



MAGGIO 2022

## DEVELOPMENT 3 S.r.l.

IMPIANTO INTEGRATO AGRIVOLTAICO  
COLLEGATO ALLA RTN  
POTENZA NOMINALE 40,3 MW

COMUNE DI MANFREDONIA (FG)

Manfredonia

## PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO

Relazione Idraulica

**Progettista**

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

**Codice elaborato**

2748\_4894\_MA\_PD\_R06\_Rev0\_Relazione idrologica

**Memorandum delle revisioni**

<b>Cod. Documento</b>	<b>Data</b>	<b>Tipo revisione</b>	<b>Redatto</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>
2748_4894_MA_PD_R06_Rev0_Relazione idrologica	06-2023	Prima emissione	G.d.L.	FL	L. Conti

**Gruppo di lavoro**

<b>Nome e cognome</b>	<b>Ruolo nel gruppo di lavoro</b>	<b>N° ordine</b>
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	
Marco Corrù	Architetto	
Giulia Peirano	Architetto	Ordine Arch. Milano n. 20208
Fabio Lassini	Ingegnere Idraulico	
Francesca Jaspardo	Esperto Ambientale	
Mauro Aires	Ingegnere strutturista	Ordine Ing. Torino 9583J
Elena Comi	Biologo	
Andrea Delussu	Ingegnere Elettrico	
Matteo Lana	Ingegnere Ambientale	
Sergio Alifano	Architetto	
Paola Scaccabarozzi	Ingegnere Idraulico	
Luca Morelli	Ingegnere Ambientale	
Matteo Cuda	Naturista	
Graziella Cusmano	Architetto	

## Impianto Agrivoltaico Collegato alla RTN 40,3 MW

### Relazione idrologica



Matthew Piscedda	Perito Elettrotecnico	
Vincenzo Ferrante	Ingegnere strutturista	Ordine Ingegneri Siracusa n.2216
Michele Pecorelli (Studio Geodue)	Geologo - Indagini Geotecniche Geodue	Ordine Geologi Puglia n. 327
Nazzario D'Errico	Agronomo	Ordine Agronomi di Foggia n. 382
Antonio Bruscella	Archeologo	
Felice Stoico	Archeologo	
Giovanni Cis	Ingegnere	
Marianna Denora	Architetto - Acustica	Ordine Architetti Bari, Sez. A n. 2521
Antonio Acito	Topografo	
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>5</b>
<b>2. DATI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 RILIEVO TOPOGRAFICO.....</b>	<b>6</b>
2.1.1 Modello digitale del terreno Regione Puglia .....	6
2.1.2 Rilievo topografico .....	6
<b>2.2 NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>6</b>
<b>3. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1 LOCALIZZAZIONE .....</b>	<b>7</b>
<b>3.2 COPERTURA DEL SUOLO .....</b>	<b>7</b>
<b>3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO .....</b>	<b>8</b>
3.3.1 Geologia .....	8
3.3.2 Caratterizzazione dei litotipi e assetto litostratigrafico .....	10
3.3.3 Aspetti geomorfologici .....	12
3.3.4 Inquadramento idrogeologico .....	13
<b>3.4 IDROGRAFIA DEL TERRITORIO.....</b>	<b>14</b>
3.4.1 Inquadramento idrologico, idraulico e geomorfologico .....	15
<b>3.5 INQUADRAMENTO DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO DELL'AREA DI PROGETTO E DELLA LINEA DI CONNESSIONE ...</b>	<b>18</b>
<b>4. STATO DI PROGETTO: DESCRIZIONE GENERALE INTERVENTI .....</b>	<b>22</b>
<b>4.1 IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>22</b>
4.1.1 Moduli fotovoltaici e strutture di supporto .....	23
4.1.2 Cabine di campo .....	23
4.1.3 Cavi di potenza e di controllo.....	24
4.1.4 Rete di drenaggio interna.....	24
<b>4.2 LINEA DI CONNESSIONE.....</b>	<b>25</b>
<b>5. STUDIO IDROLOGICO AREA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>27</b>
<b>5.1 CONSIDERAZIONI CLIMATICHE .....</b>	<b>27</b>
<b>5.2 SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO .....</b>	<b>28</b>
<b>5.3 ANALISI PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE.....</b>	<b>29</b>
<b>5.4 IDENTIFICAZIONE DEI BACINI SCOLANTI DI PROGETTO .....</b>	<b>32</b>
<b>5.5 VALUTAZIONE DELLA PIOGGIA EFFICACE (NETTA) .....</b>	<b>34</b>
5.5.1 Valutazione ante-operam.....	35
5.5.2 Valutazione post operam .....	36
<b>5.6 MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI/DEFLUSSI – STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO ANTE-OPERAM E POST-OPERAM ..</b>	<b>37</b>



## 1. PREMESSA

Il presente documento, relativo alla componente idrologica, fa parte dello 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 dalla nuova variante del PAI 2019 dall'AdB Puglia.

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).

Tale studio è svolto secondo le Norme Tecniche di Attuazione del Piano d'Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino della Puglia, ed è costituito da:

- analisi delle piogge, eseguita utilizzando le indicazioni riportate sul progetto Valutazione Piene (VAPI) del Gruppo Nazionali Difesa Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI);
- 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);
- determinazione delle portate di riferimento e dimensionamento del sistema di collettamento delle stesse.

Per maggiori approfondimenti relativi alla sezione idraulica si rimanda alla relazione "2748\_4894\_MA\_PD\_R05\_Rev0\_Relazione idraulica".



## **2. DATI DI RIFERIMENTO**

### **2.1 RILIEVO TOPOGRAFICO**

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

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

#### **2.1.2 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 dell'impianto fotovoltaico in esame è ubicato nei territori comunali di Manfredonia (FG) e Foggia. L'area interessata comprende le particelle 131-132-133-134-141-142-143-144 del foglio 409 e le particelle 11-14-21-24 del foglio 422.

Il progetto comprende due siti, uno più a nord, che include le aree C1, C2, C3 e C4, ed uno più a sud, C5 e C6.

Il primo sito è collocato nel comune di Manfredonia, località Borgo Fonte Rosa al di sotto della Strada Provinciale 70. Occupa un'area di circa 27 ha ed ha un'altitudine di 17 m s.l.m.

Il secondo, collocato tra il comune di Manfredonia e il sud-est di Foggia, a circa 15 km dal centro della provincia, è compreso tra le strade E55 e SS544, ma facilmente raggiungibile tramite strade secondarie. Al di sopra si trova il centro CARA e in questa zona sono già presenti altri impianti fotovoltaici. L'area di intervento risulta essere pari a circa 31.5 ha ed ha un'elevazione media di 41 m s.l.m.m.

Entrambi i siti presentano un buon irraggiamento e sono facilmente raggiungibili ed accessibili tramite le vie di comunicazione esistenti.



Figura 3.1: Inquadramento territoriale. In rosso il perimetro dei siti, in magenta il percorso di connessione alla RTN.

#### 3.2 COPERTURA DEL SUOLO

I terreni rientranti nel presente progetto sono indicati, dall'autorità comunale, come verde agricolo.

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

L'area presenta quasi esclusivamente coltivazione a grano, in rotazione con ortaggi, con piccoli appezzamenti impiantati ad uliveto e mandorleto per uso famigliare. Non sono presenti aree industriali, produttive di altro genere.



- aree a pascolo naturale, praterie, incolti
- bacini con prevalente utilizzazione per scopi irrigui
- cespuglieti e arbusteti
- colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree irrigue
- fiumi, torrenti e fossi
- insediamenti produttivi agricoli
- insediamento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati
- insediamento in disuso
- insediamento industriale o artigianale con spazi annessi
- reti stradali e spazi accessori
- seminativi semplici in aree irrigue
- tessuto residenziale sparso
- uliveti
- vigneti

Figura 3.2: Stralcio carta uso del suolo. In magenta l'area di progetto.

### 3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

#### 3.3.1 Geologia

La regione Puglia può essere suddivisa in tre grandi elementi geologici: Avampaese apulo (all'interno del quale si distinguono il Promontorio del Gargano, l'Altopiano delle Murge e le Serre Salentine), Fossa bradanica (differenziata geograficamente in Tavoliere delle Puglie, a nord, e Fossa Premurgiana, a sud) e catena sudappenninica (cui appartiene il Subappennino Dauno o Monti della Daunia). Il sito in esame si trova nell'area del Tavoliere.

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. Si tratta 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-pleioceniche (ciclo più antico), costituiscono i principali affioramenti argillosi.

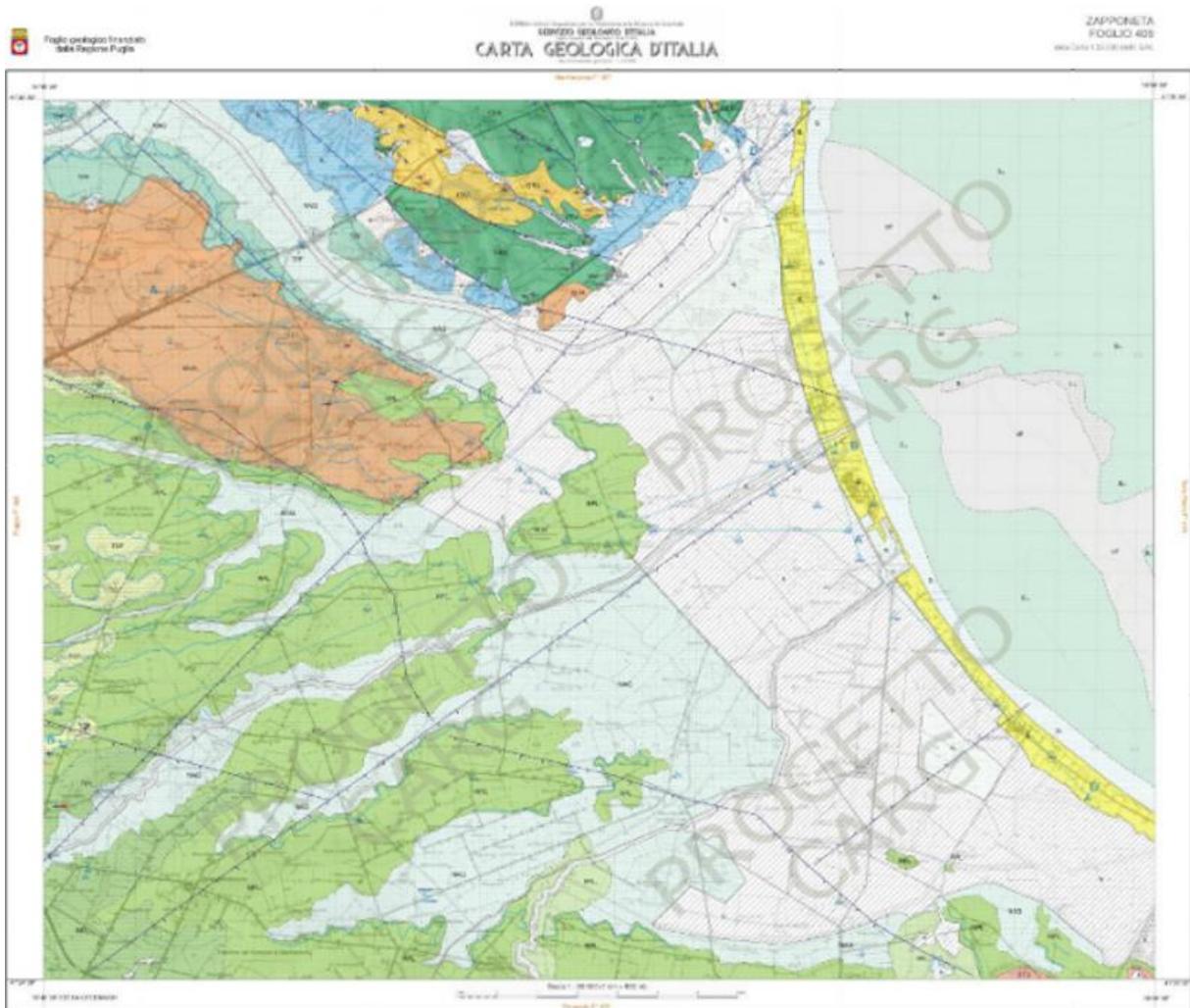
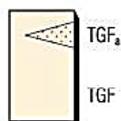


Figura 3.3: Carta Geologica d'Italia – Foglio 409 Zapponeta (in corso di pubblicazione) reperibile al sito [https://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/409\\_ZAPPONETA/Foglio.html](https://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/409_ZAPPONETA/Foglio.html).

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.



**SINTEMA DI FOGGIA**



Depositi alluvionali terrazzati del V ordine costituiti da silt argillosi sottilmente laminati con intercalazioni di sabbie siltose gradate e lamine (depositi di piana di inondazione). Nel sottosuolo a diverse profondità si rinvencono conglomerati poligenici ed eterometrici in corpi di spessore variabile da circa un metro a circa 5-6 m intercalati a silt argillosi nerastrati laminati che contengono a luoghi ciottoli isolati e gasteropodi continentali (TGF).

In corrispondenza dell'abitato di Foggia i conglomerati affiorano in una estesa area (TGF<sub>a</sub>). Depositi di tracimazione e/o di piena calante e piane di esondazione. Poggia in erosione sulle argille subappennine e sui sistemi più antichi. Lo spessore complessivo dell'unità, ricavato dall'analisi di numerosi pozzi per la ricerca di acqua, varia da 10-15 m a 40 m.

**PLEISTOCENE MEDIO? - PLEISTOCENE SUPERIORE**

Figura 3.4: I distretti morfo-ambientali legati alla diversa struttura e costituzione litologica del sottosuolo

Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione dedicata "2748\_4894\_MA\_PD\_R03\_Rev0 Relazione geologica".

### 3.3.2 Caratterizzazione dei litotipi 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 poggiati sulle formazioni argillose marine Plio-Pleistoceniche.

Questi depositi alluvionali, che nel foglio n. 409 "Zapponeta" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50.000 (Servizio Geologico d'Italia e Progetto CARG) vengono attribuiti al "Sintema dei Torrenti Carapelle e Cervaro", 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.

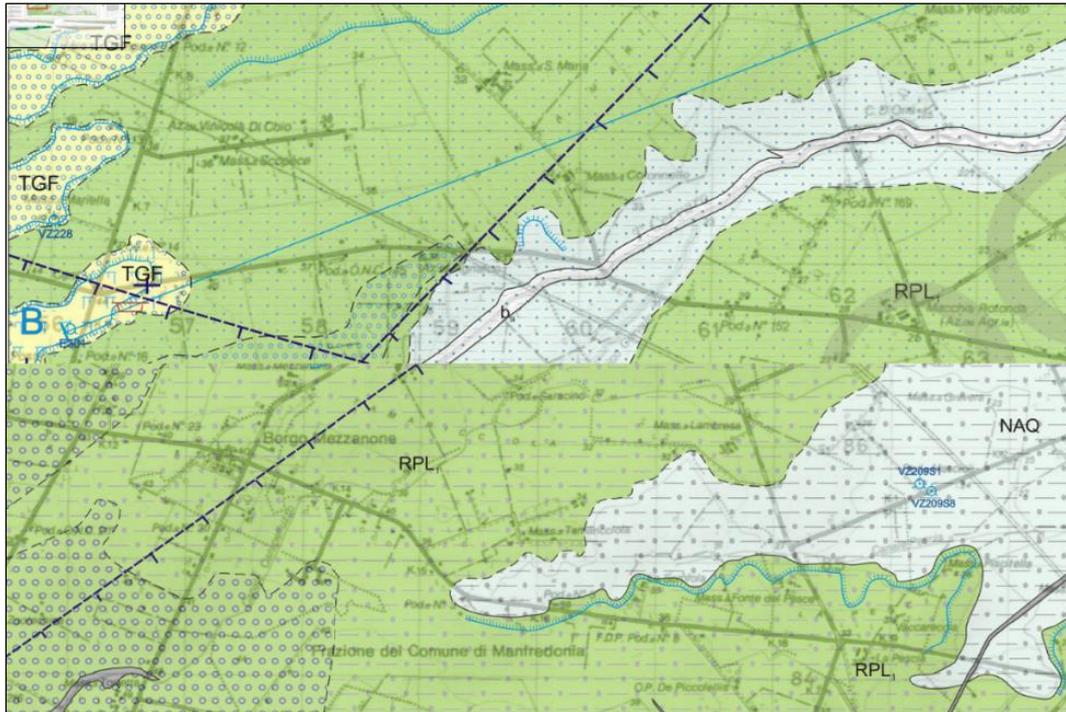


Figura 3.5: Estratto della Carta Geologica Foglio 409 Zapponeta - Nel riquadro l'area di insediamento dell'impianto fotovoltaico e della sottostazione elettrica.

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 3 formazioni ascrivibili all'Unità Quaternarie del Tavoliere di Puglia, riferibili al Pleistocene medio-superiore-Olocene.

- Unità Quaternarie del Tavoliere di Puglia
  - Supersistema del Tavoliere di Puglia (TP)
    - Sintema dei Torrenti Carapelle e Cervaro
      1. PRL<sub>1</sub> – Subsintema dell'Incoronata

È rappresentato dai depositi alluvionali recenti e sub-attuali accumulati lungo gli alvei dei due principali corsi d'acqua della zona (T. Celone e T. Carapelle) e dei loro maggiori affluenti. Si estendono per aree pianeggianti e abbastanza vaste, che a luoghi mostrano un reticolo più o meno fitto di antichi

<sup>1</sup> Foglio 409 "Zapponeta" scala 1:50.000.

canali naturali abbandonati; parte del corso dei torrenti principali è stato nello scorso secolo regimentato con la costruzione di numerosi canali artificiali, nonché canali di drenaggio perpendicolari ai corsi attuali: queste opere avevano lo scopo di limitare i danni di non infrequenti eventi alluvionali estremi.

Nelle estese piane alluvionali i sedimenti, in prevalenza osservati attraverso stratigrafie di perforazioni effettuate per ricerche d'acqua, per scopi geognostici o di modestissime cave effimere per estrazione di inerti, sono rappresentate da ghiaie e sabbie nelle aree più a monte e da argille e limi in quelle più a valle (età Pleistocene sup- - Olocene).

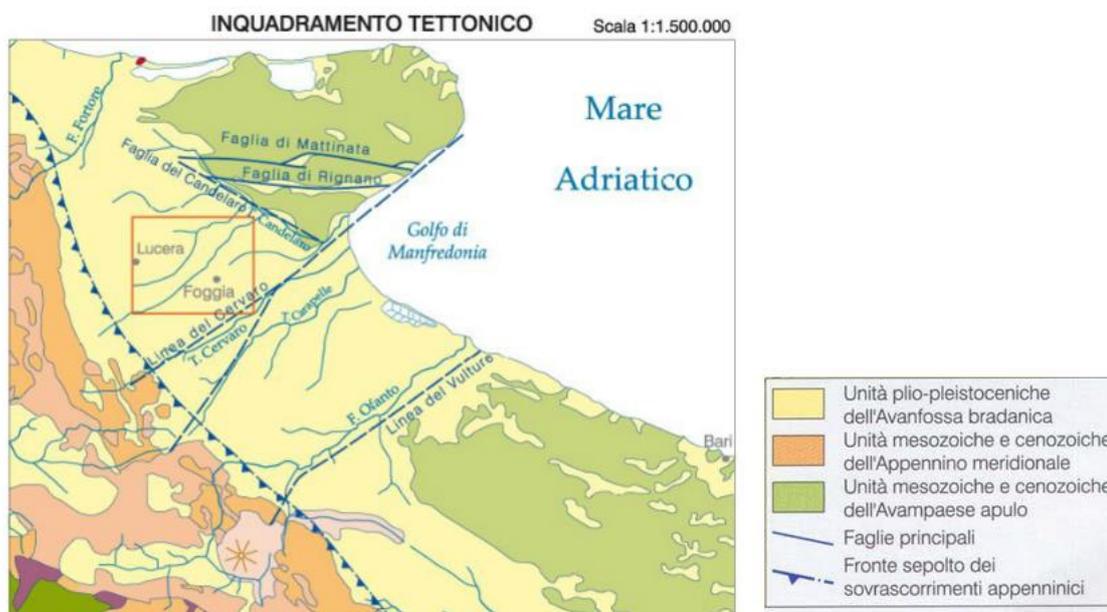
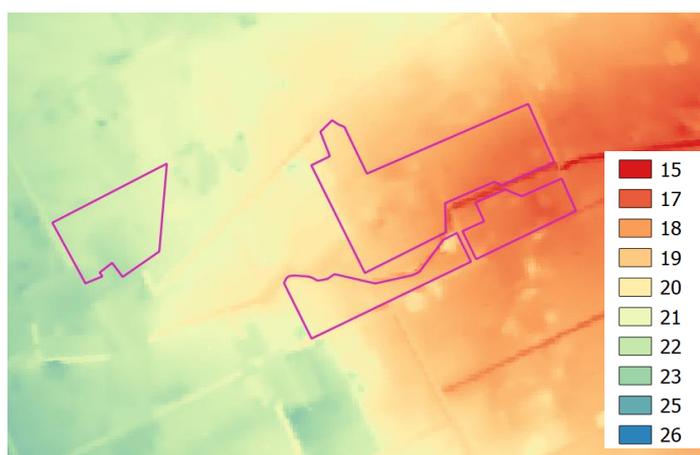


Figura 3.6: Schema geologico e strutturale dell'area del Tavoliere e del Subappennino Dauno.

### 3.3.3 Aspetti geomorfologici



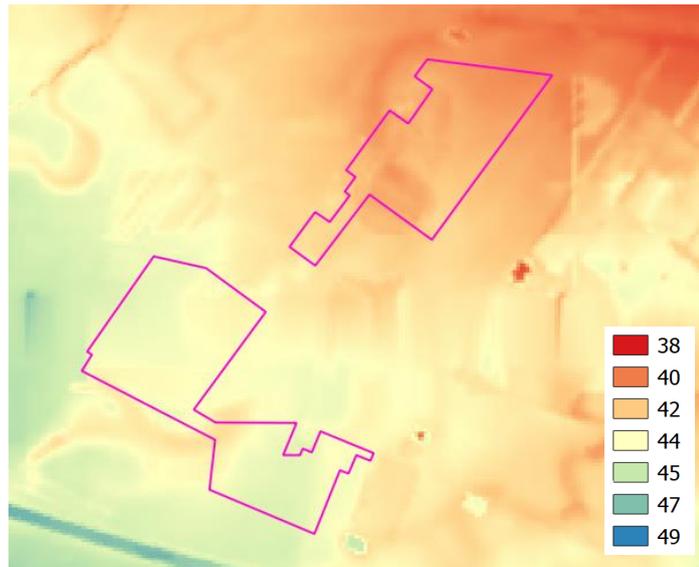


Figura 3.7: Andamento altimetrico [elevazione metri s.l.m.] in magenta l'area di progetto.

### 3.3.4 Inquadramento idrogeologico

La carta delle isopieze (Figura 3.8) dell'ISPRA aggiornata al 2003, rileva che i massimi valori del gradiente idraulico si registrano nella parte più interna, corrispondente alla zona di maggiore ricarica dell'acquifero, mentre tendono a diminuire nella parte centrale verso il T. Carapelle e ancor più verso la costa adriatica.

In relazione all'area di progetto, la particolare morfologia assunta dalla superficie piezometrica permette, innanzitutto, di definire una direttrice di deflusso idrico preferenziale più marcata, con direzione pressoché parallela al torrente Carapelle.

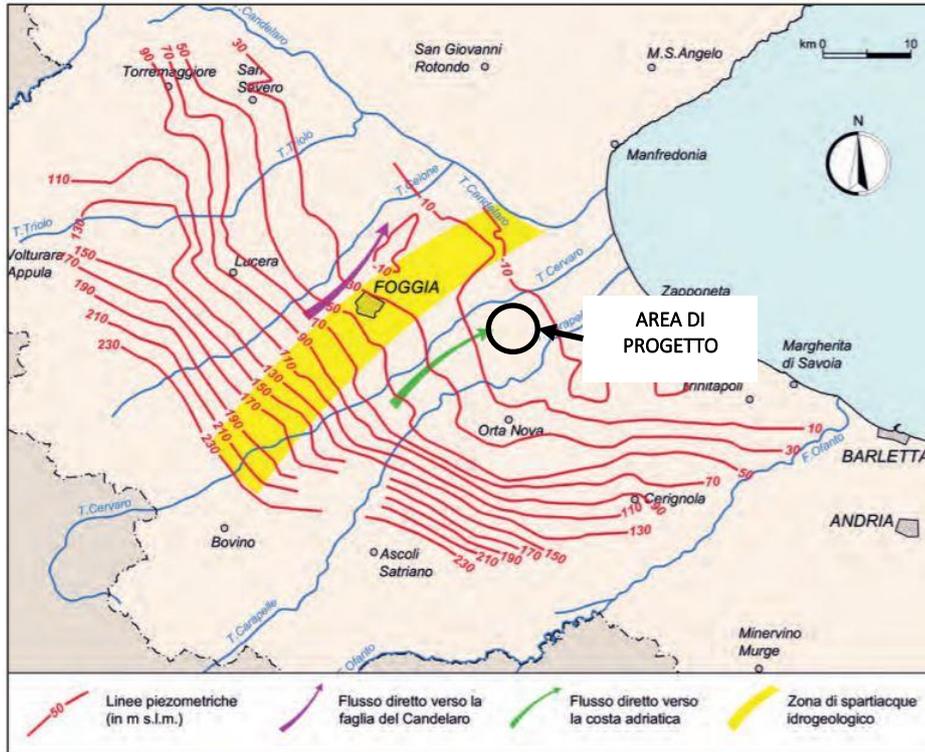


Figura 3.8: Isopieze della falda superficiale del Tavoliere relativa all'anno 2003 con indicazione delle zone ove è ubicato lo spartiacque idrogeologico (fonte ISPRA), insieme all'area di progetto.

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 interessato dal bacino del Carapelle, il quale rientra tra i maggiori corsi d'acqua, insieme al Fiume Ofanto, sia per estensione della rete fluviale che per significatività dei deflussi.

La figura che segue evidenzia i corsi idrici fluviali principali presenti nel territorio e considerati dal Piano di Gestione delle Acque.

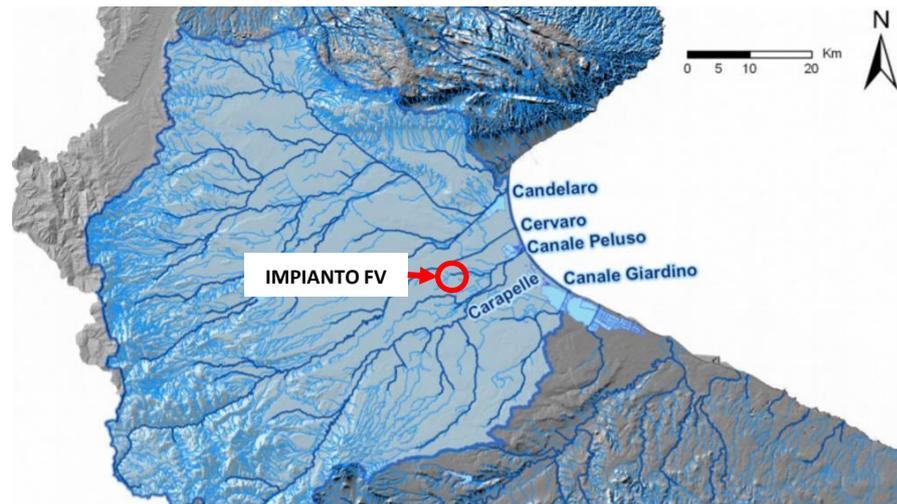


Figura 3.9: Corpi idrici superficiali (Relazione PGRA - AdB Puglia) ed ubicazione area di progetto.

Nel corso del passato si era sviluppata una rete di drenaggio antropica di bonifica/irrigazione intersecata con la rete idrografica naturale. Negli ultimi decenni con il passaggio ad un'agricoltura di tipo intensivo l'approvvigionamento idrico per le campagne è avvenuto da pozzi con emungimento da falda e da reti di grande distribuzione di tipo consortile (Consorzio di Bonifica della Capitanata).

### 3.4.1 Inquadramento idrologico, idraulico e geomorfologico

L'area interessata dal progetto ricade all'interno del bacino Carapelle e in stretta vicinanza col bacino del Cervaro. Barone si trova nei pressi del canale Macchia Rotonda, il Torrente Carapelluzzo e due affluenti del torrente Carapelle.

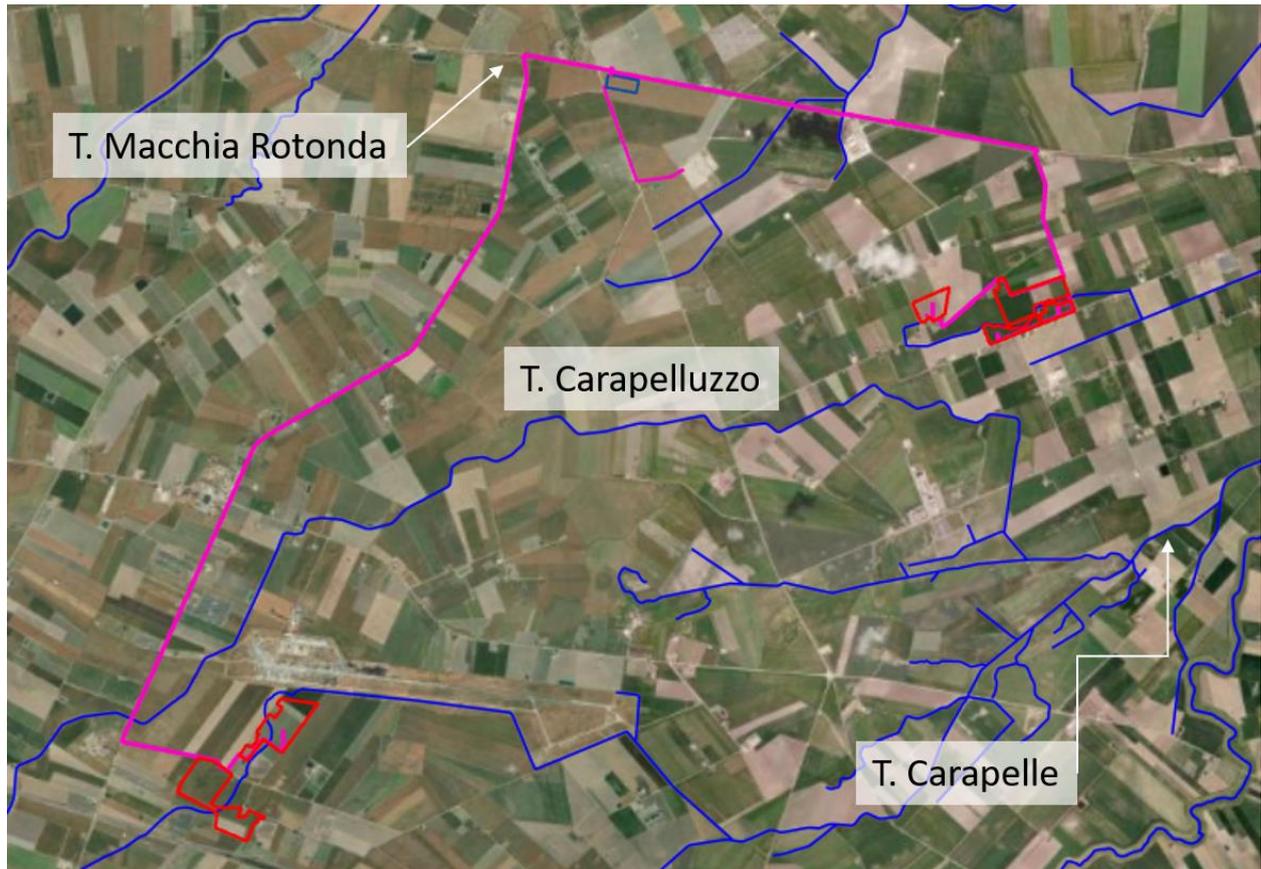


Figura 3.10: Stralcio carta dei corsi d'acqua ricadenti nel bacino Carapelle. In evidenza l'area di progetto ed i Torrenti Carapelluzzo, Macchia Rotonda e Carapelle.

I corsi d'acqua del Tavoliere meridionale hanno un andamento subparallelo con direzione da Sud-Ovest a Nord-Est e presentano un tracciato irregolare. Nella media e nella bassa valle l'Ofanto, il Carapelle ed il Cervaro 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 canale Carapelluzzo, lungo circa 32 500 metri, e il canale Macchia Rotonda, di 10 900 metri, sono due degli affluenti del canale Peluso. Il canale Peluso, lungo circa 15 630 metri, scorre quasi parallelamente al Torrente Carapelle per sfociare nel Mar Adriatico poco a nord rispetto alla foce del Carapelle.



*Figura 3.11: Canale Carapelluzzo (foto prese da Relazione di compatibilità idraulica – Parco Eolico Borgo Mezzanone S.r.l)*



*Figura 3.12: Canale Peluso (foto presa da Relazione di compatibilità idraulica – Parco Eolico Borgo Mezzanone S.r.l)*

La Figura 3.13 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 sciolti a prevalente componente sabbioso ghiaiosa.

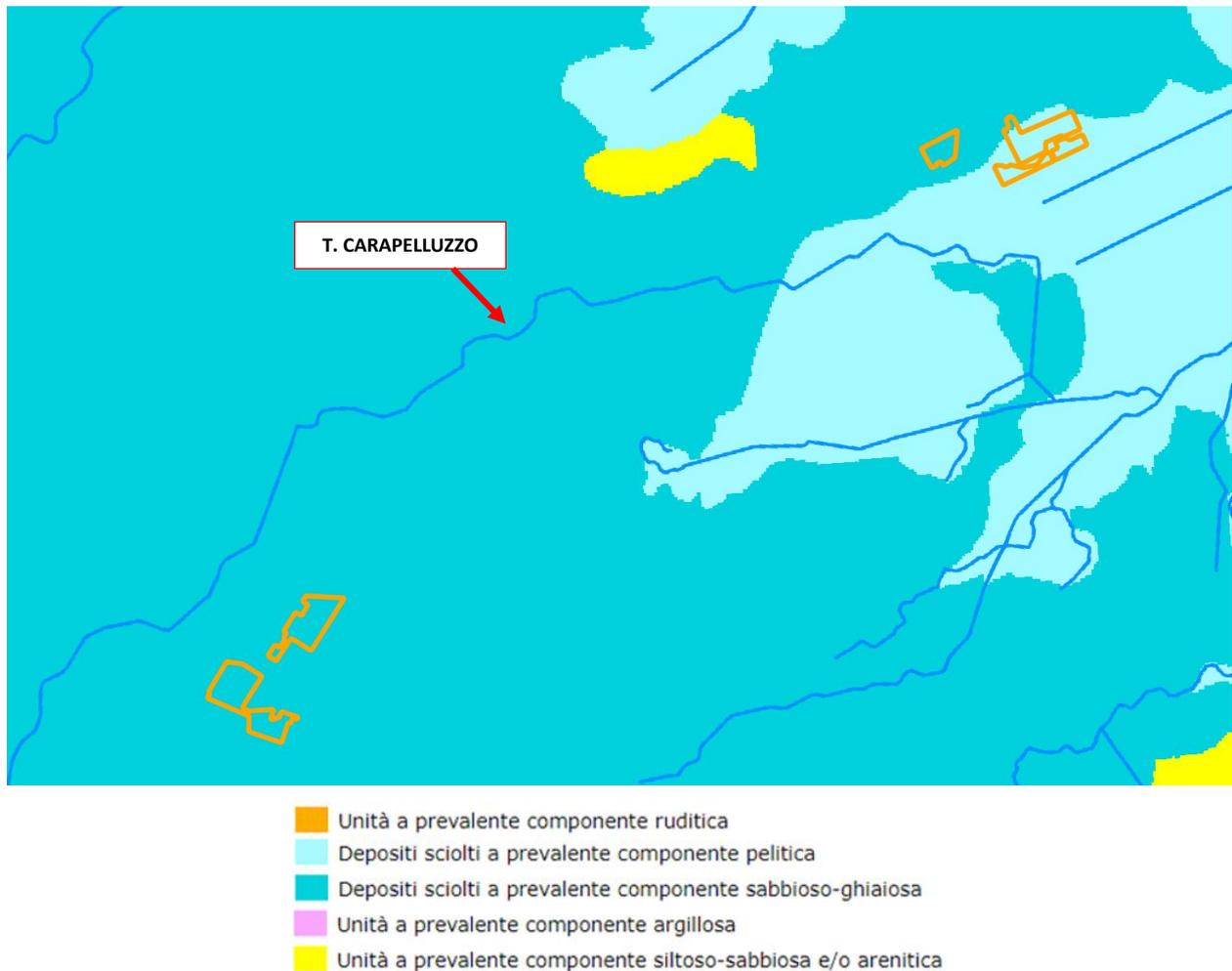


Figura 3.13: Stralcio carta idrogeomorfologica della Regione Puglia, in arancione le aree degli impianti FV, in blu l'idrografia principale.

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

Il comune di Manfredonia appartiene oggi al Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale, la struttura operativa di livello territoriale di riferimento è l'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Puglia (AdB DAM Puglia).

Lo strumento vigente sul territorio è Piano di Gestione del Rischio di 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.

I corsi d'acqua principali sono il Candelaro, il Cervaro e il Carapelle (rif. Relazione PGRA). Quanto alle perimetrazioni di pericolosità idraulica e geomorfologica e di rischio, è opportuno fare riferimento alle mappe del PAI, il cui ultimo aggiornamento risale al 2019. Tali mappe, consultabili sul WebGis dell'AdB DAM Puglia, riportano infatti le modifiche approvate a seguito di approfondimenti conoscitivi nonché delle istruttorie svolte su richieste puntuali e successivo confronto con i soggetti e le amministrazioni comunali interessate. Di seguito si riporta uno stralcio della perimetrazione delle aree soggette a pericolosità idraulica secondo l'ultima Variante PAI approvata con il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 19 giugno 2019 - G.U. n. 194 del 20 Agosto 2019 per il sito di progetto.

Nell'area catastale disponibile risultano presenti le fasce di pericolosità idraulica alta, media e bassa, relative ad un'area depressa di drenaggio con alveo non definito, come indicato in Figura 3.14.

Tale vincolo è stato recepito nel progetto non considerando l'area classificata con pericolosità alta e media per l'installazione delle opere principali dell'impianto.

Il percorso di connessione attraversa molteplici fasce di pericolosità idraulica alta, media e bassa, principalmente riferite al Canale Carapelluzzo e al canale Macchia Rotonda. (Figura 3.14).

La stazione di trasformazione ricade all'interno della fascia di pericolosità idraulica bassa, secondo entrambe le mappe consultate.

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.)).

Inoltre, è stata effettuata un'analisi del PGRA aggiornato al 30/03/2016 riguardo l'area di progetto e la linea di connessione. Per l'area interessata dal percorso di connessione è risultato che la mappatura delle fasce di pericolosità idraulica coincidono quasi del tutto con quelle riportate dal PAI. Mentre per quanto riguarda l'area catastale, questa non risulta mappata dal PGRA.

Eventuali interferenze presenti con corsi irrigui minori saranno superate mediante TOC (trivellazione orizzontale controllata).

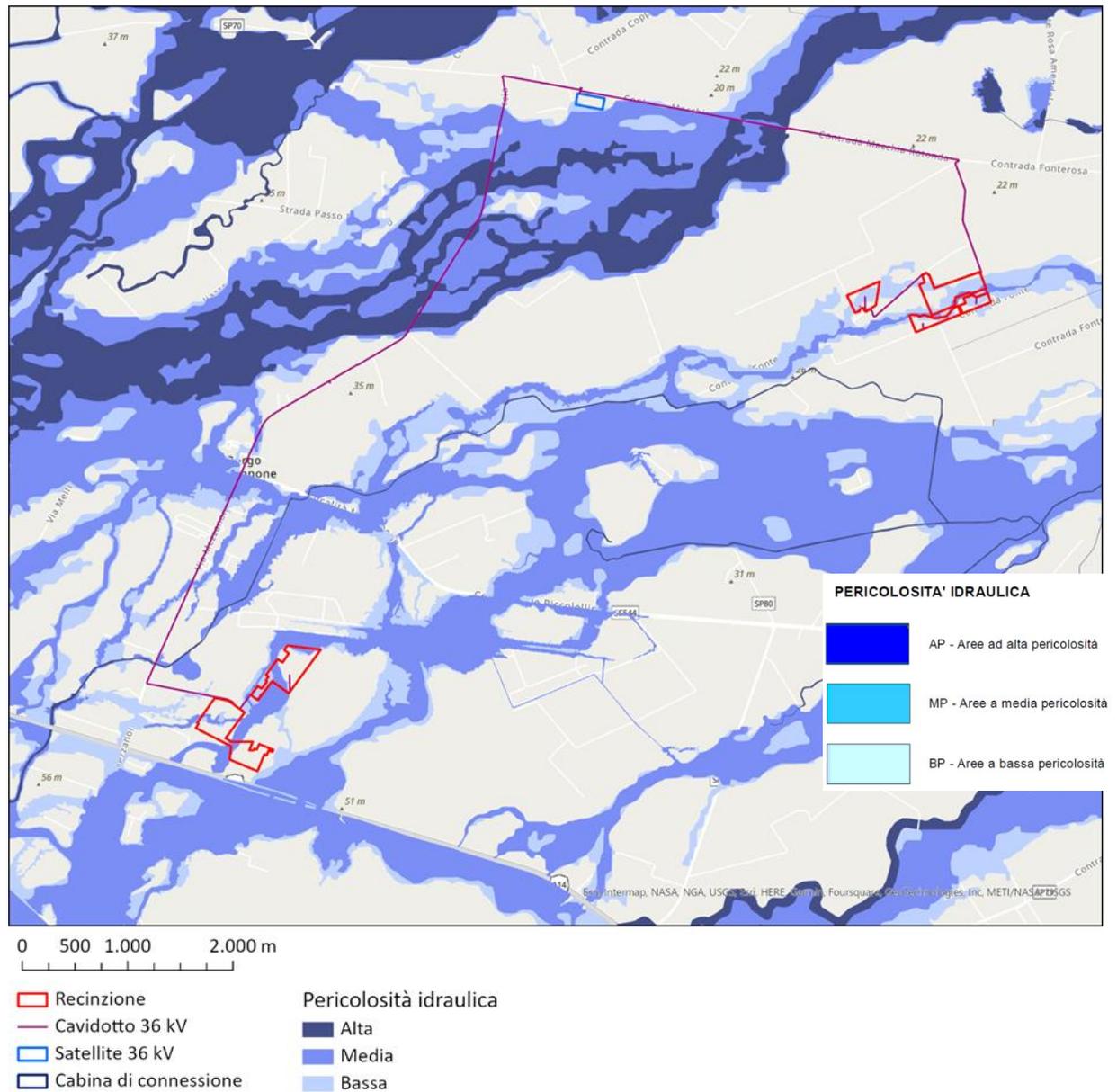


Figura 3.14: Stralcio assetto idrogeologico (PAI) - assetto idraulico territorio ex Autorità di bacino della Puglia pubblicato sulla gazzetta ufficiale del G.U. n. 194 del 20/08/2019. In giallo i siti di progetto e in rosso la linea di connessione.

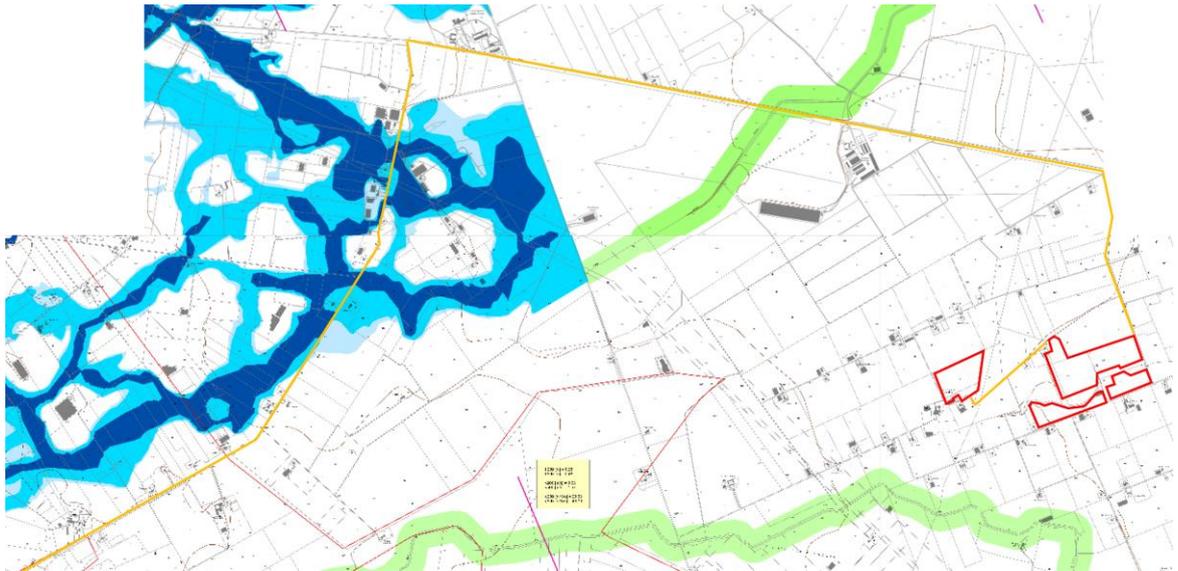


Figura 3.15: Stralcio carta di pericolosità idraulica n. 136 “Manfredonia”, 135 e 147 “Foggia” del PGRA aggiornata al 30/03/2016. Area di impianto C1, C2, C3 e C4, in arancione la linea di connessione.



Figura 3.16: Stralcio carta di pericolosità idraulica n. 136 “Manfredonia”, 135 e 147 “Foggia” del PGRA aggiornata al 30/03/2016. Area di impianto C5 e C6, in arancione la linea di connessione.



## 4. STATO DI PROGETTO: DESCRIZIONE GENERALE INTERVENTI

### 4.1 IMPIANTO FOTOVOLTAICO

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

- rispetto del PAI sulla base dell'ultimo aggiornamento 11/2019 nella predisposizione del layout;
- 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 Prot. TERNA/P202100009-10/06/2021 è stata accettata dalla proponente e prevede la connessione dell'impianto alla RTN nella SE 380/150 Manfredonia.

L'impianto fotovoltaico con potenza nominale di picco pari a 42 MW è così costituito da:

- n.2 cabine di smistamento a livello di tensione 36 kV. In queste cabine confluiranno tutti i cavi (con isolamento fino a 42 kV) provenienti dalle diverse cabine di campo (Power Station): dalle cabine di smistamento partiranno le linee di connessione verso le cabine di sezionamento distribuite lungo il percorso di connessione verso la stazione elettrica Terna "SST Manfredonia". 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;
- n. 12 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 tensione a livello di tensione 36 kV; 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 esempio: 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 120 celle, indicativamente della potenza di 600 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: 0,85 m (rispetto al piano di campagna);
- Altezza max: 4,765 m (rispetto al piano di campagna).

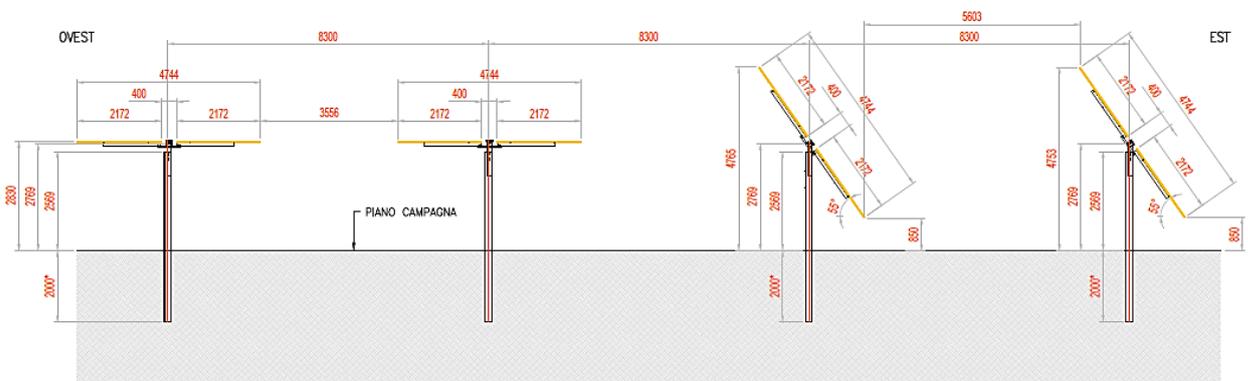


Figura 4.1: Particolare strutture di sostegno moduli, sezione trasversale.

#### 4.1.2 Cabine di campo

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 media tensione (MT).

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.

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

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

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

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

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

#### **4.1.4 Rete di drenaggio interna**

La sostenibilità e l'attenzione alle acque non ha riguardato solo la progettazione della rete di drenaggio delle acque meteoriche ma è risalita 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 progettazione della rete di drenaggio è stata costruita 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. Una volta definiti i principali solchi di drenaggio naturali esistenti allo stato attuale, identificati sulla base della simulazione del modello digitale del terreno, è stata dimensionata la rete di drenaggio di progetto principalmente lungo tali solchi naturali.

Tale scelta consente di evitare di modificare la rete naturale, permettendo ai deflussi superficiali di seguire i percorsi naturali, senza interferenze dovute alla costruzione della viabilità, alla disposizione dei tracker e delle altre opere di progetto.

In merito alla messa in sicurezza dalla pericolosità idraulica dell'area, sulla stessa base concettuale si sono progettate le protezioni del sito dal potenziale allagamento; la realizzazione di arginature di basso impatto ha lo scopo di direzionare le acque senza incidere sull'impatto dei recettori idrici.

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.

A favore di sicurezza è stata comunque valutata la condizione di infiltrazione ante-operam/post operam e possibili impatti negativi. Oltre al potenziale impatto negativo stimato il progetto prevede anche opere compensative che avranno effetti positivi durante la fase di esercizio.

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 sono utilizzate



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. A tal proposito, il progetto ha previsto la realizzazione di fossi di scolo realizzati con ingegneria naturalistica e bacini di laminazione e infiltrazione localizzate (5x5 m). Il carico idrico sul ricettore è stato 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.

In tali condizioni il ricettore continuerà a ricevere le acque che riceve allo stato di fatto con un impatto idrologico e idraulico minimo.

Oltre al potenziale impatto stimato il progetto prevede anche opere compensative che avranno effetti positivi durante la fase di esercizio.

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**

Di seguito il percorso di connessione in cavidotto MT tra l'impianto fotovoltaico e la stazione TERNA esistente, posta a sud della SP70, in località Macchia Rotonda. Il cavidotto tra gli impianti e la stazione è lungo circa 14,5 km, mentre le parti di linea di connessione congiungenti elementi della stessa area impianti misurano complessivamente 1015 m. Si rimanda al progetto di connessione per i contenuti di dettaglio.

Secondo la normativa vigente, i cavidotti a media tensione, devono avere un interrimento di 1,10-1,40 metri al di sotto del piano campagna.

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



Figura 4.2: Elementi principali della linea di connessione.



## 5. 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.

### 5.1 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.

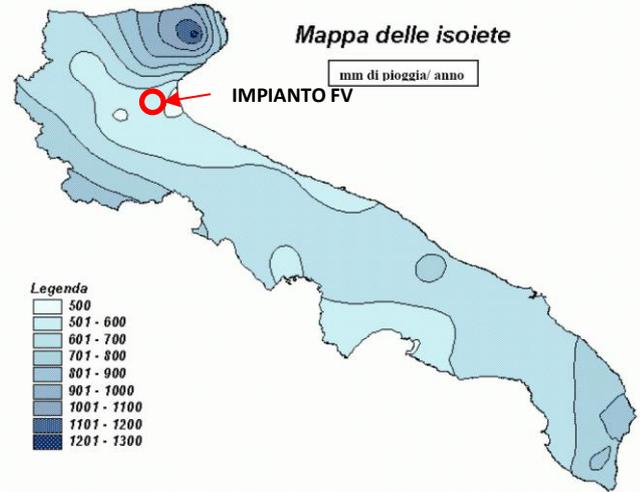


Figura 5.1: Mappa delle isoiete della Regione Puglia.

## 5.2 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.

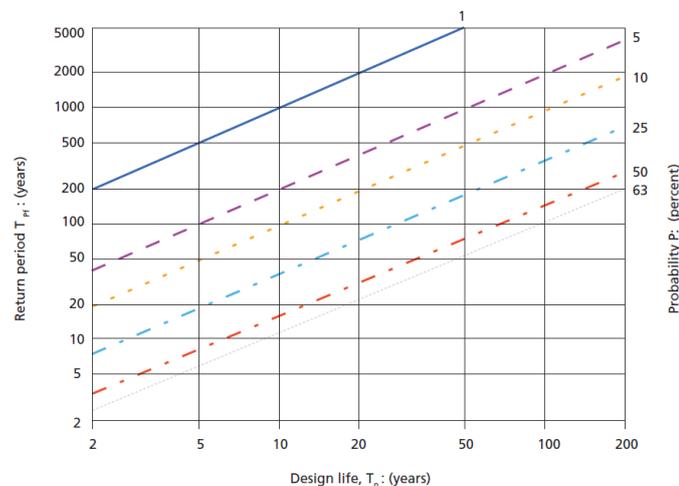


Figura 5.2: Probabilità che un evento con determinate Tempo di ritorno si verifichi in N anni.



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.

### 5.3 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 (GNDCl) e deve in ogni caso tener conto dei dati raccolti dagli Uffici periferici dell'ex Servizio Mareografico e Idrografico Nazionale e da eventuali elaborazioni dei dati prodotti dagli stessi Uffici.

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

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

L'area in cui ricade l'intervento in oggetto è nella sottozona omogenea 2 della Puglia meridionale, vedasi Figura 5.3, da cui risulta la seguente equazione determinante la CPP:

$$h(t,z) = 22,23 T_c^{0,247} \quad (2)$$

Dove:

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

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

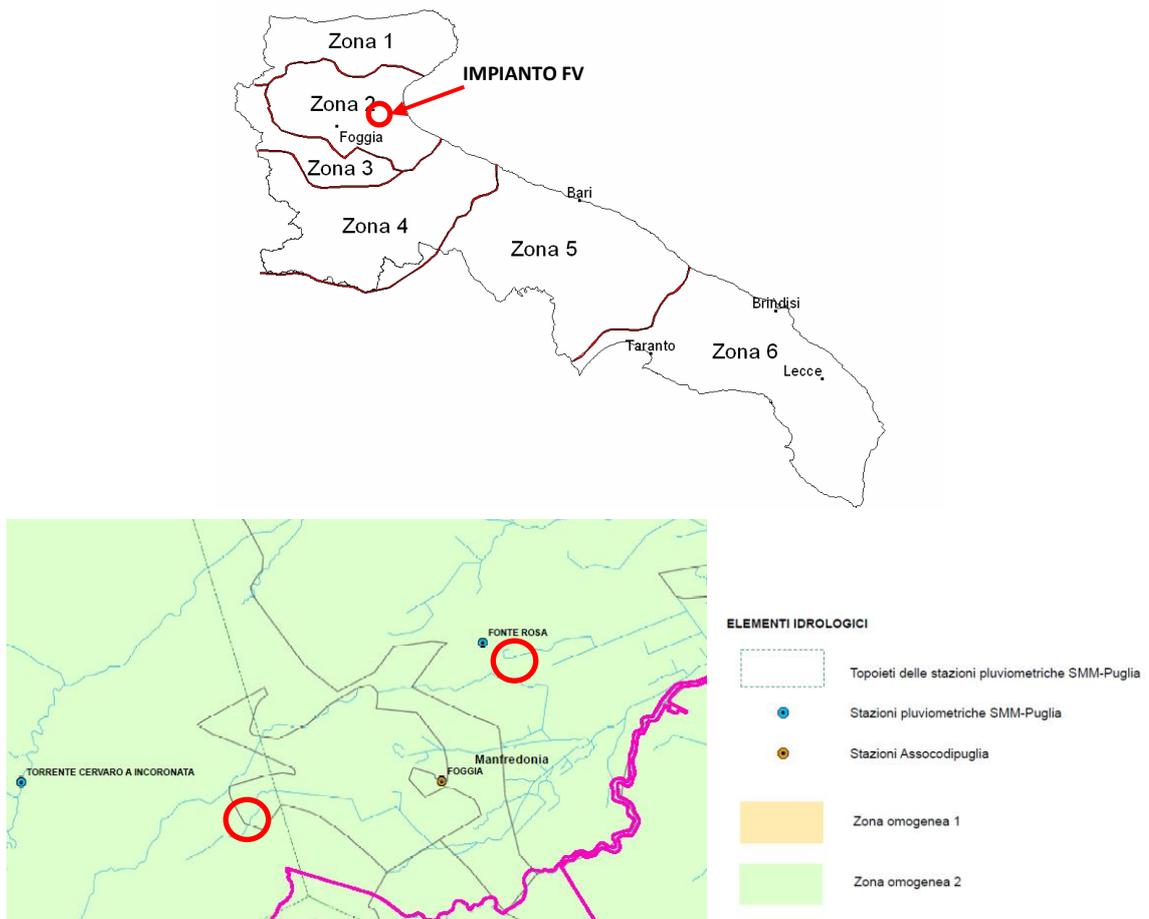


Figura 5.3: Sottostazioni pluviometriche omogenee (Zona 2) e aree di progetto (rosso).

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).

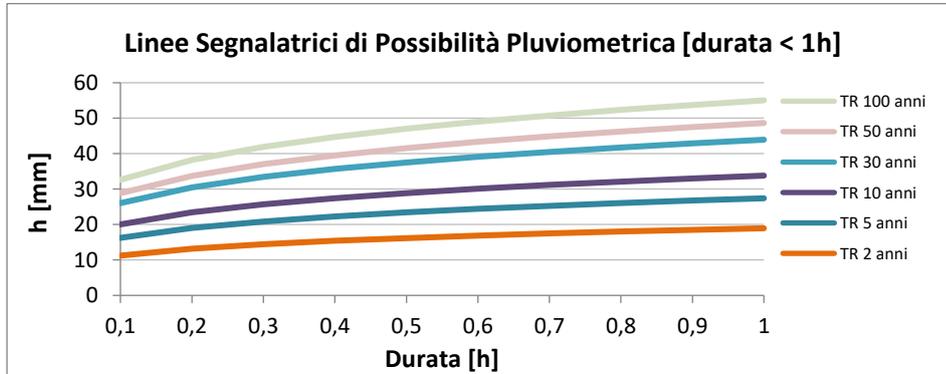
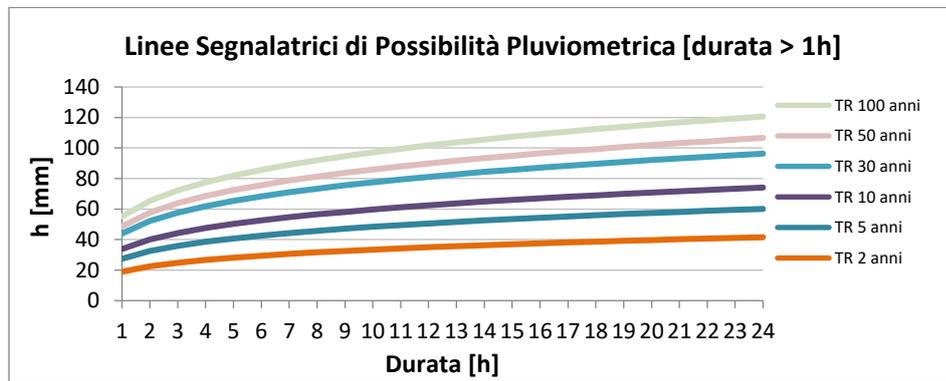


Figura 5.4: Curve di possibilità pluviometrica per eventi di durata > 1h e < 1h.

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 5-1: 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	16	23	29	38	42	47
1	19	27	34	44	49	55
2	22	33	40	52	58	65
3	25	36	44	58	64	72
4	27	39	48	62	69	78
5	28	41	50	65	72	82
6	29	43	53	68	76	86
7	31	44	55	71	79	89
8	32	46	56	73	81	92
9	33	47	58	76	84	95
10	33	48	60	78	86	97
11	34	50	61	79	88	100
12	35	51	62	81	90	102
13	36	52	64	83	92	104
14	36	53	65	84	93	106
15	37	53	66	86	95	107
16	38	54	67	87	96	109
17	38	55	68	88	98	111
18	39	56	69	90	99	112
19	39	57	70	91	101	114
20	40	57	71	92	102	115
21	40	58	72	93	103	117
22	41	59	73	94	104	118
23	41	59	73	95	106	119
24	42	60	74	96	107	121

## 5.4 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.

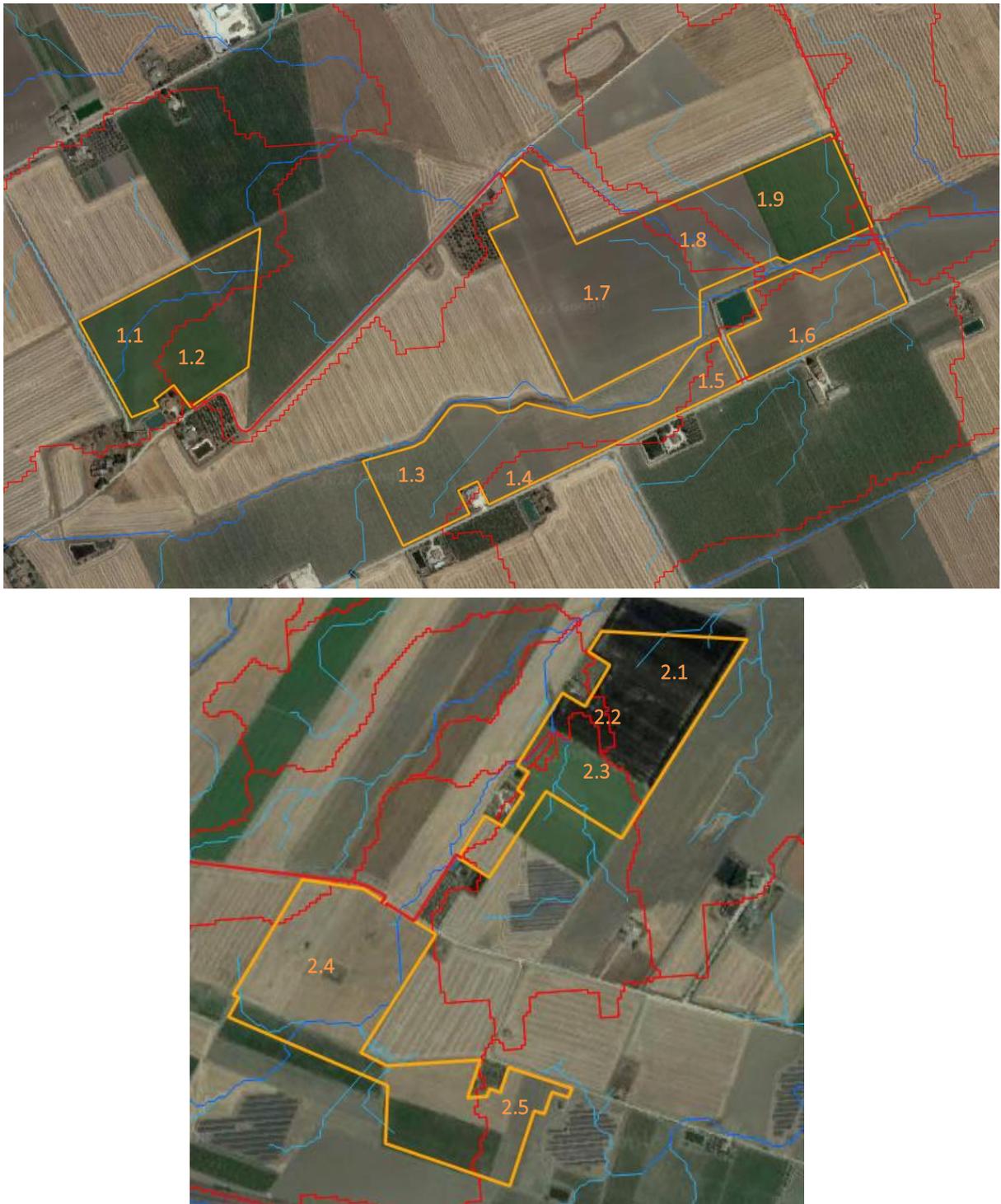


Figura 5.5: Delimitazione bacini scolanti e codifica (arancio), reticolo di drenaggio esterno ed interno alle sezioni di progetto (blu) e limiti bacini idrografici (rosso).

I bacini in Figura 5.5 risultano interessati dall'installazione dei pannelli. La Tabella 5-2 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 5-2: Bacini scolanti distinti in base alle aree di drenaggio interne.*

BACINI DI DRENAGGIO INTERNI		BACINI DI DRENAGGIO CON ALIMENTAZIONE ESTERNA	
ID Bacino	Area[mq]	ID Bacino	Area [mq]
1.2	18 737	1.1	34 213
1.3	49 537	1.6	30 015
1.4	7 464	1.8	10 680
1.5	4 966	1.9	37 545
1.7	74 641	2.3	46 320
2.1	68 866	2.4	156 042
2.2	14 285		
2.5	270 171		

## 5.5 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.

### 5.5.1 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.

Il terreno, come riportato nella figura seguente, risulta costituito principalmente da sabbie e ghiaie di ambiente alluvionale. Per questo motivo il terreno, secondo il metodo SCS-NC, ricade nella categoria suolo di tipo B. In riferimento a tali considerazioni, il valore del Curve Number è stato assunto pari a 76.

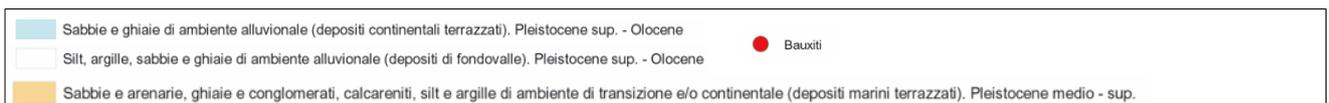
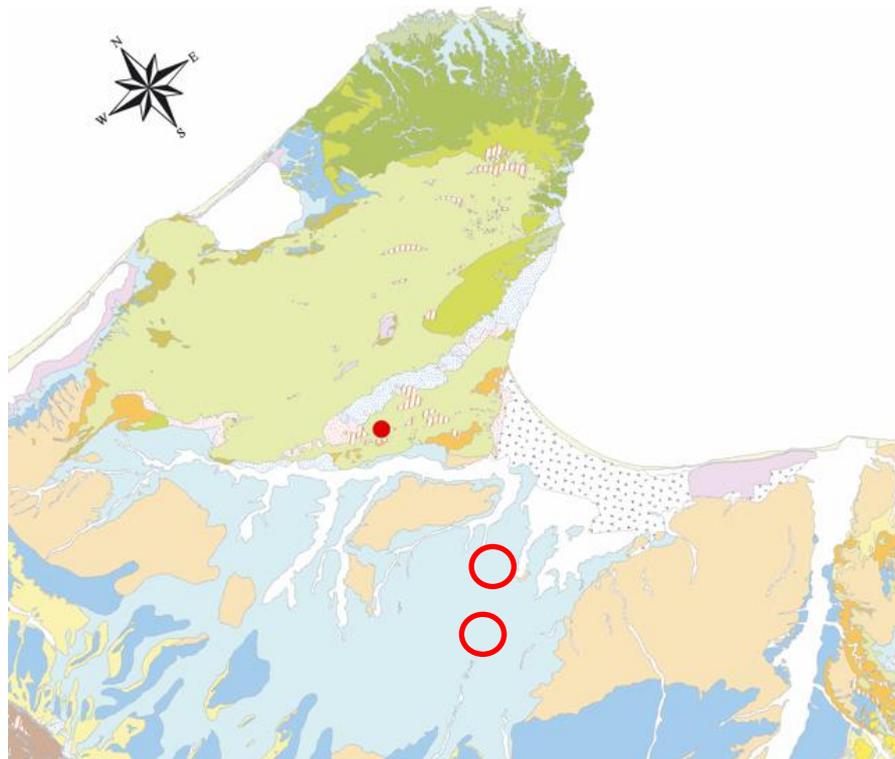


Figura 5.6: Stralcio carta geo-litologica della Puglia (prodotto della convenzione fra Autorità di Bacino della Puglia e Dipartimento di Geologia e Geofisica dell'Università di Bari del 6 Aprile 2009).

In rosso l'area di progetto.

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 88.

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

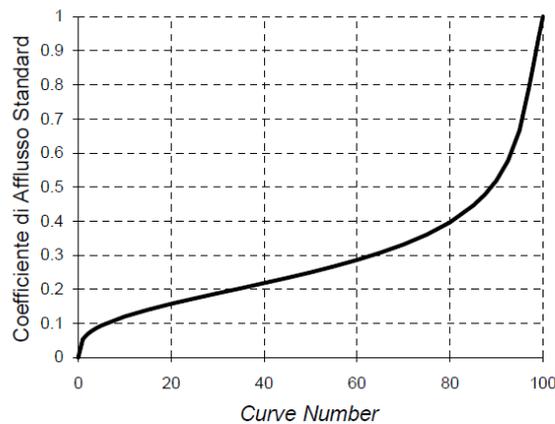


Figura 5.7: Correlazione da letteratura SCS-CN vs. coeff. afflusso/deflusso.

In virtù delle proprietà del terreno esistente, il parametro  $\phi$  è stato quindi assunto pari a 0,5.

### 5.5.2 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 8,3 metri. L’altezza in mezzeria della struttura sarà di circa 2,8 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 5.8: 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 5-3: 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	56.06	19.09	0.34	9.50	0.17	0.50	0.58

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 17%.

## 5.6 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:

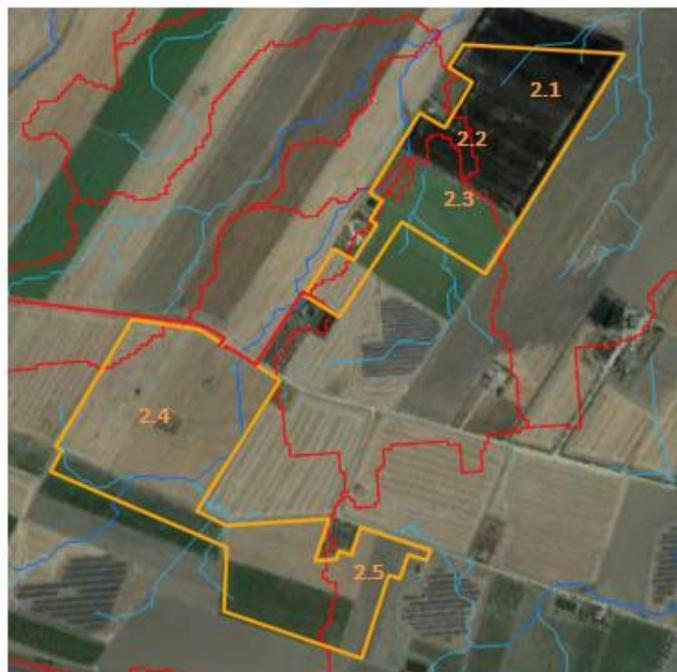
$Q_p$  = portata critica (netta) [m<sup>3</sup>/s];

$\phi$  = 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 5.9: Delimitazione recinzione di impianto (arancio), rete di drenaggio naturale interna (blu) e spartiacque (rosso).*

Come mostrato in Tabella 5-4 e Tabella 5-5, lo stato post-operam mostra un incremento dei picchi di deflusso pari a direttamente proporzionale all'incremento del 17% 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 5-4: Determinazione delle portate di progetto nello scenario ante- e post-operam – aree C1, C2, C3, C4*

BACINO 1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
S [ha]	3.42	1.87	2.82	0.75	0.50	3.00	7.46	1.07	3.75
L <sub>asta</sub> [m]	324	157	113	178	60	178	422	212	176
t <sub>c</sub> [h]	0.31	0.28	0.27	0.29	0.26	0.29	0.33	0.29	0.28
K <sub>t</sub> [-]	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98
h(60) [mm]	44	44	44	44	44	44	44	44	44
h(t) [mm]	34	33	33	33	32	33	34	33	33
Intensità [mm/h]	107	117	120	116	124	116	103	114	116
Coeff. deflusso ante-operam	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Coeff. deflusso post-operam	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59
Portata al colmo ante-operam Q <sub>cr</sub> [mc/s]	0.51	0.30	0.47	0.12	0.09	0.48	1.06	0.17	0.60
Portata al colmo post-operam Q <sub>cr</sub> [mc/s]	0.60	0.36	0.55	0.14	0.10	0.56	1.24	0.20	0.71



*Tabella 5-5: Determinazione delle portate di progetto nello scenario ante- e post- operam – aree C5, C6*

BACINO 2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
S [ha]	6.89	1.43	4.63	15.60	27.02
Lasta [m]	270	165	200	706	156
t <sub>c</sub> [h]	0.31	0.28	0.29	0.39	0.28
Kt [-]	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98
h(60) [mm]	44	44	44	44	44
h(t) [mm]	34	33	33	35	33
Intensità [mm/h]	109	117	114	91	117
Coeff. deflusso ante-operam	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Coeff. deflusso post-operam	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59
Portata al colmo ante-operam Q <sub>cr</sub> [mc/s]	1.05	0.23	0.74	1.97	4.40
Portata al colmo post-operam Q <sub>cr</sub> [mc/s]	1.22	0.27	0.86	2.31	5.14