione interferisce con il PGRA, nelle aree a pericolosità idraulica media e rischio alluvionale medio. Lo studio di compatibilità idraulica verrà affrontato nel capitolo 5.

Eventuali interferenze presenti con corsi irrigui minori saranno superate mediante TOC (trivellazione orizzontale controllata). Si rimanda al paragrafo 5 per lo studio di compatibilità idraulica dell'impianto fotovoltaico e della linea di connessione.

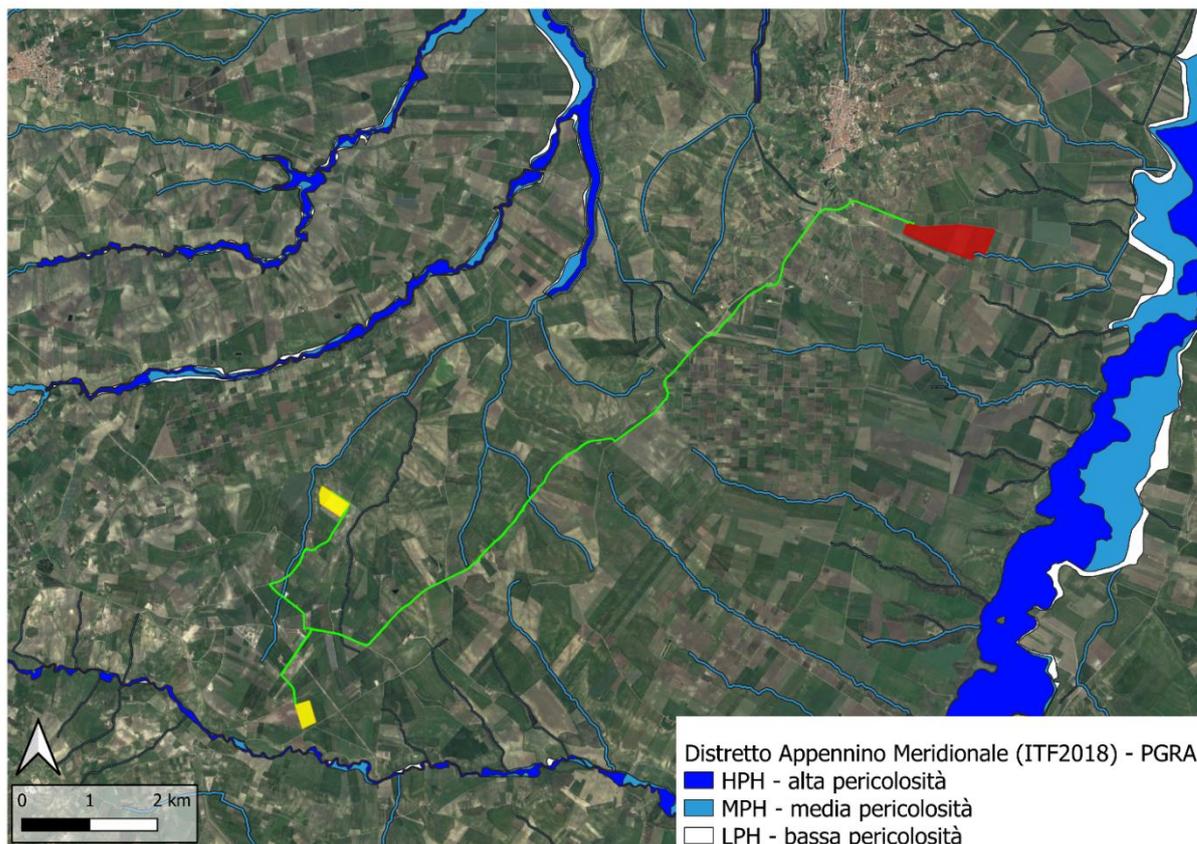


Figura 3.19: Stralcio PGRA con inquadramento dell'impianto fotovoltaico (rosso) e della linea di connessione (verde)

## 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 dei canali idrici presenti all'interno del layout;
- rispetto delle aree archeologiche;
- rispetto del cavo AT;
- scelta preliminare della tipologia impiantistica, ovvero impianto fotovoltaico a terra tipo tracker con tecnologia moduli bifacciali;
- 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 delle leggi 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 202100544 è stata accettata dalla proponente e prevede la connessione dell'impianto in antenna a 36 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN a 380/150 kV di Rotello.

L'impianto fotovoltaico con potenza nominale di picco pari a 25 MW è così costituito da:

- n.1 Cabine di Raccolta 36 kV di connessione. Nella stessa area all'interno della cabina sarà presente il quadro QMT1 contenente i dispositivi generali DG di interfaccia DDI e gli apparati SCADA e telecontrollo;
- n. 5 Power Station (PS). Le Power Station o cabine di campo avranno la duplice funzione di convertire l'energia elettrica da corrente continua a corrente alternata ed elevare la tensione da bassa a 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 dalle String Box che a loro volta raccoglieranno i cavi provenienti dai raggruppamenti delle stringhe dei moduli fotovoltaici collegati in serie;
- i moduli fotovoltaici saranno installati su apposite strutture metalliche di sostegno tipo tracker fondate 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.

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 dalla rete, tutti i carichi di emergenza verranno alimentati da un generatore temporaneo di emergenza, che si ipotizza possa essere rappresentato da un generatore diesel.

Di seguito si riporta la descrizione dei principali componenti d'impianto; per dati di tecnici maggior dettaglio si rimanda all'elaborato di progetto specifico.

#### 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 670 W<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.

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°.

- Altezza min: 0,5 m (rispetto al piano di campagna);
- Altezza max: 4,815 m (rispetto al piano di campagna).

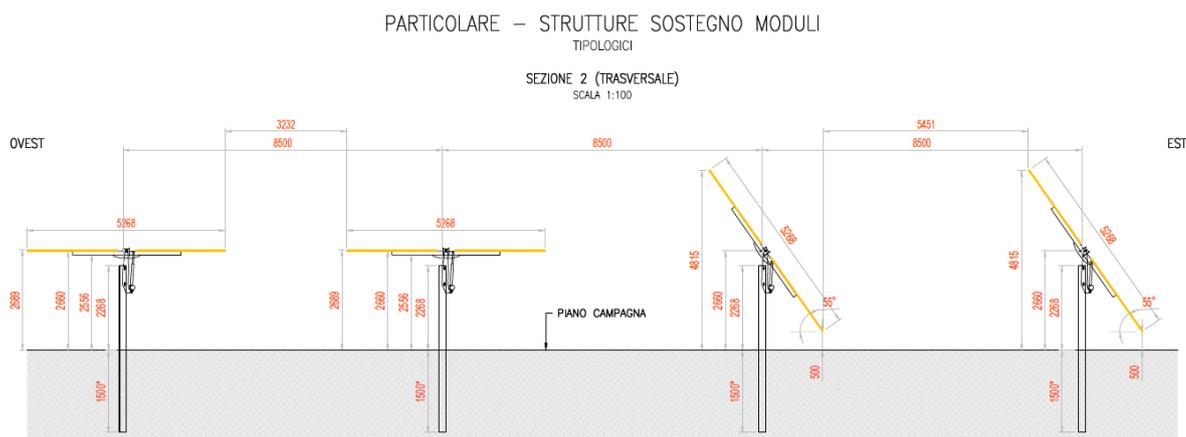


Figura 4.1: Particolare strutture di sostegno moduli, sezione trasversale.

#### 4.1.2 Cabine di campo e di raccolta

Le Power Station (o cabine di campo) hanno la duplice funzione di convertire l'energia elettrica dal campo fotovoltaico da corrente continua (CC) a corrente alternata (CA) e di elevare la tensione da bassa (BT) a 36 Kv.

Le cabine saranno costituite da elementi prefabbricati suddivisi in più scomparti e saranno progettate per garantire la massima robustezza meccanica e durabilità. Le pareti e il tetto saranno tali da garantire impermeabilità all'acqua e il corretto isolamento termico. Il locale avrà le dimensioni indicative riportate in e sarà posato su un basamento in calcestruzzo di adeguate dimensioni.

Per ognuna delle cabine è indicativamente prevista la realizzazione di un impianto di ventilazione naturale che utilizzerà un sistema di griglie posizionate nelle pareti in due differenti livelli e un impianto di condizionamento e/o di ventilazione forzata adeguato allo smaltimento dei carichi termici introdotti nel locale dalle apparecchiature che entrerà in funzione nel periodo di massima temperatura estiva.



All'interno della cabina di smistamento di impianto saranno presenti i quadri necessari per il trasporto dell'energia prodotta nonché per l'alimentazione dei carichi ausiliari dell'impianto.

In questa cabina confluiranno tutti i cavi provenienti dalle diverse cabine di campo (Power Station): dalle cabine di raccolta partiranno le linee di connessione verso la nuova stazione elettrica di trasformazione (SE). Nella stessa area all'interno delle cabine sarà presente il quadro QMT contenente i dispositivi generali DG di interfaccia DDI e gli apparati SCADA e telecontrollo.

#### **4.1.3 Cavi di potenza e di controllo**

La connessione delle apparecchiature dell'impianto fotovoltaico avverrà tramite linee in cavo a diversi livelli di tensione. Tali cavi saranno, posati in canalizzazioni protettive adeguate al tipo di posa o in alternativa direttamente interrati, ad esclusione dei cavi di distribuzione in CC (cavi di collegamento dai moduli FV alle SB) che saranno posizionati all'interno di tubi protettivi fissati all'interno delle strutture metalliche di supporto dei moduli.

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 Rete di drenaggio interna**

Sarà prevista una rete di drenaggio in corrispondenza dei principali solchi di drenaggio naturali esistenti, identificati sulla base della simulazione del modello digitale del terreno.

La sostenibilità e l'attenzione alle acque non riguarda solo la progettazione della rete di drenaggio delle acque meteoriche ma risale a monte integrandosi nello stato di fatto, minimizzando le interferenze con l'idrografia esistente e l'utilizzo delle tradizionali opere dell'ingegneria civile (infrastrutture grigie) a favore delle infrastrutture verdi che mitigano gli impatti biofisici dovuti all'urbanizzazione riducendo il rischio idrogeologico, creando benefici ecosistemici e promuovendo gli obiettivi della politica comunitaria.

La rete di drenaggio sarà costituita da fossi di forma trapezoidale scavati nel terreno naturale e non rivestiti; tutte le opere di regimazione rientreranno nell'ambito dell'Ingegneria naturalistica. Le acque meteoriche ricadenti su ogni settore di progetto, al netto della naturale infiltrazione nel suolo, verranno intercettate dalle canalette drenanti realizzate.

La progettazione della rete dovrà avvenire sulla base dell'individuazione delle principali informazioni morfologiche e idrologiche a scala di bacino, come pendenze e isoipse, delimitazione del bacino idrografico, rete principale e secondaria.

Il dimensionamento della rete di drenaggio avverrà principalmente lungo i solchi naturali; in tal modo non si modifica la rete naturale e si evita che si verifichino interferenze dovute alla costruzione della viabilità, alla disposizione dei tracker e delle altre opere di progetto.

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. Non è prevista l'impermeabilizzazione di alcuna area se non trascurabilmente (cabine di campo). Tutto ciò contribuisce alla riduzione dell'impatto delle opere complessive.

Inoltre, 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 prevede di utilizzare tecniche di progettazione a basso impatto, che prevedono sistemi distribuiti di infiltrazione e laminazione delle acque, in somiglianza alle dinamiche naturali del reticolo di drenaggio.

Il carico idrico sul ricettore viene in questo modo ridotto andando a decentrare i flussi di acqua meteorica in più diramazioni, permettendo l'infiltrazione in punti dislocati, sfruttando i bacini che si rinverdiranno spontaneamente.

Fin dalla fase di cantiere, saranno realizzati i drenaggi di progetto, evitando quindi anche durante la fase di costruzione possibili ostruzioni o modifiche dei drenaggi naturali. La viabilità di cantiere sarà in materiale drenante.

L'attività di preparazione dell'area descritta sarà, in termini idrologici, paragonabile alla preparazione del terreno presemina.

Per un approfondimento in merito alle opere di mitigazione e compensazione previste si rimanda allo Studio di Impatto Ambientale. Tutte queste opere mitigative e compensative concorreranno al miglioramento della copertura del suolo, alla permeabilità dell'area ed alla regimazione delle acque oggi in parte assente.

## 4.2 LINEA DI CONNESSIONE

L'impianto fotovoltaico sarà collegato in antenna a 36 kV alla Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della RTN a 380/150 kV di "Rotello". Per il progetto in questione sono state analizzate due possibili soluzioni di connessione, condivise con TERNA, che deve esprimere il suo parere in merito alla soluzione definitiva.

La prima soluzione prevede che l'impianto sia connesso in antenna a 36 kV alla sezione 36 kV dell'ampliamento della SE 380/150 kV "Rotello" localizzato in prossimità della Sottostazione Elettrica stessa. Tale connessione avverrà tramite cavidotto a 36 kV con una lunghezza di circa 14,66 km.

La seconda soluzione prevede invece che l'impianto sia collegato, tramite circa 13,54 km di cavidotto a 36 kV, in antenna a 36 kV al satellite 36 kV di nuova localizzazione, collegato a sua volta mediante cavidotto 150 kV (di lunghezza pari a 4,56 km) alla SE 380/150 kV "Rotello" esistente.

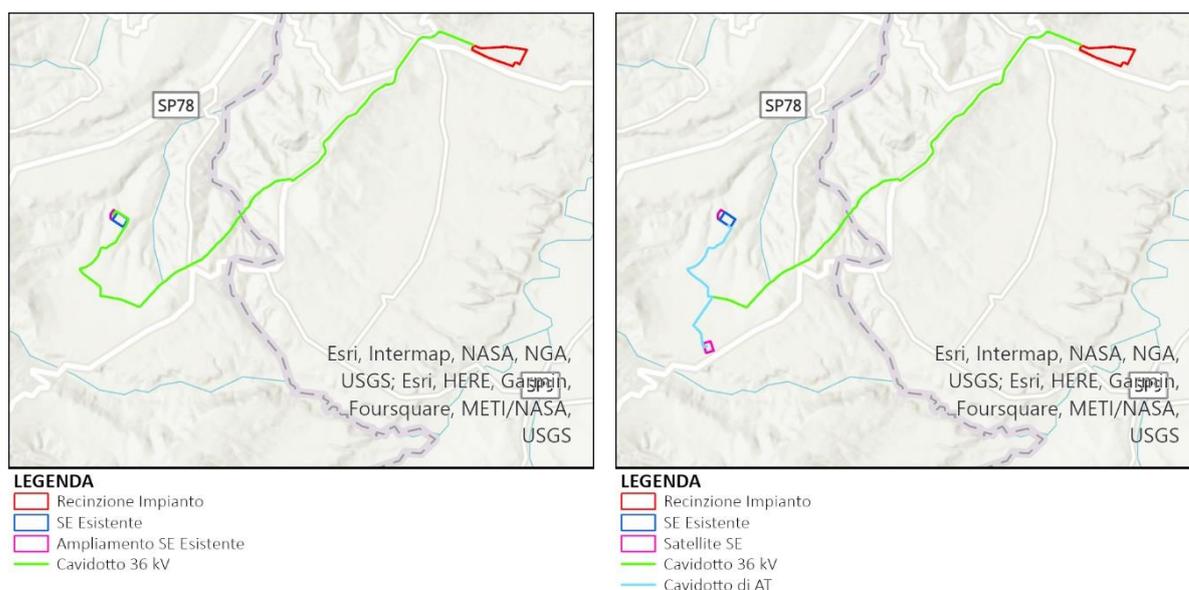


Figura 4.2: Soluzioni di Connessione alla SE 380/150 "Rotello"

## 5. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO, LINEA DI CONNESSIONE, CABINA DI CONSEGNA/COLLEGAMENTO SE RTN

In questo capitolo è presente lo studio di compatibilità idraulica, si individuano i possibili punti/tratti di interferenza tra le opere in progetto e aree a pericolosità idraulica, oltre che l'interferenza con il reticolo idrico.

Per la classificazione delle aree si è fatto riferimento al PAI e PGRA, definendo il grado di pericolosità idraulica. Nella maggior parte dei casi si riscontrano interferenze rispetto al PGRA. In aggiunta, per l'identificazione di canali minori dei bacini Fortore e Saccione è stata consultata la cartografia di base disponibile sul Geoportale Nazionale su scala 1:25.000.

### 5.1 LAYOUT DI PROGETTO

Dalla consultazione della carta dell'IGM, si nota il passaggio del Canale Fontana e suoi piccoli affluenti all'interno del Layout catastale di progetto.

Affinché sia garantita la compatibilità idraulica, attorno ai rigagnoli va imposta una fascia di rispetto di 75 metri, o comunque maggiore dell'area allagabile rispetto ad un evento di piena con tempo di ritorno pari a 200 anni.

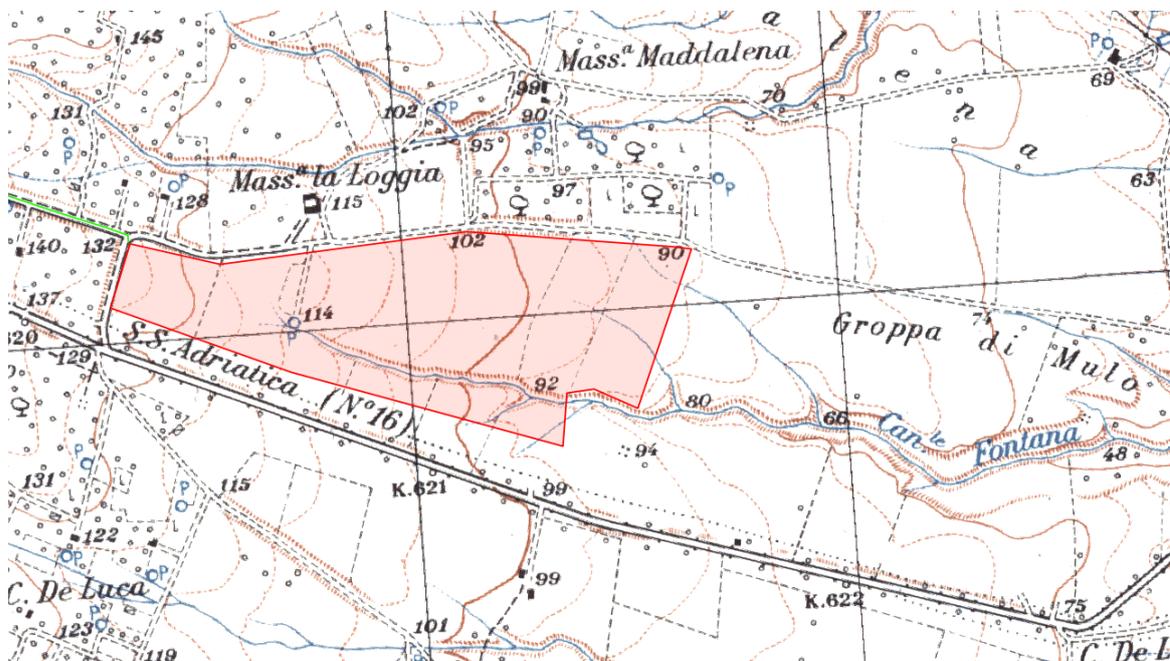


Figura 5.1: Stralcio Carta Istituto Geografico Militare 25.000, con elementi idrici rappresentati in blu. In rosso, l'area di progetto.

Dalla visione delle ortofoto nel periodo 2002-2019, vi sono evidenti segni di erosione e solcature dovute al passaggio dell'elemento idrico. Sebbene il canale nasca e scorra all'interno dell'area di progetto, entro questo confine non vi sono aree a rischio alluvione o di pericolosità idraulica. Tali aree allagabili si svilupperanno oltre alla perimetrazione catastale, ad est.

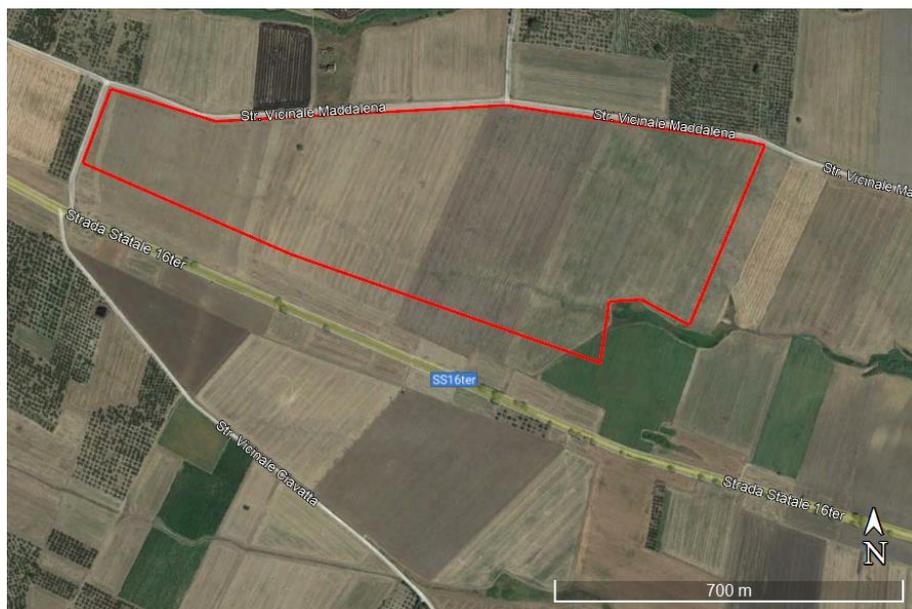


Figura 5.2: Ortofoto nei pressi dell'area di progetto (Google Earth).

### 5.1.1 Canale Fontana

Il Canale Fontana si versa nel Canale Maddalena, ad est, e raggiunge il Fiume Fortore.

In accordo col DTM di Tinality, è stata estratta una sezione esemplificativa dell'alveo del canale nel tratto interno al layout di progetto.

L'estrazione di bacini e rete idrografica è stata condotta mediante algoritmi TauDEM (Terrain Analysis Using Digital Elevation Models – Utah State University) e successivamente rielaborata in ambiente GIS. Idrograficamente, Serracapriola ricade nella zona 1 della Puglia. Le considerazioni idrologiche riguardo tale zona e metodologie di calcolo saranno affrontate nel capitolo 6.3. Dalle formule del progetto VAPI Puglia si ricava la portata critica per un tempo di ritorno di 200 anni e si valuta l'altezza di moto uniforme rispetto a tale portata, assumendo un coefficiente di Strickler di  $24 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ .

$$Q_0 = A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{i} \cdot k_S \rightarrow h_0$$

L'altezza del tirante di moto uniforme risultante è 0.20 metri, e l'area allagabile misura una larghezza complessiva di 23.15 metri, distribuiti abbastanza uniformemente a destra e a sinistra dall'impluvio.

Si ritiene sufficiente imporre **una fascia di rispetto di 20 metri per sponda**, quindi di **40 metri totali**, escludendo la progettazione di pannelli fotovoltaici all'interno di essa, per garantirne la compatibilità idraulica.

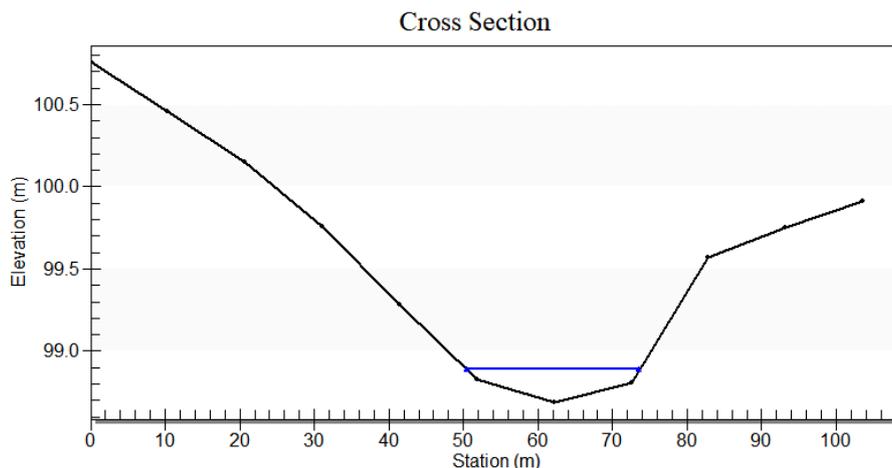


Figura 5.3: Sezione Canale Fontana nel tratto in analisi e tirante di moto uniforme ( $Tr = 200$  anni)

### 5.1.2 Affluenti Canale Fontana

Dalla carta dell'Istituto Geografico Militare 25.000 si notano anche quattro affluenti del Canale Fontana:

- Due nella parte N-E del Layout di impianto;
- Due a monte del Canale Fontana, dalla cui convergenza nasce il primo tratto del Canale, a sud dell'area di impianto.

Utilizzando lo stesso approccio introdotto al paragrafo precedente, si ricavano portata e tirante di moto uniforme e corrispettiva area allagabile con tempo di ritorno 200 anni.

L'altezza del tirante di moto uniforme risultante è 0.20 metri, e l'area allagabile misura una larghezza complessiva di 9.30 metri.

Si ritiene sufficiente imporre una **fascia di rispetto di 10 metri per sponda**, quindi di **20 metri totali**, escludendo la progettazione di pannelli fotovoltaici all'interno di essa, per garantirne la compatibilità idraulica.

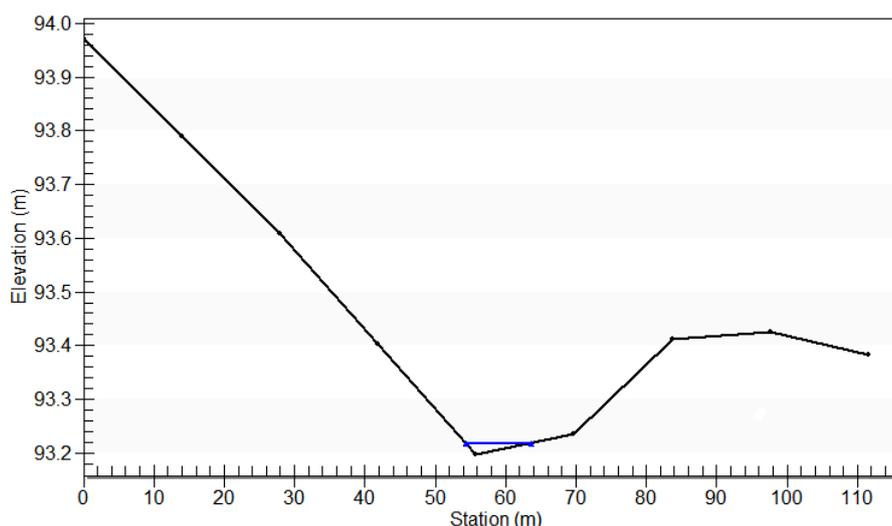


Figura 5.4: Sezione elemento idrico nel tratto in analisi e tirante di moto uniforme ( $Tr = 200$  anni)

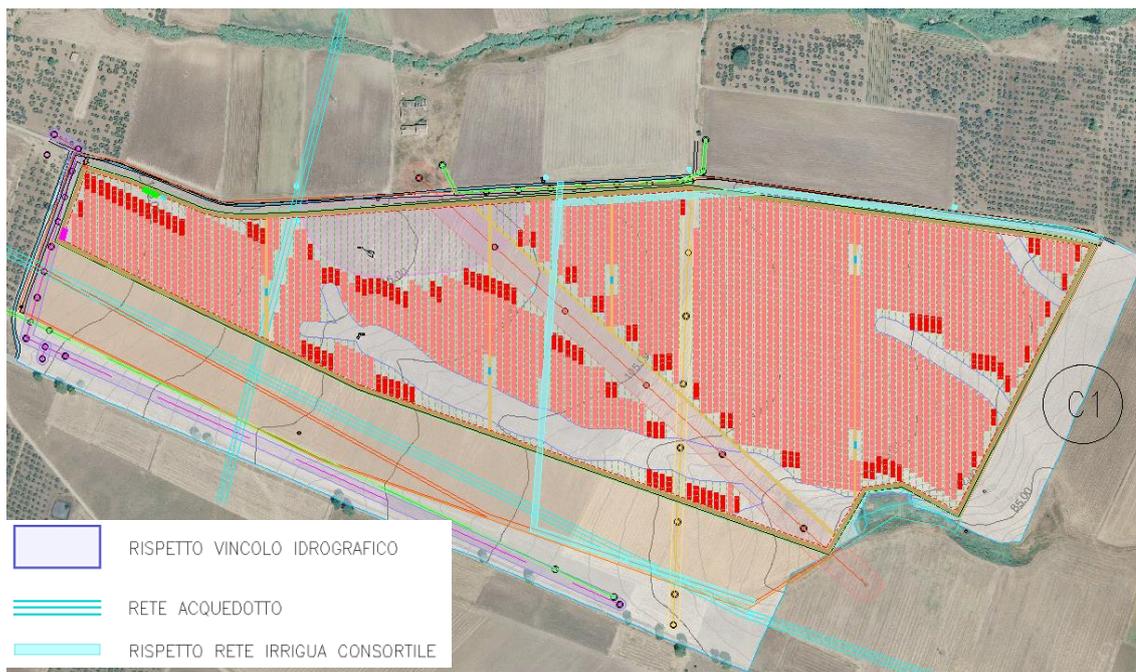


Figura 5.5: Perimetrazione sito, aree interessate dalle fasce di rispetto del vincolo idrografico (in indaco) ed ulteriori elementi idraulici (in celeste).

## 5.2 LINEA DI CONNESSIONE

Per la classificazione delle aree si è fatto riferimento al PAI e PGRA, definendo il grado di pericolosità idraulica. Non essendoci interferenze rispetto al PAI, si analizza solo il PGRA. In aggiunta, è stata consultata la cartografia di base su scala 1:25.000 disponibile su Geoportale Nazionale per l'identificazione di canali minori non segnalati dal reticolo idrografico di scala 1:10.000 dei bacini Fortore e Saccione.

Le soluzioni adottate per le interferenze con la linea di connessione sono di tipo '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.

In tutte le interferenze analizzate si prevede l'adozione della TOC, ma, in accordo col gestore, possono essere prese in considerazione altre tecnologie trenchless minormente invasive.

Il cavo ad alta tensione sarà posizionato ai sensi della normativa vigente. Nel corso della relazione, 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.

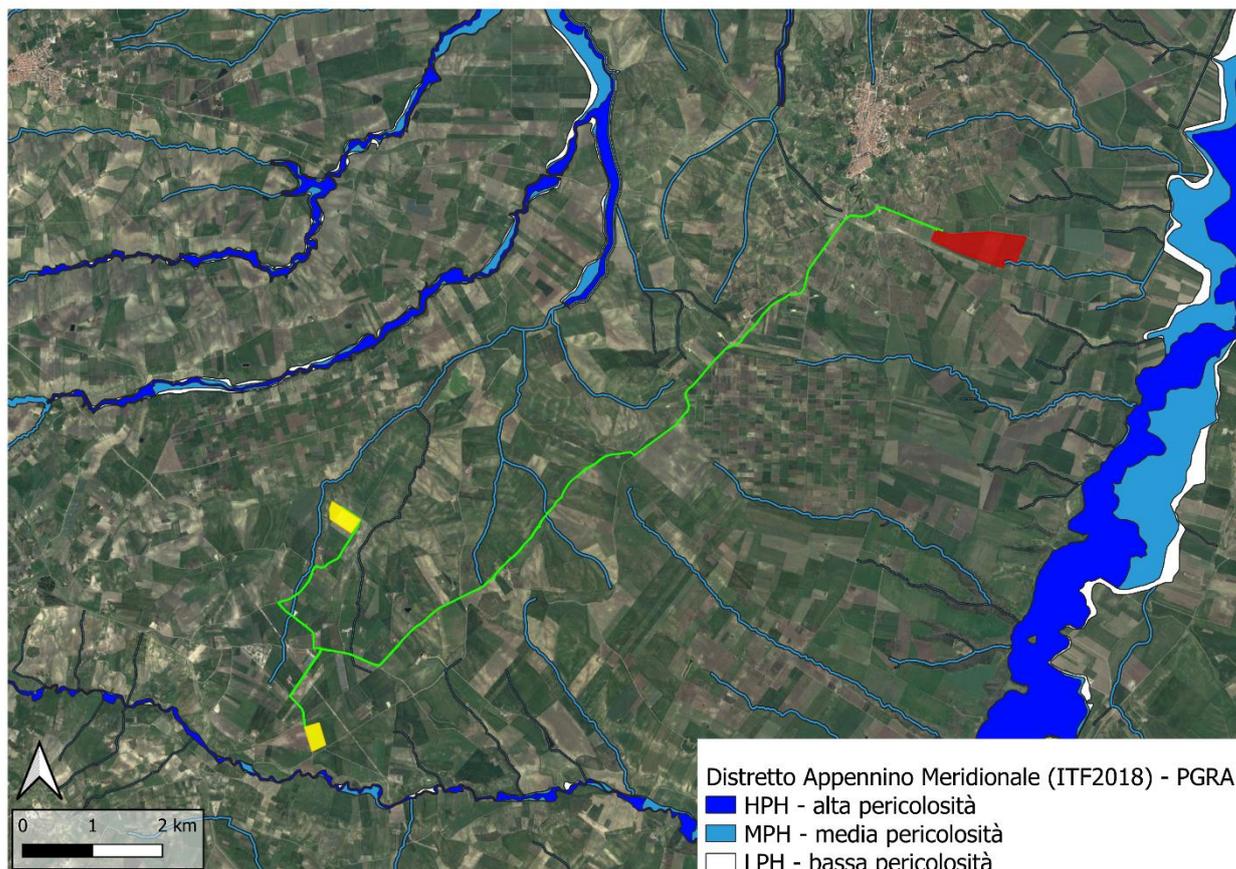


Figura 5.6: Stralcio PGRA e inquadramento linea di connessione

L'area di progetto risulta interessata dalla presenza di corpi idrici, 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 paragrafo 5.1 analizza queste interferenze al fine di valutare la minima estensione della fascia di rispetto da considerare.

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
P01	Torrente Mannara_D	Media	TOC
P02	Elemento idrico (SN_1)	1. Media	2. TOC
P03	Torrente Mannara	Media	TOC
P04	Torrente Mannara	Media	TOC

## 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:

- i. 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.
- ii. Periodicità caratteristica: periodicità e frequenza del flusso (effimero, regolare, flash flood, ecc) e clima (umido, semiarido, arido);
- iii. Classificazione geomorfologica del canale;
- iv. Presenza e tipologia di aree golenali. Grado di confinamento, quindi se il canale è delimitato da argini, infrastrutture;
- v. Materiale di fondo e granulometria tipologica;
- vi. Presenza delle barre e caratteristiche dell'asta (pendenza longitudinale, il rapporto tra larghezza/altezza della sezione di interesse);
- vii. Potenziali ostruzioni;
- viii. Caratteristiche dello stato delle golene e delle sponde;
- ix. Pendenza media delle sponde;
- x. Grado di protezione delle sponde sulla base della copertura vegetale o di opere di ingegneria;
- xi. Valutazione del livello di frastagliamento della sponda;
- xii. Segni di cedimenti delle golene ed eventuali evidenze di trasporto di materiale;
- xiii. Allineamento di eventuali ponti e pile rispetto al flusso.

### 5.3.2 *Analisi quantitativa*

L'analisi quantitativa è stata effettuata in corrispondenza di tutte le interferenze.

L'analisi quantitativa ha seguito 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.

#### *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.

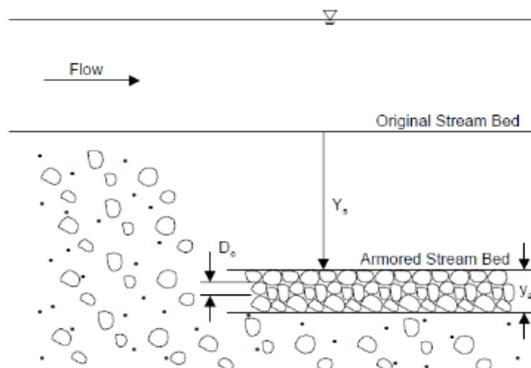


Figura 5.7: Dinamica erosione a lungo termine per corazzamento (fonte FHWA).

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.

### 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.

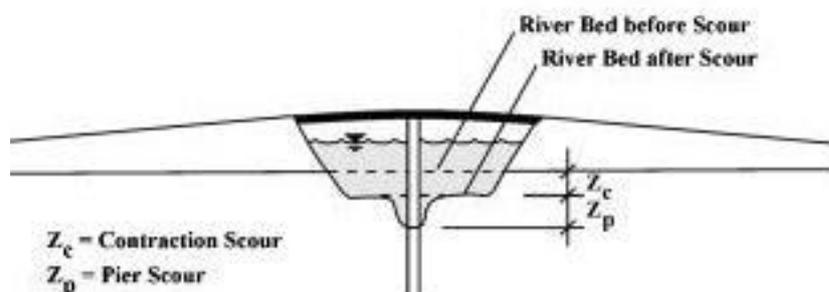


Figura 5.8: Erosioni assunte in corrispondenza di un ponte di attraversamento stradale (fonte FHWA).

### 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.

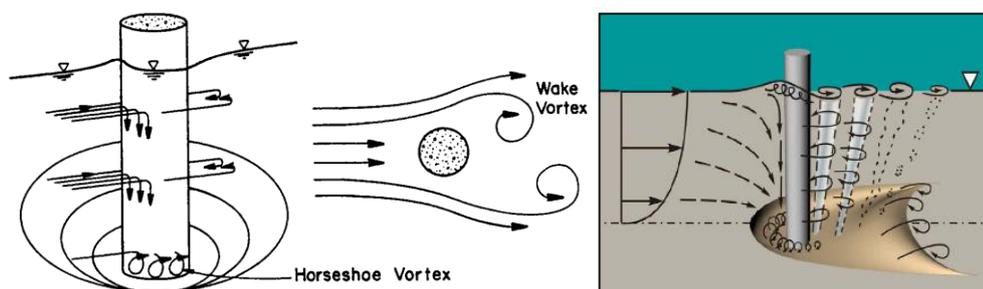


Figura 5.9: Dinamica di erosione in corrispondenza di pile strette (fonte FHWA).

## **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. Trattandosi di interferenze con corsi irrigui notevoli, di media pericolosità idraulica, è necessario l'impiego di TOC per il superamento di tali discontinuità.

Lungo il percorso di connessione alla cabina di trasformazione sono state individuate 4 interferenze con fasce di pericolosità idraulica media, secondo il PGRA 2018 dei bacini di Fortore e Saccione, appartenenti al Distretto dell'Appennino Meridionale (DAM).

### **5.4.1 P01**

#### **Identificazione**

L'interferenza è situata lungo una strada sterrata, al confine tra Molise e Puglia. Si tratta di un'area di pericolosità idraulica media, con fascia allagabile larga 40 metri. Tale fascia interferisce col tracciato del cavo di connessione per circa 60 metri.

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

Tabella 5.2: Riepilogo interferenza P01.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P01	Torrente Mannara D	Media	TOC

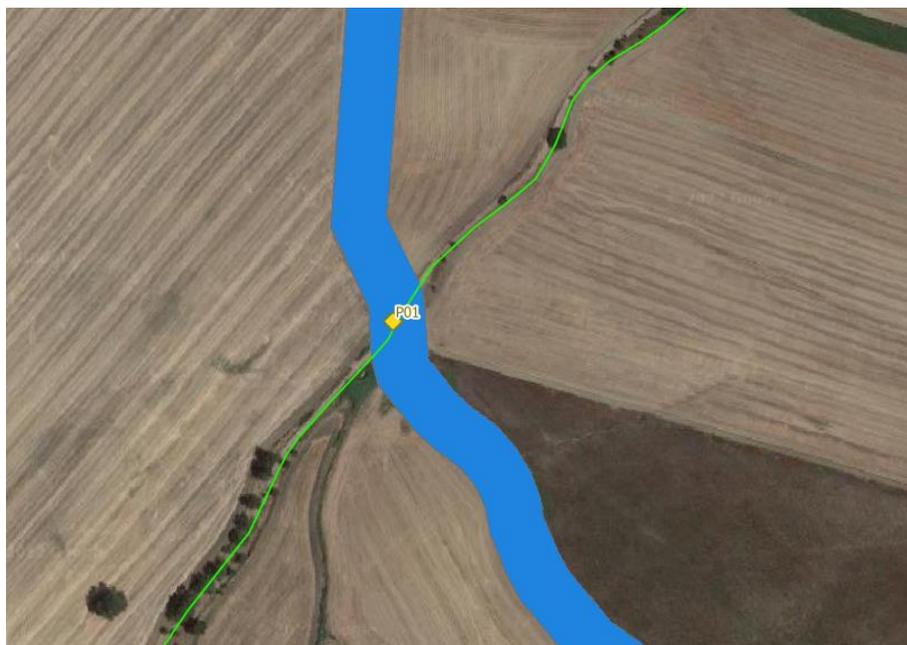


Figura 5.10: Ubicazione interferenza P01, stralcio PGRA – pericolosità media

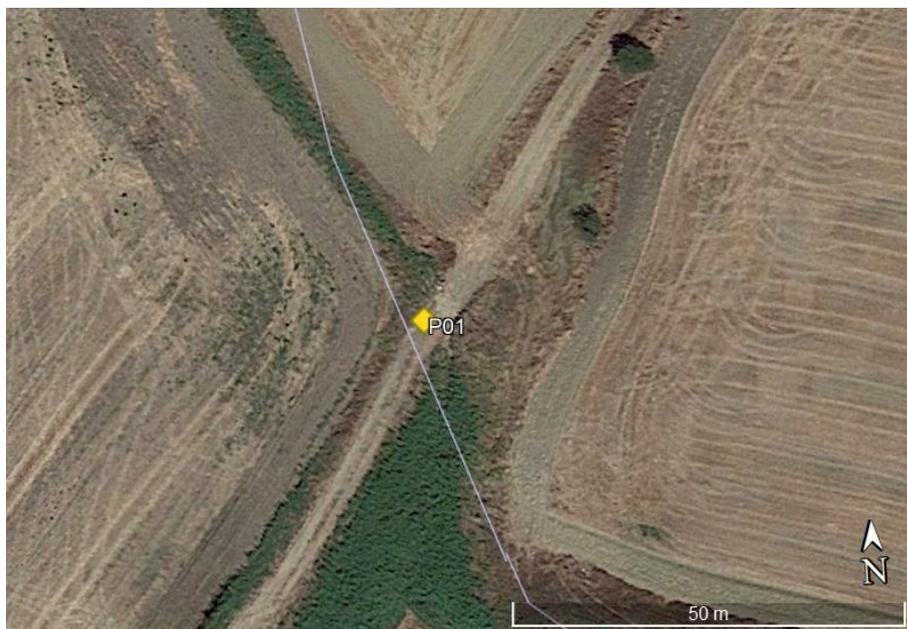


Figura 5.11: Ortofoto interferenza P01. La linea indica il confine Puglia (ovest) e Molise (est).

### Osservazioni

L'area in oggetto è adibita ad attività di tipo prevalentemente agricolo ed è classificata con pericolosità idraulica media secondo quanto riportato dal PGRA. L'interferenza è dovuta alla presenza del Torrente Mannara\_D.

La linea di connessione percorrerà l'intera area al di sotto del manto stradale sterrato.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, non si evidenziano particolari segni di erosione.

### 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 di **52** rientrando così nella categoria "buono". Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

### Verifica di compatibilità idraulica

A causa della pericolosità media in cui ricade il tracciato, la posa del cavo verrà eseguita mediante perforazione **TOC** in P01.

Sulla base dell'analisi quantitativa (HEC 18-FHWA) è stata ottenuta l'erosione totale attesa. La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a **2,5 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.

## 5.4.2 P02

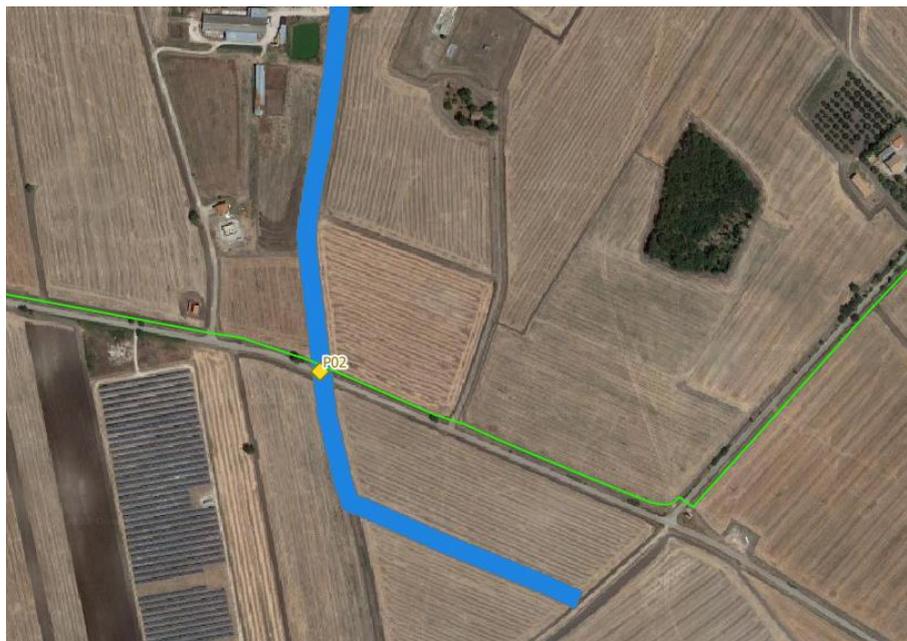
### Identificazione

L'interferenza è situata in territorio molisano, in una strada compresa tra la Via delle Croci e Strada Provinciale 78. In questo punto, il tracciato della linea di connessione interferisce con un elemento idrico del Saccione e ricade in una fascia di **pericolosità media** secondo il PGRA. La fascia allagabile attorno a tale elemento idrico occupa una larghezza di 20 metri e interferisce col cavo di connessione per una lunghezza di 24 metri.

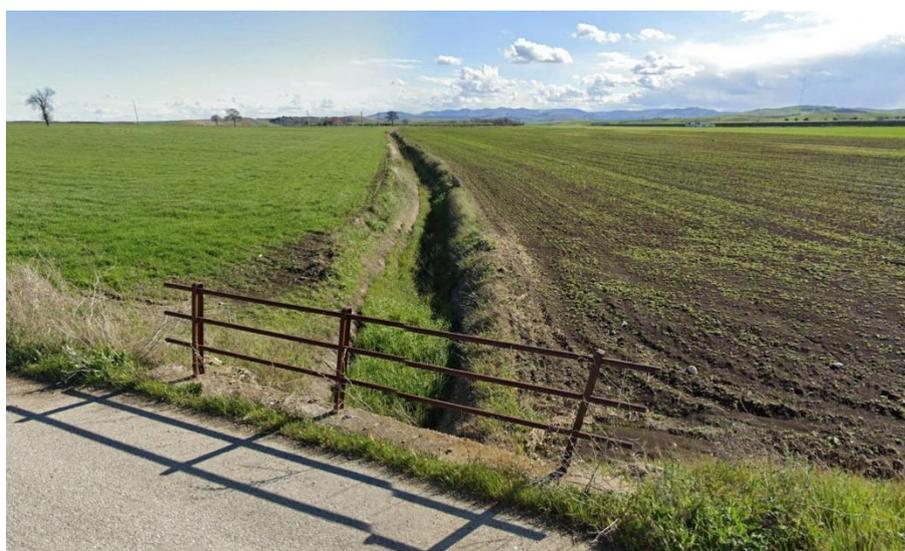
Di seguito uno stralcio del PGRA, con evidenziato il tracciato di connessione.

Tabella 5.3: Riepilogo interferenza P02.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P02	Elemento Idrico	Media	TOC



*Figura 5.12: Ubicazione P02 e stralcio PGRA – pericolosità media*



*Figura 5.13: interferenza P02 (fonte Google Earth)*

### **Osservazioni**

L'interferenza è dovuta ad un rigagnolo, affluente del Saccione, le cui sezioni sono regolari. Il letto e le sponde risultano rinverdite, con presenza di vegetazione erbacea. È presente un ponte al di sotto della strada, con struttura di protezione, tale da garantire continuità allo scorrimento del rigagnolo.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, non si evidenziano particolari segni di erosione.

### **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 di **68** rientrando così nella categoria "buono". Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

### Verifica di compatibilità idraulica

A causa della pericolosità media in cui ricade il tracciato, la posa del cavo verrà eseguita mediante perforazione **TOC** in P02.

Sulla base dell'analisi quantitativa (HEC 18-FHWA) è stata ottenuta l'erosione totale attesa. La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a **2,5 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.

### 5.4.3 P03

#### Identificazione

L'interferenza è situata in una piccola strada del comune di Rotello. In questo punto, il tracciato della linea di connessione interferisce con un elemento idrico del Saccione, ovvero il Torrente Mannara, e ricade in una fascia di **pericolosità media** secondo il PGRA. La fascia allagabile attorno a tale elemento idrico occupa una larghezza di 40 metri.

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

Tabella 5.4: Riepilogo interferenza P03.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P03	Torrente Mannara	Media	TOC

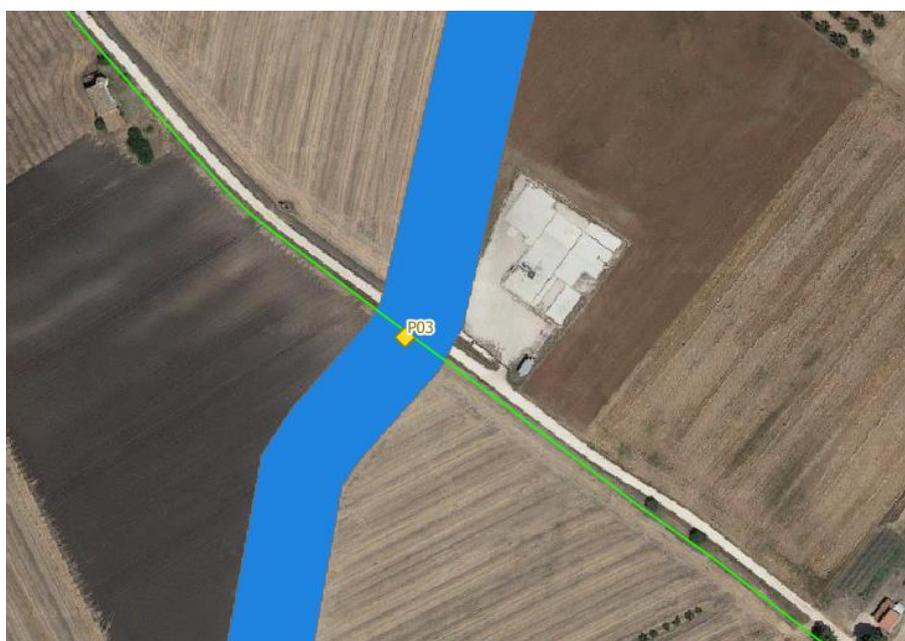


Figura 5.14: Ubicazione interferenza P03 e stralcio PGRA – pericolosità media



Figura 5.15: interferenza P03 (fonte Google Earth)

### **Osservazioni**

L'interferenza è dovuta al torrente Mannara, le cui sezioni sono regolari. 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.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, non si evidenziano particolari segni di erosione.

### **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 di **57** rientrando così nella categoria "buono". Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

### **Verifica di compatibilità idraulica**

A causa della pericolosità media in cui ricade il tracciato, la posa del cavo verrà eseguita mediante perforazione **TOC** in P03.

Sulla base dell'analisi quantitativa (HEC 18-FHWA) è stata ottenuta l'erosione totale attesa. La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a **2,5 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.

## **5.4.4 P04**

### **Identificazione**

L'interferenza è situata nella strada per la Stazione TERNA di Rotello ed è dovuta al medesimo canale di P03, quindi ricade in una fascia di **pericolosità media** del PGRA. La fascia allagabile attorno a tale elemento idrico occupa una larghezza di 40 metri.

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

Tabella 5.5: Riepilogo interferenza P04.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P04	Torrente Mannara	Media	TOC

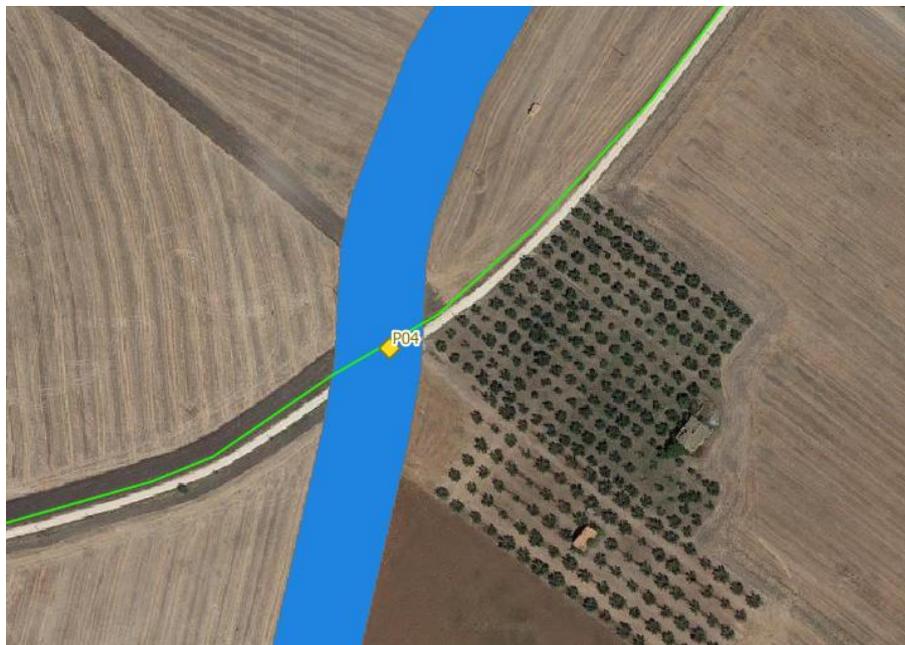


Figura 5.16: Ubicazione interferenza P04 e stralcio PGRA – pericolosità media.



Figura 5.17: interferenza P04 (fonte Google Earth)

### Osservazioni

L'interferenza è dovuta al torrente Mannara, le cui sezioni sono regolari. 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.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, non si evidenziano particolari segni di erosione.



### *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 di **57** rientrando così nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

### *Verifica di compatibilità idraulica*

A causa della pericolosità media in cui ricade il tracciato, la posa del cavo verrà eseguita mediante perforazione **TOC** in P04.

Sulla base dell'analisi quantitativa (HEC 18-FHWA) è stata ottenuta l'erosione totale attesa. La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a **2,5 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.



## 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-idraulico è stato articolato secondo i seguenti punti:

- Identificazione delle aree scolanti e del coefficiente di deflusso ottenuto mediante una media ponderata;
- Determinazione delle Linee Segnaletiche di Possibilità Pluviometriche (LSPP) per tempi di ritorno pari a 2, 5, 10, 30, 50 e 100 anni;
- Costruzione dello ietogramma di progetto avente una durata superiore al tempo di corrivazione del bacino sotteso dall'invaso;
- Stima del processo di infiltrazione e determinazione dello ietogramma netto di progetto;
- Modello di trasformazione afflussi-deflussi - stima delle portate di progetto ante-operam e post operam.

### 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.

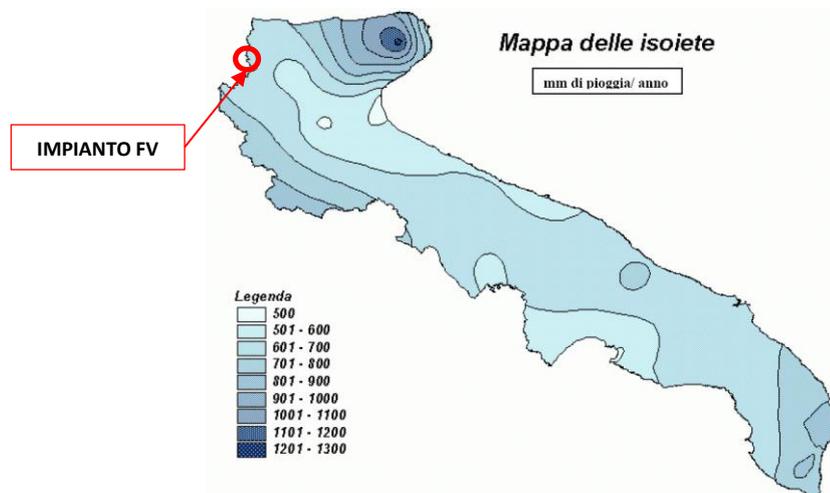


Figura 6.1: Mappa delle isoiete della Regione Puglia.

## 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.

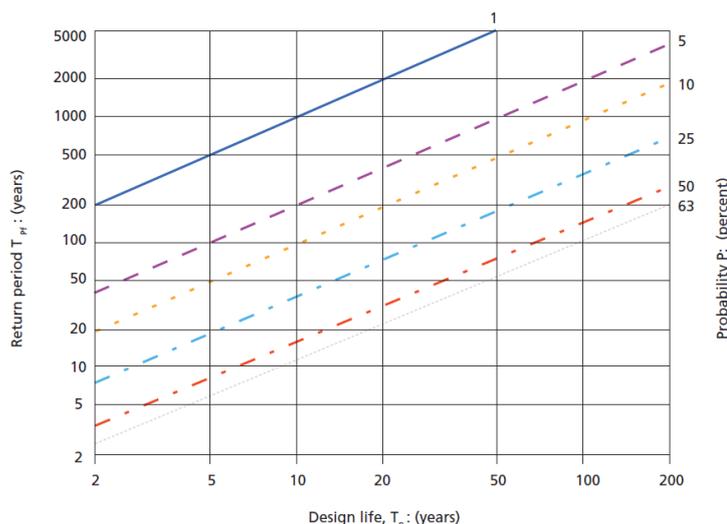


Figura 6.2: Probabilità che un evento con determinate Tempo di ritorno si verifichi in N anni.

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

Per l’applicazione del metodo dell’invaso lineare, impiegato nella stima delle portate meteoriche superficiali è stato necessario determinare 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 (GNDCI) 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.

L’area in cui ricade l’intervento in oggetto è nella sottozona omogenea 1 della Puglia, vedasi Figura 6.3, da cui risulta la seguente equazione determinante la CPP:

$$h(t, z) = 28,66 T_c^{(0,000503 \cdot z + \frac{0,720}{3,178})} \quad (2)$$

Dove:

$h(t,z)$  = Altezza della pioggia (mm) per fissata durata  $t$  e quota  $z$ ;

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

$z$  = quota media dell'impianto di progetto, posta pari a 110 metri s.l.m.



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).

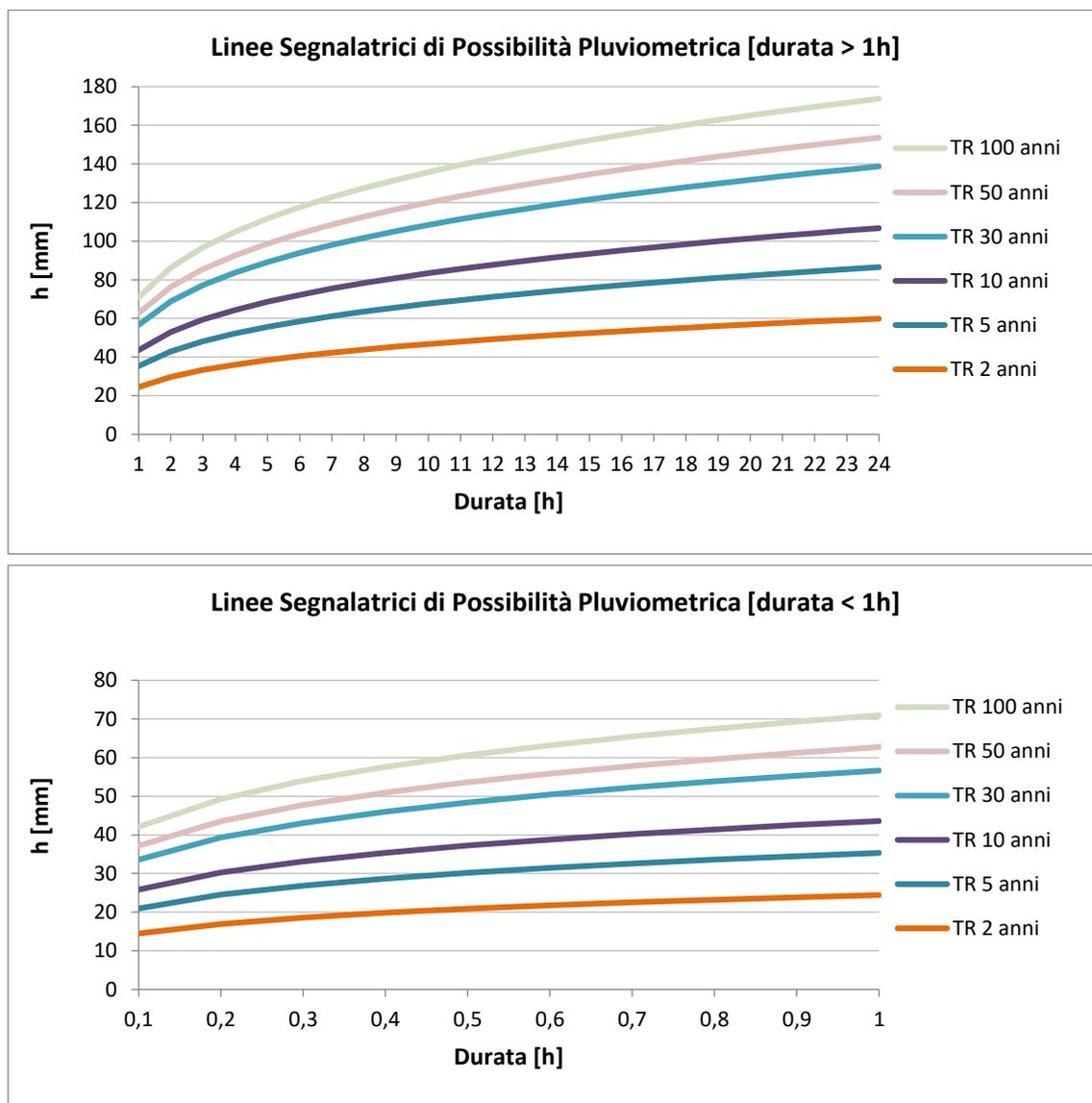


Figura 6.4: Curve di possibilità pluviometrica per eventi di durata > 1h e < 1h.

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 per le 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	21	30	37	48	54	61
1	24	35	44	57	63	71
2	30	43	53	69	76	86
3	33	48	59	77	85	97
4	36	52	64	84	93	105
5	38	56	69	89	99	112
6	40	59	72	94	104	118
7	42	61	75	98	109	123
8	44	63	78	102	113	128
9	45	66	81	105	117	132
10	47	68	83	108	120	136
11	48	69	86	111	123	139
12	49	71	88	114	126	143
13	50	73	90	117	129	146
14	51	74	92	119	132	149
15	52	76	93	122	135	152
16	53	77	95	124	137	155
17	54	79	97	126	139	158
18	55	80	98	128	142	160
19	56	81	100	130	144	163
20	57	82	101	132	146	165
21	58	83	103	134	148	167
22	58	84	104	135	150	170
23	59	86	105	137	152	172
24	60	87	107	139	154	174

#### 6.4 IDENTIFICAZIONE DEI BACINI SCOLANTI DI PROGETTO

Nel presente paragrafo sono state identificate le singole aree scolanti e le principali caratteristiche sulla base del quale calcolare le portate idrologiche di riferimento.

Al fine di non modificare la rete naturale allo stato attuale e definire un sistema di drenaggio interno al sito con il minor impatto è stata eseguita una simulazione del modello digitale del terreno disponibile con lo scopo di identificare le principali informazioni morfologiche e idrologiche a scala di bacino nello stato di fatto (pendenze e isoipse, delimitazione del bacino idrografico, rete principale e secondaria).

Il modello digitale del terreno utilizzato per la modellazione è stato ottenuto mediante rilievo fotogrammetrico di dettaglio come descritto al paragrafo 2.1. La simulazione è stata condotta mediante algoritmi TauDEM (Terrain Analysis Using Digital Elevation Models – Utah State University) e successivamente rielaborata in ambiente GIS.

Le opere in progetto insisteranno sui bacini scolanti identificati nella figura seguente.



*Figura 6.5: Delimitazione bacini scolanti e codifica (verde), reticolo di drenaggio esterno ed interno alle sezioni di progetto (blu e azzurro) e limiti bacini idrografici (rosso).*

I bacini in Figura 6.5 risultano interessati dall’installazione dei pannelli. La Tabella 6.2 seguente riporta i bacini scolanti individuati e relative superfici, evidenziando quelli che presentano aree di alimentazione esterne all’area di progetto. Tale differenziazione viene effettuata al fine di indicare i bacini per cui il dimensionamento delle opere di scolo è stato realizzato sulla base delle aree effettive di alimentazione.

La rete estratta attraverso la simulazione, descritta in precedenza, è stata quindi sovrapposta con le aree di progetto e sulla base dei risultati è stato definito il sistema interno di gestione delle acque meteoriche e i punti di affluenza.

Lo stato di progetto presenterà quindi una rete di drenaggio con percorsi e punti di affluenza ai canali perimetrali compatibili con lo stato di fatto.

La rete interna a tali siti sarà principalmente costituita da canalette in terra a cielo aperto.

*Tabella 6.2: Bacini scolanti distinti in base alle aree di drenaggio interne ed esterne.*

BACINI DI DRENAGGIO INTERNI		BACINI DI DRENAGGIO ESTERNO	
ID Bacino	Area[mq]	ID Bacino	Area[mq]
1	176 427	2	27 150
3	68 145		
4	85 272		

## 6.5 VALUTAZIONE DELLA PIOGGIA EFFICACE (NETTA)

La determinazione della pioggia efficace ovvero della porzione di volume della precipitazione che contribuisce effettivamente alla formazione dell'onda di piena è stata eseguita applicando il "metodo percentuale"  $\phi$ .

Questo metodo ipotizza che le perdite costituiscano una percentuale costante della quantità di pioggia durante l'evento.

Si considera il coefficiente di deflusso  $\phi$ , caratteristico dell'evento nella sua totalità, come rapporto tra il volume di precipitazione netta ( $P_{netta}$ ) ed il volume di precipitazione totale ( $P$ ):

$$\phi = \frac{P_{netta}}{P} \quad (6)$$

Al fine di ottenere lo ietogramma di pioggia netta, la pioggia sintetica "di progetto" viene moltiplicata per il parametro  $\phi$ , ammettendosi così che i fenomeni di infiltrazione e perdita idrica siano costanti durante tutta la durata dell'evento piovoso.

### 6.5.1 Valutazione ante-operam

Le aree allo stato ante-operam non risultano impermeabilizzate e sono prevalentemente coltivate. Come descritto in precedenza, l'area di progetto si sviluppa su aree seminative di tipo semplice, in aree non irrigue.

Il terreno risulta costituito principalmente da sabbie e ghiaie di granulometria maggiore ai 2 mm. Per questo motivo il terreno, secondo il metodo SCS-NC, ricade nella categoria suolo di tipo A. In riferimento a tali considerazioni, il valore del Curve Number è stato assunto pari a 63.

Si assume che il valore di CN possa variare in relazione alle condizioni iniziali di imbibimento all'atto della piena. Lo stato di imbibimento viene espresso, in modo quali-quantitativo, in base ad un indice di pioggia, ovvero la pioggia totale caduta nei cinque giorni che precedono l'evento di piena.

A seconda di tale valore, vengono identificate le tre classi AMC I, II e III, che rappresentano rispettivamente terreno inizialmente asciutto, mediamente imbibito e fortemente imbibito.

Nell'ipotesi di ACM III il CN corrispondente risulta pari a 80.

Nella figura di seguito si riporta il grafico di correlazione CN-SCS/coefficiente di deflusso.

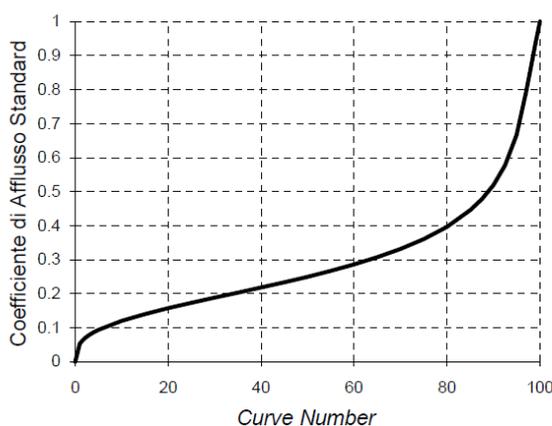


Figura 6.6: Correlazione da letteratura SCS-CN vs. coeff. afflusso/deflusso.

In virtù delle proprietà del terreno esistente, il parametro  $\phi$  ante-operam è stato quindi assunto pari a **0,4**.

### 6.5.2 Valutazione post operam

In merito alle aree prevalentemente permeabili è stato valutato l'impatto dell'installazione di strutture tracker.

L'interasse fra le strutture sarà di circa 8,5 metri. L'altezza in mezzera della struttura sarà di circa 2.66 m (rispetto al piano di campagna). I tracker non avranno una configurazione fissa ma oscilleranno durante le fasi del giorno. Il tracker si posizionerà stabilmente con un tilt prossimo a zero solo in condizioni di messa in sicurezza in occasione di velocità del vento superiore alla soglia limite.

Si ritiene che durante un evento intenso con tempo di ritorno pari a quello di progetto, la capacità di infiltrazione, così come le caratteristiche di permeabilità del terreno, delle aree di intervento non siano modificate dall'installazione delle strutture tracker.

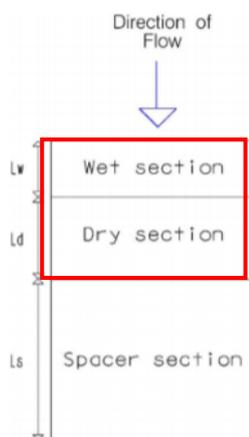
Analogamente si può affermare delle platee di appoggio delle cabine elettriche che avranno un'area trascurabile rispetto all'intera estensione delle aree.

Ciononostante, volendo cautelativamente ipotizzare una perdita di capacità di infiltrazione delle acque meteoriche, si è valutata arealmente l'incidenza e si sono valutati gli impatti in termini di capacità di infiltrazione delle eventuali acque di ruscellamento che si generano su ogni settore di progetto su aree permeabili.

Tale valutazione è stata condotta sulla base di precedenti studi internazionali (rif. "Hydrologic response of solar farm", Cook, Lauren, Richard - 2013 –American Society of Civil Engineers) improntati su un modello concettuale di impatto che simula il modulo idrologico tipo di impianto come costituito da un'area di installazione pannelli ed una di interfila.

L'area di interfila presenta una capacità di infiltrazione non influenzata.

Il modello schematizza l'area interessata dalla struttura come composta al 50% da una sezione "Wet" con capacità di infiltrazione non influenzata e collegata alla precedente area di interfila e una sezione "dry" che si assume a favore di sicurezza come non soggetta ad infiltrazione diretta e quindi con coefficiente di deflusso pari a 1. Lo schema è visibile nella figura seguente.



*Figura 6.7: Modulo tipo, descrivente il modello concettuale idrologico dell'installazione di strutture fotovoltaiche a tracker su pali infissi comprendente l'area pannelli (in rosso) e l'area di interfila (Fonte: Hydrologic response of solar farm Cook 2013 American Society of Civil Engineers).*

Come descritto la proiezione del tracker a terra non risulterà fissa in quanto la struttura varierà il tilt durante le fasi della giornata. Volendo comunque assumere la condizione più sfavorevole di evento intenso di progetto in occasione di tilt della struttura pari a zero si ottiene un'area dry pari al 50% dell'area utile di installazione pannelli.

Nel calcolo della pioggia netta è stato quindi calcolato il coefficiente di deflusso medio ponderale sulla base delle precedenti assunzioni.

Tabella 6.3: Aree scolanti e caratteristiche di infiltrazione negli scenari ante-operam/post-operam.

STATO DI FATTO	AREA [ha]	AREA MODULI [ha]	PERCENTUALE MODULI SU AREA NETTA INSTALLAZIONE PANNELLI	AREA DRY STIMATA DURANTE TILT PARI A 0° [ha]	PERCENTUALE AREA AVENTE EFFETTO POTENZIALMENTE DRY	COEFF. DEFLUSSO ANTE-OPERAM ASSUNTO	COEFF. DEFLUSSO POST-OPERAM STIMATO
Prevalentemente permeabile con antropizzazioni	35,70	11,59	0,32	5,80	0,16	0,40	0,50

Sulla base dei coefficienti di deflusso stimati sono state calcolate le portate al colmo durante l'evento intenso di progetto negli scenari ante-operam e post-operam, valutando inoltre la capacità idraulica dei canali esistenti e in progetto. L'impermeabilità del sito, post operam, aumenta del 24%.

## 6.6 MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI/DEFLUSSI – STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO ANTE-OPERAM E POST-OPERAM

Per calcolare le portate di scolo dai bacini imbriferi costituiti dai singoli settori in cui è prevista la posa delle strutture fotovoltaiche, si è determinato per ognuno di essi l'evento critico, cioè l'evento meteorico che produce la massima portata al colmo (portata critica). A tal fine si è adottato il modello cinematico (o della corrivazione).

Ipotizzando che la precipitazione sia a intensità costante e che la curva tempi aree del bacino sia lineare, la durata critica coincide con il tempo di corrivazione del bacino e la portata critica (portata di progetto) è data dall'espressione:

$$Q_p = \phi \cdot \frac{i(T_0, t_c) \cdot A}{360} \quad (7)$$

Dove:

$Q_p$  = portata critica (netta) [m<sup>3</sup>/s];

$\phi$  = coefficiente di deflusso, mediante il quale si tiene conto delle perdite per infiltrazione e detenzione superficiale [adimensionale];

$i(T_0, t_c)$  = intensità media della precipitazione di durata pari al tempo di corrivazione del bacino ( $t_c$  - min) ed avente un tempo di ritorno (T - anni) [mm/h];

A = superficie del bacino [ha].

Il valore del tempo di corrivazione è stato calcolato come somma del tempo di entrata in rete più il tempo di rete. I bacini scolanti sono riportati nella figura seguente.



Figura 6.8: Delimitazione recinzione di impianto (verde), rete di drenaggio naturale interna (blu e azzurro) e spartiacque (rosso).

Come mostrato in Tabella 6.4, lo stato post-operam mostra un incremento dei picchi di deflusso pari a direttamente proporzionale all'incremento del **24%** del coefficiente di deflusso nello scenario più critico di terreno saturo e posizione dei tracker orizzontale.

Dal confronto ante-operam/post operam emerge che l'aumento delle portate al colmo sarà compatibile con la rete di drenaggio esistente e con le portate attualmente scolanti. Questo effetto è ottenuto inserendo le vasche di infiltrazione e laminazione, che mitigano i picchi di deflusso.

Tabella 6.4: Determinazione delle portate di progetto nello scenario ante- e post- operam.

BACINO	1	2	3	4
S [ha]	17,64	2,72	6,81	8,53
L <sub>asta</sub> [m]	984	453	755	625
t <sub>c</sub> [h]	0,46	0,34	0,40	0,37
Kt [-]	1,98	1,98	1,98	1,98
h(60) [mm]	44	44	44	44



h(t) [mm]	37	34	36	35
Intensità [mm/h]	80	101	89	94
Coeff. deflusso ante-operam	0,40	0,40	0,40	0,40
Coeff. deflusso post-operam	0,50	0,50	0,50	0,50
Portata al colmo ante-operam Qcr [mc/s]	1,42	0,28	0,61	0,81
Portata al colmo post-operam Qcr [mc/s]	1,77	0,35	0,75	1,01

## 7. VERIFICHE E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI

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 sono utilizzate 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 [ $m^3/s$ ];
- $A$ : area della sezione bagnata [ $m^2$ ];
- $R$ : raggio idraulico [ $m$ ] (rapporto tra  $A$  e il corrispondente perimetro bagnato della sezione);
- $i$ : pendenza dell'alveo [ $m/m$ ];
- $n$ : 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.

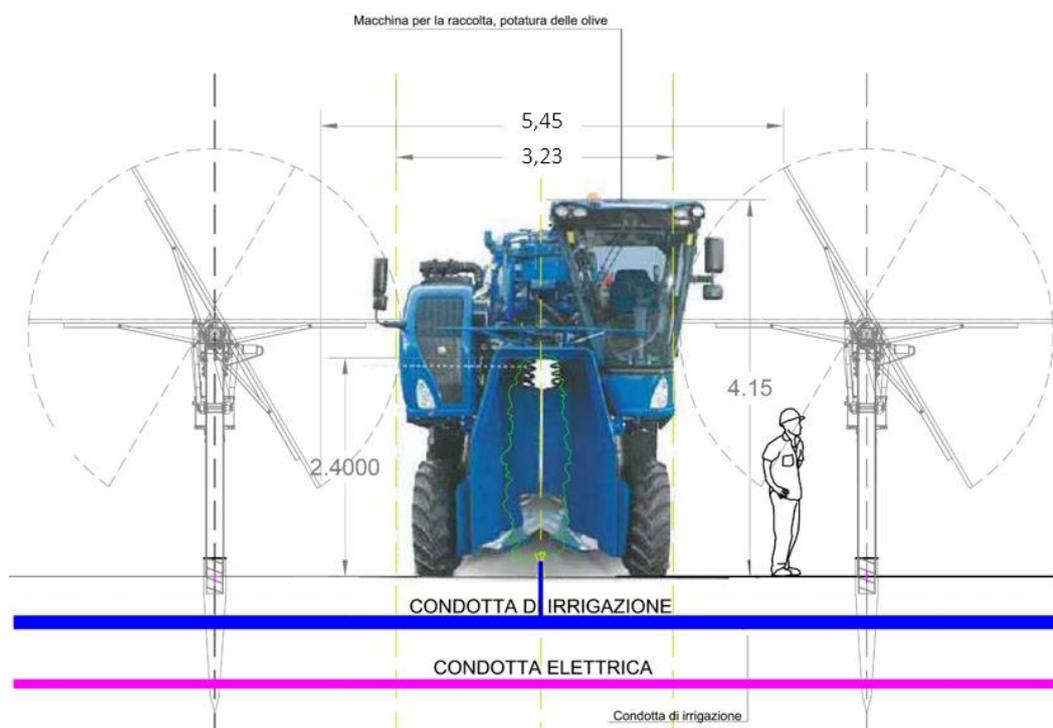


Figura 7.1: Rappresentazione grafica passaggio macchina agricola in un parco agrivoltaico.

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.

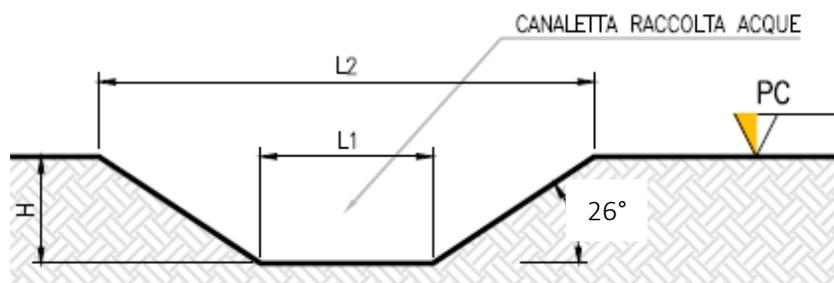


Figura 7.2: Sezione tipologica canaletta di drenaggio realizzata in scavo.

Il progetto ha inoltre previsto la definizione di una via preferenziale per le acque scolanti nell'area catastale.

Tale canale sarà realizzato in scavo con una sezione trapezoidale, scavata nel terreno e rinverdata naturalmente, di larghezza complessiva pari a circa 10 m e una pendenza tale che consenta il passaggio di macchinari agricoli. Il percorso preferenziale sarà intervallato da delle vasche di infiltrazione e laminazione (paragrafo 0) per meglio mitigare gli effetti dell'aumento del picco di deflusso meteorico.

## 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.

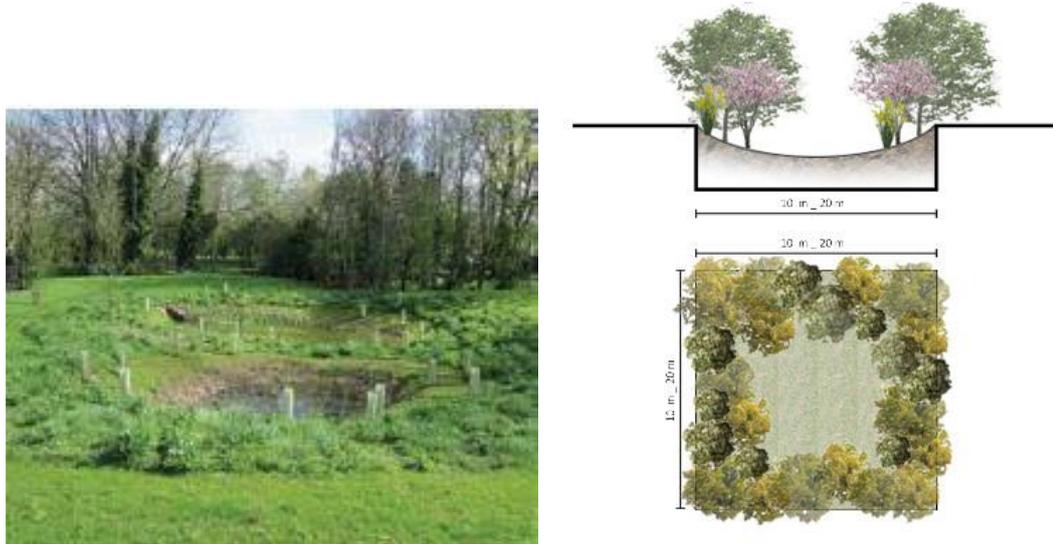


Figura 7.3: Immagini esemplificative di bacini di infiltrazione.

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.

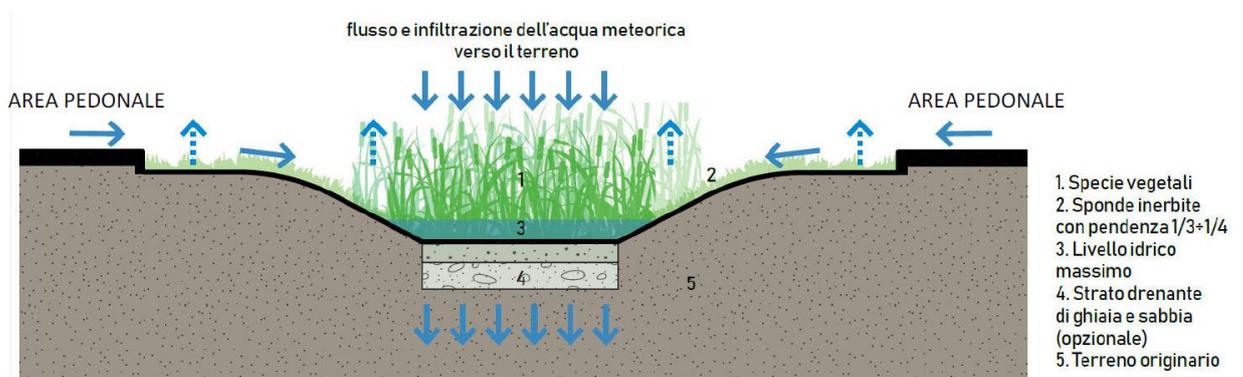


Figura 7.3: Schema tipologico di bacino di bio-ritenzione

## 8. CONCLUSIONE

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

Questo studio ha messo a confronto lo scenario ante-operam e quello post-operam, analizzando il possibile impatto del progetto da un punto di vista idrologico (valutazione variazioni del coefficiente di deflusso e modifiche al deflusso naturale delle acque meteoriche) e da un punto di vista idraulico (valutazione variazioni degli apporti durante eventi intensi al ricettore finale).

In merito allo stato post-operam, si è valutato l'impatto dell'installazione delle strutture tracker monoassiali.

Vista l'interdistanza esistente tra le strutture, l'altezza da piano campagna e la mobilità che varierà la copertura su suolo (rendendo quindi non permanente la schermatura), durante un evento intenso con tempo di ritorno pari a quello di progetto non sono previste variazioni critiche della capacità di infiltrazione, così come delle caratteristiche di permeabilità del terreno nelle aree interessate dall'installazione di tracker. Analogamente le platee di appoggio delle cabine avranno un'area trascurabile rispetto all'intera estensione delle aree.

Ciononostante, volendo cautelativamente ipotizzare una perdita di capacità di infiltrazione delle acque meteoriche, si è valutata arealmente l'incidenza nell'ipotesi di fissità orizzontale dei tracker e si sono valutati gli impatti in termini di capacità di infiltrazione delle eventuali acque di ruscellamento che si generano su ogni settore di progetto su aree permeabili. Tale valutazione è stata condotta sulla base di precedenti studi internazionali (rif. "Hydrologic response of solar farm", Cook, Lauren, Richard - 2013 – American Society of Civil Engineers) improntati su un modello concettuale di impatto che simula il modulo idrologico tipo di impianto come costituito da un'area di installazione pannelli ed una di interfila.

Nelle aree interessate dal progetto, durante la fase post-operam, nello scenario più cautelativo, si registrerebbe un incremento dei deflussi totali di circa il 24%.

Tale incremento verrà mitigato grazie all'adozione di sistemi di drenaggio sostenibili. 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.