



NOVEMBRE 2021

TS ENERGY 2 S.r.L.
IMPIANTO INTEGRATO AGRIVOLTAICO
COLLEGATO ALLA RTN

POTENZA NOMINALE 90 MW

COMUNE DI SAN GIOVANNI ROTONDO

Montagna

PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Relazione idrologica

Progettisti (o coordinamento)

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

Codice elaborato

2748_4499_SG_PD_R04_Rev0_Relazione-Idrologica

**Memorandum delle revisioni**

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2748_4499_SG_PD_R04_Rev0_Relazione-Idrologica	04/2021	Prima emissione	G.d.L	FL	L. Conti

Gruppo di lavoro

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Laura Maria Conti	Direzione Tecnica	Ordine degli Ingegneri della Provincia di Pavia al n. 1726
Corrado Pluchino	Project Manager	Ordine degli Ingegneri della Provincia di Milano n. A27174
Riccardo Festante	Progettazione Elettrica, Rumore e Comunicazioni	Tecnico competente in acustica ambientale n. 71
Daniele Crespi	Coordinamento SIA	
Francesca Jaspardo	Esperto Ambientale	
Elena Comi	Esperto Ambientale	Ordine Nazionale dei Biologi n. 60746
Marco Corrù	Architetto	
Lia Buvoli	Biologa	
Massimo Busnelli	Geologo	
Mauro Aires	Ingegnere strutturista	Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 9583J
Sergio Alifano	Architetto	
Andrea Fronteddu	Ingegnere Elettrico	Ordine degli Ingegneri di Cagliari n. 8788
Matteo Lana	Ingegnere Ambientale	
Vincenzo Gionti	Ingegnere Ambientale	

Impianto Agrivoltaico Collegato alla RTN 90 MW

Relazione idrologica



Lorenzo Griso	Geologo	
Nazzario d'Errico	Agronomo	Ordine professionale Degli Agronomi di Foggia n. 382
Marianna Denora	Studio Previsionale Impatto Acustico	Ordine degli Architetti della Provincia di Bari, Sez. A n. 2521
Giovanni Cis	Progetto di Connessione	Ordine degli Ingegneri della Provincia di Milano n. 28287
Antonio Acito	Rilievo Topografico	
Antonio Bruscella	Archeologo	Elenco dei professionisti abilitati alla redazione del documento di valutazione archeologica n. 4124
Giovanna Amedei	Geologo – Indagini Geotecniche	Ordine dei Geologi della Regione Puglia n. 438

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

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

www.montanambiente.com



**INDICE**

1. PREMESSA	5
2. DATI DI RIFERIMENTO	6
2.1 RILIEVO TOPOGRAFICO.....	6
2.1.1 Modello digitale del terreno Regione Puglia	6
2.1.2 Rilievo topografico	6
2.2 NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO	6
3. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO	7
3.1 LOCALIZZAZIONE.....	7
3.2 COPERTURA DEL SUOLO	7
3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO	8
3.3.1 Geologia	8
3.3.2 Caratterizzazione dei litotipi e assetto litostratigrafico	8
3.3.3 Aspetti geomorfologici	10
3.3.4 Inquadramento idrogeologico	11
3.4 IDROGRAFIA DEL TERRITORIO.....	12
3.4.1 Inquadramento idrologico, idraulico e geomorfologico	13
3.5 INQUADRAMENTO DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO DELL'AREA DI PROGETTO E DELLA LINEA DI CONNESSIONE ...	15
4. STATO DI PROGETTO: DESCRIZIONE GENERALE INTERVENTI	18
4.1 CRITERI DI PROGETTAZIONE	18
4.2 DESCRIZIONE DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO	18
4.2.1 Moduli fotovoltaici e strutture di supporto	19
4.2.2 Cabine di campo	19
4.2.3 Cavi di potenza e di controllo.....	20
4.2.4 Rete di drenaggio interna.....	20
4.3 LINEA DI CONNESSIONE.....	21
4.4 CABINA DI CONSEGNA E CONNESSIONE ALLA SE RTN	22
5. STUDIO IDROLOGICO AREA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO	23
5.1 CONSIDERAZIONI CLIMATICHE	23
5.2 SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO	24
5.3 ANALISI PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE.....	25
5.4 IDENTIFICAZIONE DEI BACINI SCOLANTI DI PROGETTO	28
5.5 VALUTAZIONE DELLA PIOGGIA EFFICACE (NETTA)	30
5.5.1 Valutazione ante-operam.....	30
5.5.2 Valutazione post operam	32
5.6 MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI/DEFLUSSI — STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO ANTE-OPERAM E POST-OPERAM ..	33



1. PREMESSA

Il presente documento riporta lo studio di compatibilità idraulica del progetto dell'impianto fotovoltaico, della linea di connessione e della cabina di consegna, 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) 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 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.

Per maggiori approfondimenti relativi alla sezione idraulica si rimanda alla relazione: 2748_4499_SG_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, nel mese di marzo 2021 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 marzo 2021 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 nel territorio comunale di San Giovanni Rotondo (FG), immediatamente a sud dell'Aeroporto Militare Amendola, in località Farano. L'area risulta compresa tra la strada provinciale SP74 ed il Canale Farano.



Figura 3.1: Inquadramento territoriale. In rosso il perimetro del sito.

3.2 COPERTURA DEL SUOLO

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

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 terreni seminativi semplici irrigui e non irrigui come mostrato in Figura 3.2.

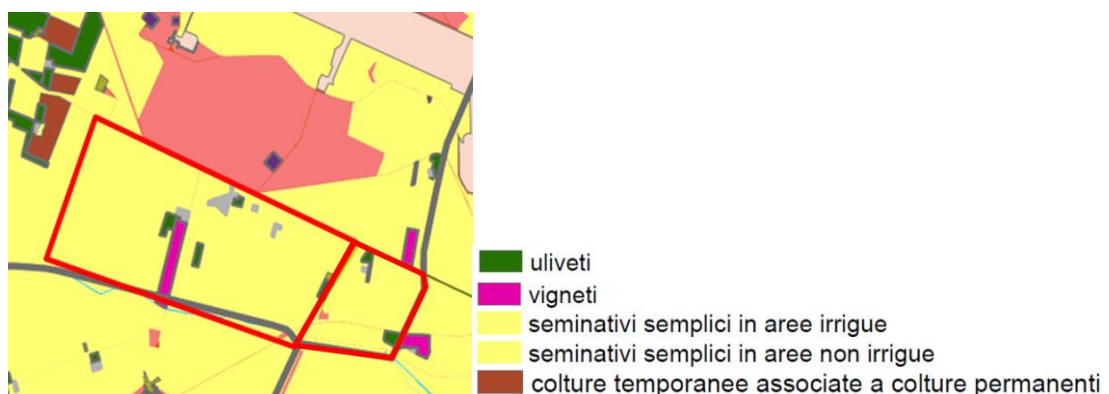


Figura 3.2: Stralcio carta uso del suolo (Allegato 1.2.2 Relazione Candelaro AdBP) con in rosso la l'area di progetto.

3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

3.3.1 Geologia

La regione pugliese 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 subappenninica (cui appartiene il Subappennino Dauno o Monti della Daunia).

Da un punto di vista geologico, il Tavoliere delle Puglie rappresenta il settore settentrionale della Fossa Bradanica, limitato ad O dal Subappennino Dauno e ad E dal Gargano.

L'intera Fossa Bradanica è caratterizzata nel Plio-Quaternario da due distinte fasi di evoluzione geodinamica: 1) una marcata subsidenza (circa 1 mm/anno nel Pliocene - Pleistocene inferiore) connessa alla subduzione appenninica e 2) un sollevamento (circa 0,5 mm/anno che comincia alla fine del Pleistocene inferiore e si esplica nel Pleistocene medio-superiore).

Dal punto di vista regionale, la subsidenza pliopleistocenica è segnata dalla sedimentazione della Formazione della Calcarenite di Gravina che passa verso l'alto (e lateralmente) ad una spessa successione siltoso-argilloso-sabbiosa (argille subappennine - denominate "Formazione dell'Ofanto" nell'area di interesse da CROSTELLA & VEZZANI, 1964). Il sollevamento del Pleistocene medio e superiore è invece segnato da depositi regressivi e depositi terrazzati.

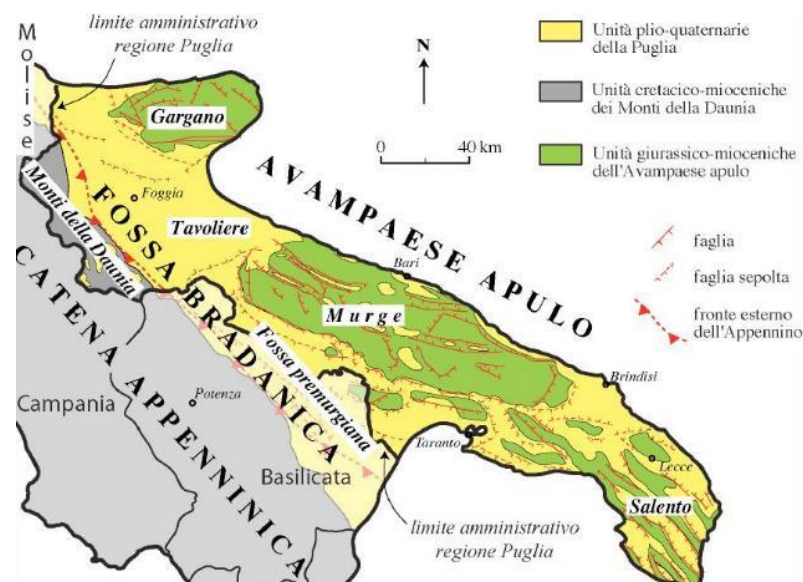


Figura 3.3: Carta geologica schematica della regione Puglia (da Pieri et al. 1997, modificata).

3.3.2 Caratterizzazione dei litotipi e assetto litostratigrafico

Da un punto di vista 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-quaternaria in successione stratigrafica su formazioni mesozoiche che rappresentano il substrato carbonatico di base, i quali affiorano solo nella parte settentrionale costituendo la porzione più meridionale del sollevamento del Gargano.

I depositi plio-quaternari, dall'alto vero il basso stratigrafico, vedono:

- Depositi quaternari, in prevalenza di facies alluvionale solcati dai torrenti e dai fiumi più importanti della Puglia nord-orientale;
- Depositi clastici sabbiosi-ghiaiosi;
- Basamento impermeabile del complesso delle Argille Azzurre plioceniche-calabriane, le quali costituiscono il ciclo sedimentario più recente delle argille subappennine.

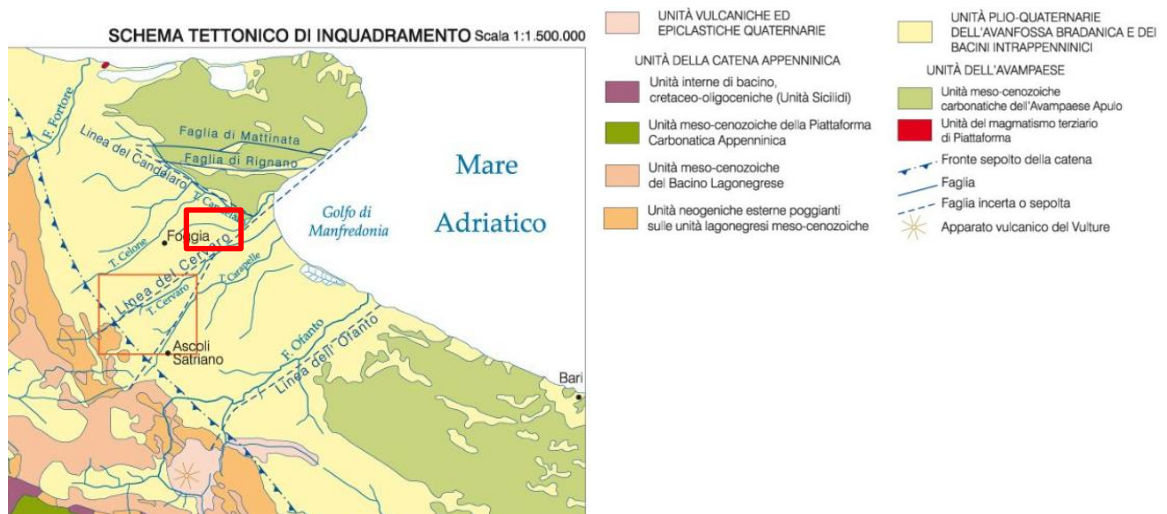


Figura 3.4: Schema geologico e strutturale dell'area del Tavoliere e del Subappennino Dauno

In base alle più recenti interpretazioni, il modello geodinamico di questa porzione di territorio può essere di contro schematizzato con la seguente evoluzione paleogeografico-strutturale (Figura 3.4 e Figura 3.5):

- formazione della piattaforma carbonatica mesozoico-paleogenica (substrato profondo – Piattaforma Apula), caratterizzata da strutture horst (rilievo garganico) e graben (avanfossa bradanica) associate ad un regime distensivo;
- riattivazione della Piattaforma Apula in un regime compressivo con relativa individuazione dell'avanfossa a partire dal Miocene (Fossa Bradanica);
- riempimento di questo bacino subsidente durante il Plio-Pleistocene con la sedimentazione di depositi argillosi di mare profondo (Argille Azzurre);
- sollevamento regionale dovuto a sovrascorrimento NE vergenti, concomitante con oscillazioni glacio-eustatiche del livello del mare e conseguente importante fase di terrazzamento con depositi marini ed alluvionali nel Pleistocene-Olocene. La generale pendenza verso oriente rappresenta, probabilmente, l'originaria inclinazione della superficie di regressione del mare pleistocenico e dei depositi fluviali che su di essa si sono adagiati.

Entrando più nel dettaglio l'assetto geologico-strutturale dell'area è in stretta connessione con la storia tettonica della regione garganica. La zona interessata dal progetto in oggetto ricade immediatamente a meridione del blocco calcareo garganico; essa è delimitata a settentrione da un lineamento tettonico principale ad andamento E-W (Linea del Candelaro) (Figura 3.4) lungo il quale si è avuto un abbassamento della parte meridionale di 200-600m, permettendo quindi l'accumularsi di depositi clastici pliocenici e quaternari che vanno a formare la pianura del Tavoliere.

Sulla base delle prove effettuate durante le indagini geognostiche, si è rilevato, oltre ad 1,5 metri di terreno vegetale, uno strato costituito da limo leggermente argilloso rossastro con ghiaietto e argilla limosa con a luoghi livelli arenacei (litotipo A) di spessore di circa 4,5 metri, a copertura di un'alternanza di sabbia fine marrone e argilla limo sabbiosa grigio-azzurra (litotipo B).

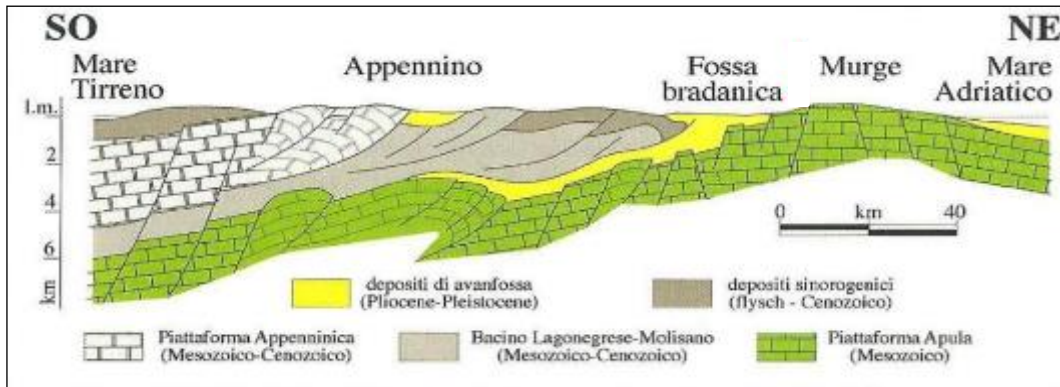


Figura 3.5: Sezione geologica schematica attraverso l'avanfossa appenninica.

3.3.3 Aspetti geomorfologici

Dal punto di vista geomorfologico l'area in progetto appartiene al Tavoliere delle Puglie che è un'estesa pianura alluvionale e, con i suoi 3500 kmq d'estensione areale, è la seconda area di pianura dell'Italia peninsulare dopo la Pianura Padana. È limitata a Nord dalla valle del Fortore e a Sud dalla valle dell'Ofanto ed è solcata da numerosi corsi d'acqua a carattere torrentizio che, a dispetto del loro limitato bacino imbrifero, sono capaci di importanti esondazioni che producono, ormai quasi annualmente, danni ingenti ad agricoltura e vie di comunicazione.

Dal punto di vista morfologico è caratterizzato da strette colline di modesta elevazione e a tetto piatto cui si interpongono piccole valli solcate da numerosi corsi d'acqua a regime torrentizio (T. Cervaro, T. Carapelle, T. Vulgano, T. Salsola, T. Cacciafumo, Canale di Motta-Montecorvino, T. Triolo) che scorrono da Ovest verso Est, con tracciati paralleli.

In relazione ai sedimenti affioranti, in quest'area si possono distinguere forme di modellamento diverso procedendo da ovest verso est: un'area collinare, una zona a ripiani, una vasta piana alluvionale antica, una piana costiera ed una zona litorale.

I ripiani corrispondono a terrazzi marini che degradano verso l'Adriatico e sono delimitati ad est da poco elevate scarpate, corrispondenti a ripe di abrasione, che specialmente nella parte meridionale del Tavoliere risultano più erosi tanto da essere completamente circondati da depositi alluvionali. Questi ultimi, si raccordano più ad est con i sedimenti della piana costiera, sede in un passato storico di ambiente palustre di laguna, successivamente bonificato.

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

Sulla base dei rilievi topografici è stata analizzata la morfologia dell'area (asperità, pendenze, esposizioni).

Buona parte dell'area di progetto presenta pendenze basse (<10%), generalmente riferibili alle piane alluvionali generate dai corsi d'acqua che lo attraversano. Nello specifico il sito di intervento si inserisce nell'estesa valle del Torrente Carapelle e dei suoi tributari di destra che hanno generato ampi terrazzi in cui si inserisce l'area progettuale che presenta una pendenza media intorno al 3,5%.

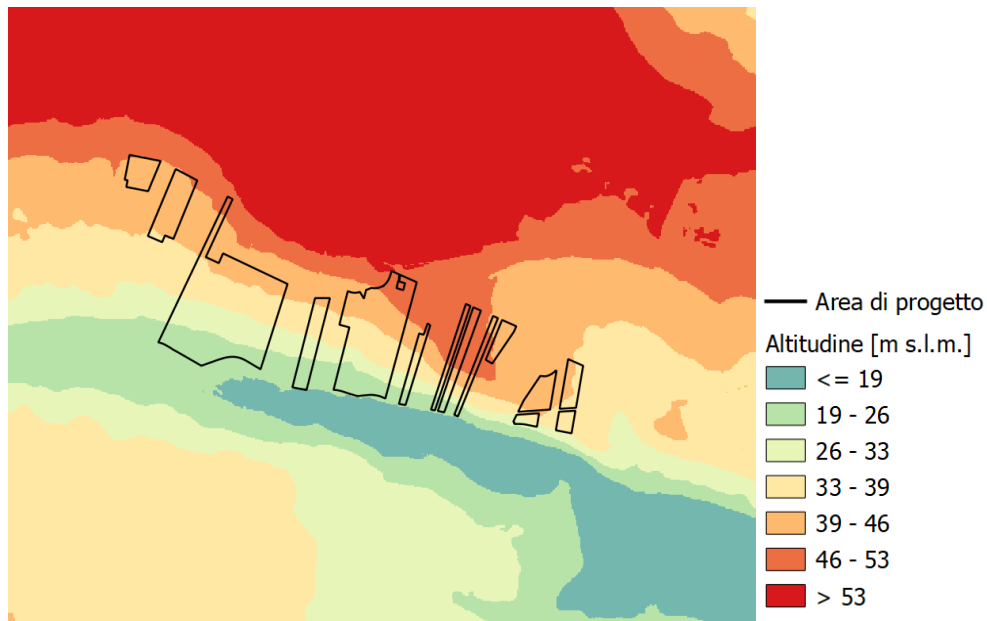


Figura 3.6: DTM e area di progetto evidenziata in nero.

3.3.4 Inquadramento idrogeologico

La situazione stratigrafica e strutturale del Tavoliere porta a riconoscere tre unità acquifere principali:

- ACQUIFERO FESSURATO CARSICO PROFONDO: Situato in corrispondenza del substrato carbonatico pre-pleistocenico del Tavoliere, esso costituisce l'unità acquifera più profonda;
- ACQUIFERO POROSO PROFONDO: È costituito dai diversi livelli sabbiosi intercalati nella formazione pliopleistocenica delle "Argille grigio-azzurre". I livelli acquiferi sono costituiti da corpi discontinui di forma lenticolare, localizzati a profondità variabili tra i 150 m e i 3000 m dal piano campagna, il cui spessore non supera le poche decine di metri;
- ACQUIFERO POROSO SUPERFICIALE: Corrisponde agli interstrati sabbioso-ghiaiosi dei depositi marini e continentali del Pleistocene superiore-Olocene che ricoprono con notevole continuità laterale le sottostanti argille.

Questi, tuttavia, non costituiscono orizzonti separati ma idraulicamente interconnessi e danno luogo ad un unico sistema acquifero. In linea generale, si può affermare che i sedimenti più permeabili prevalgono nella zona di monte mentre, procedendo verso la costa, si fanno più frequenti ed aumentano di spessore le intercalazioni limoso-sabbiose che svolgono il ruolo di acquitrando.

La carta delle isopieze (Figura 3.7) 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. Candelaro e ancor più verso la costa adriatica.

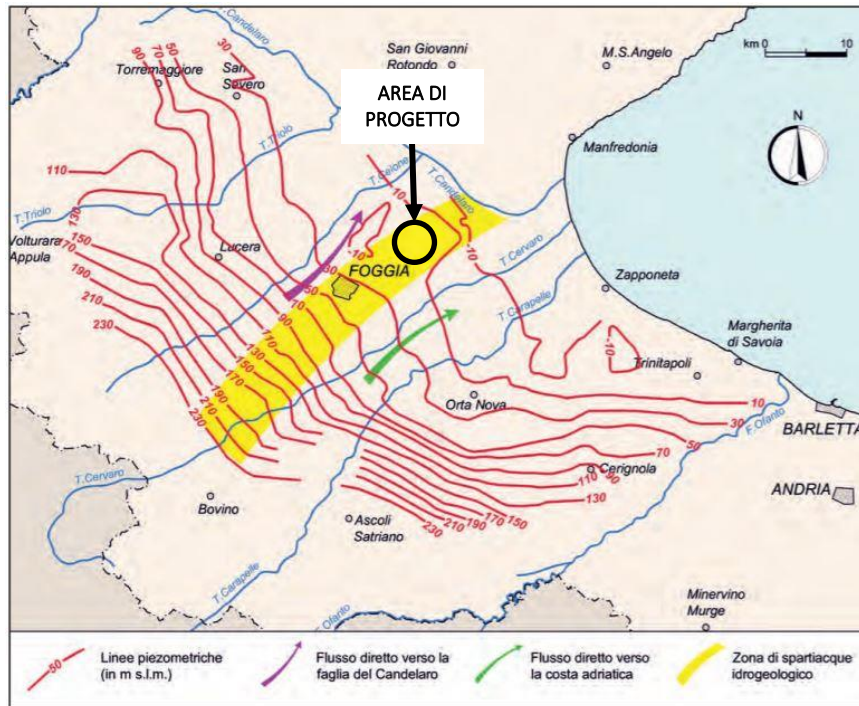


Figura 3.7: Isopieziche della falda superficiale del Tavoliere relativa all'anno 2003 con indicazione delle zone ove è ubicato lo spartiacque idrogeologico (fonte ISPRA). In evidenza, l'area di progetto.

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, in direzione nord-est verso la costa adriatica.

La presenza della falda freatica è stata riscontrata in numerosi pozzi diffusi in tutto il comprensorio utilizzati quasi esclusivamente per uso irriguo. Il livello freatico varia in relazione alla eterogeneità dell'acquifero; sulla base delle indagini geotecniche effettuate in sito, ad una profondità massima di 15 m da p.c., non è stata rilevata la presenza di falda freatica.

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 "Basilicata Tavoliere", unità idrografica 3 "Tavoliere delle Puglie" ed è interessato dal bacino del torrente Candellaro. L'area interessata dal progetto ricade all'interno del bacino del Torrente Candellaro.

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

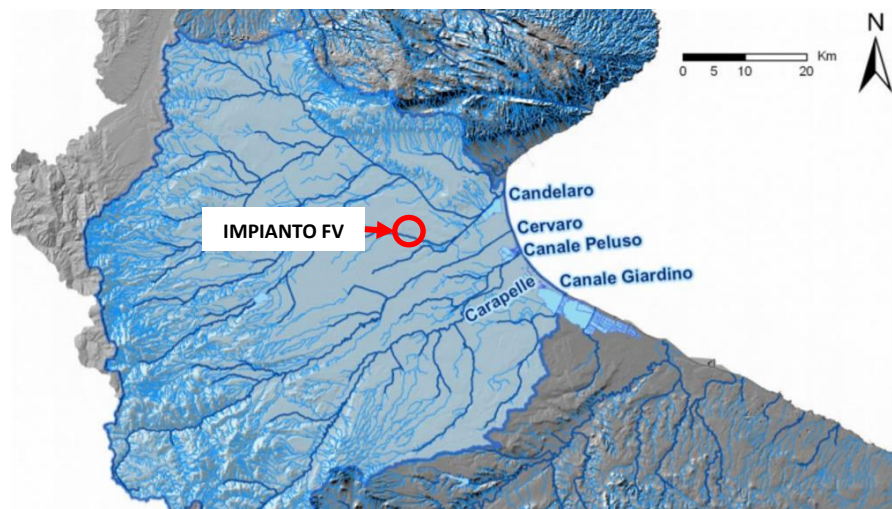


Figura 3.8: Corpi idrici superficiali (Relazione PGRA - AdB Puglia) ed ubicazione area di progetto.

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 del Torrente Candelaro. Nello specifico, l'area fa parte del sottobacino del canale Farano, affluente in sinistra idraulica del Canale Contessa, a sua volta affluente in destra idraulica del torrente Candelaro (Figura 3.9).



Figura 3.9: Stralcio carta dei corsi d'acqua ricadenti nel bacino del T. Candelaro con area contribuente uguale o maggiore di 25 kmq (Relazione Candelaro, allegato 2.1).

Il torrente Candelaro si estende per una lunghezza di circa 67 km da nord ovest a sud est, ai piedi del Gargano e presenta un'andamento irregolare. Il suo bacino idrografico copre una superficie di 2000

kmq con un versante sinistro poco sviluppato al contrario del versante destro che è attraversato da numerosi affluenti come il T. Celone, il T. Sasola ed il T. Triolo.

Il Canale Farano è un canale di bonifica che nasce nei pressi dell'area di progetto, dalla confluenza dei canali Faraniello Demani e Faraniello di Castiglione. Scorre per circa 13 km per poi confluire nel Canale Contessa. Il suo alveo risulta non rivestito e vegetato con tracciato a tratti fortemente rettilineo con larghezza variabile tra 10 e 20 metri.



Figura 3.10: Canale Farano in corrispondenza dell'attraversamento sulla strada Contrada Lamandola, nei pressi dell'area di progetto, vista verso valle.

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

Tre tipologie di depositi sono riconoscibili nell'area di interesse (progetto fotovoltaico):

- Unità a prevalente componente siltoso-sabbiosa e/o arenitica;
- Depositi sciolti a prevalente componente sabbioso ghiaiosa;
- Depositi sciolti a prevalente componente pelitica.

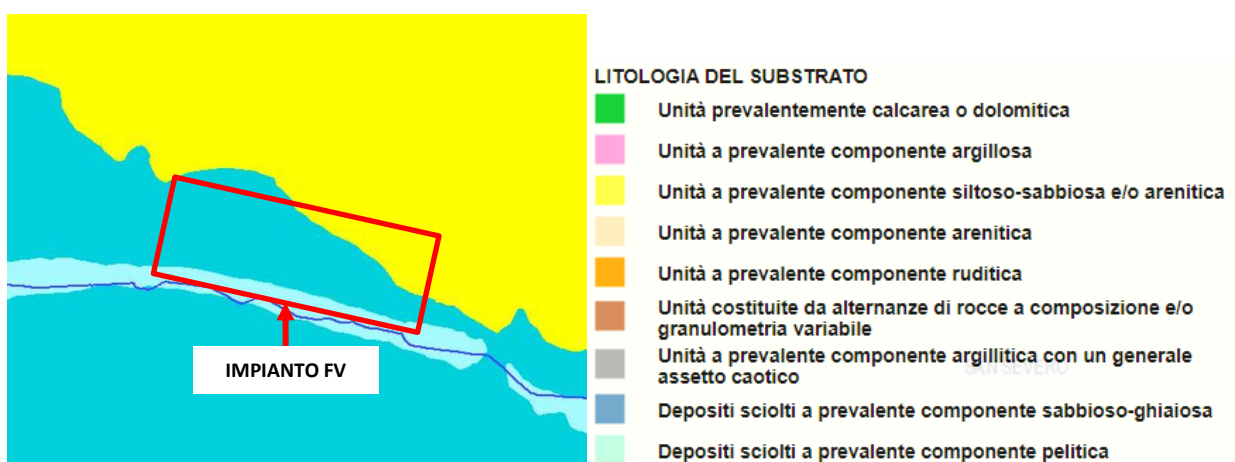


Figura 3.11: Stralcio carta idrogeomorfologica della Regione Puglia aggiornata al 21/02/2017.



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

Il comune di San Giovanni Rotondo 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 Giovanni Rotondo 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 al Canale Farano, come mostrato nella Figura 3.12. Il percorso di connessione attraversa molteplici fasce di pericolosità idraulica alta, media e bassa, principalmente riferite al Torrente Cervaro e al Canale Contessa, con relativi affluenti (Figura 3.14).

Inoltre, è stata effettuata un'analisi del PGRA aggiornato dal 30/03/2016 riguardo l'area di progetto e la linea di connessione. Per quanto concerne l'impianto FV risulta presente la fascia fluviale del c. Farano, mentre per la linea di connessione si riscontrano diverse interferenze con fasce fluviali e fasce di pericolosità alta media e bassa, rilevabili nei fogli nr. 101, 113 e 125 "Manfredonia".

Eventuali interferenze presenti con corsi irrigui minori saranno superate mediante TOC (trivellazione orizzontale controllata). Si rimanda al paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** per lo studio di compatibilità idraulico dell'impianto fotovoltaico e della linea di connessione.

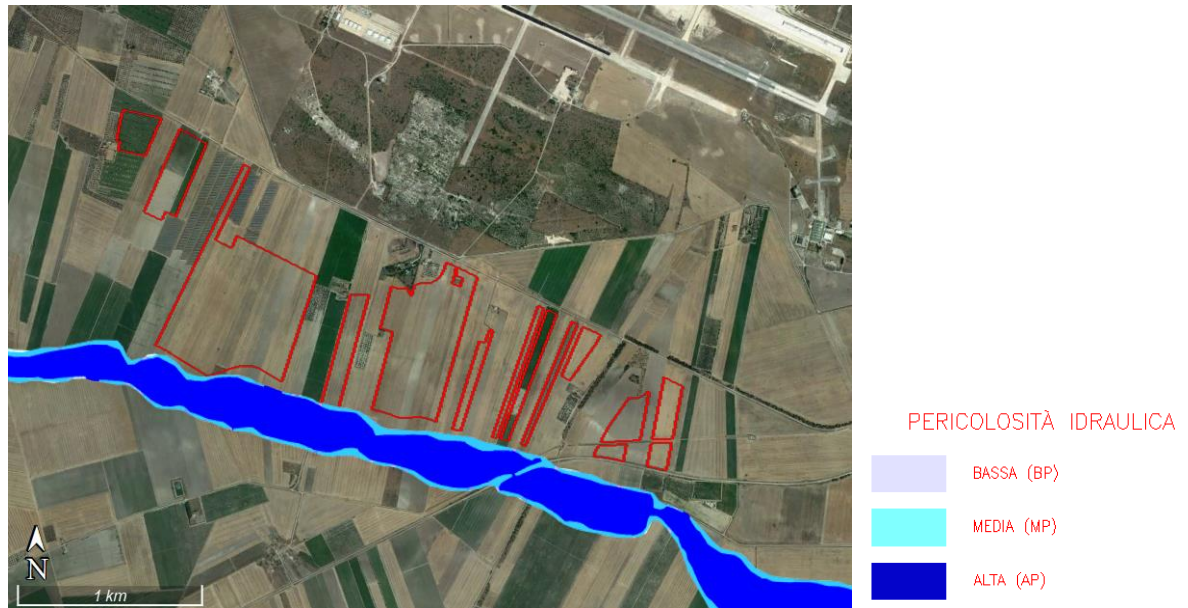


Figura 3.12: Stralcio assetto idrogeologico (PAI) - assetto idraulico territorio ex Autorità di Bacino della Puglia pubblicato sulla gazzetta ufficiale del G.U. n. 194 del 20/08/2019. In rosso il sito di progetto.

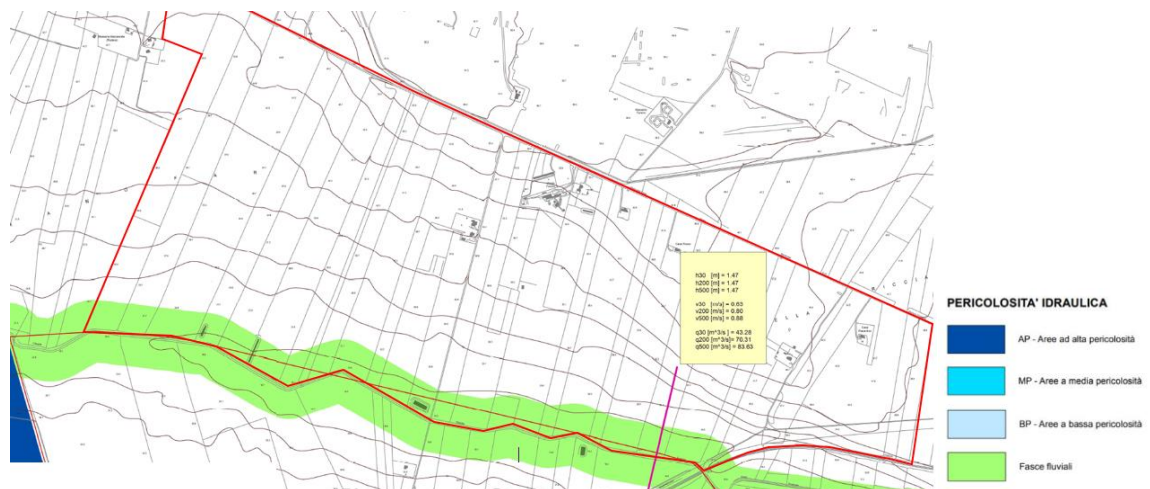


Figura 3.13: Stralcio carta di pericolosità idraulica nr. 100 “Foggia” e nr. 101 “Manfredonia” del PGRA aggiornata al 30/03/2016. In rosso l’area di progetto.

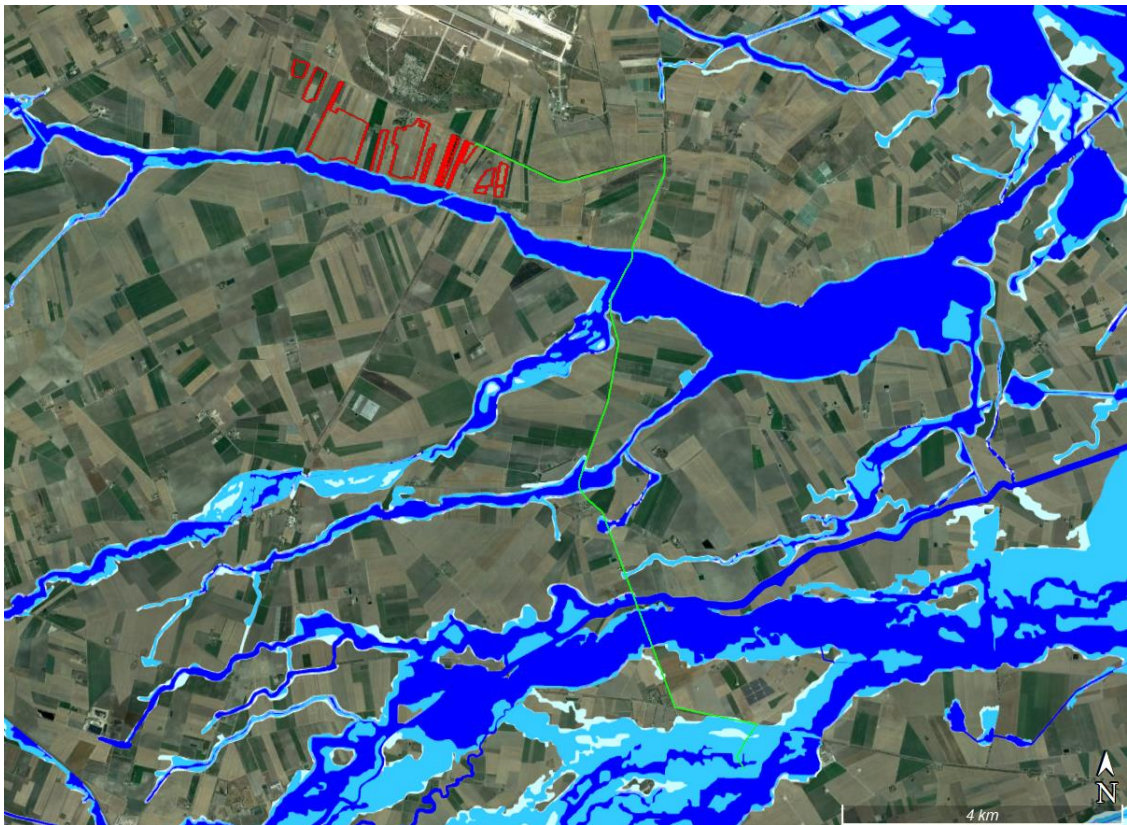


Figura 3.14: Stralcio assetto idrogeologico (PAI) - assetto idraulico territorio ex Autorità di Bacino della Puglia pubblicato sulla gazzetta ufficiale del G.U. n. 194 del 20/08/2019. In verde la linea di connessione alla RTN, in rosso il sito di progetto.



4. STATO DI PROGETTO: DESCRIZIONE GENERALE INTERVENTI

4.1 CRITERI DI PROGETTAZIONE

L'area di progetto risulta distinta in 14 sezioni interessando complessivamente circa 115 ha recintati per l'installazione dell'impianto.

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 nel dicembre 2018. Tale soluzione emessa da Terna con Prot. TERNA/P20180038198-06/12/2018 è stata accettata dalla proponente e prevede la connessione dell'impianto alla RTN nella SE San Severo a 150 kV.

4.2 DESCRIZIONE DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

L'impianto fotovoltaico ha una potenza nominale di picco di 90 MW ed è così costituito:

- n.1 cabina di Utenza. Il collegamento alla RTN necessita della realizzazione di una stazione MT/AT di utenza che serve ad elevare la tensione di impianto di 30 kV al livello di 150 kV, per il successivo collegamento alla stazione di rete 380/150 kV di "Manfredonia";
- n.1 cabina principale MT 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. 22 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 o trivellati 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.

4.2.1 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 580 W_p, 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).

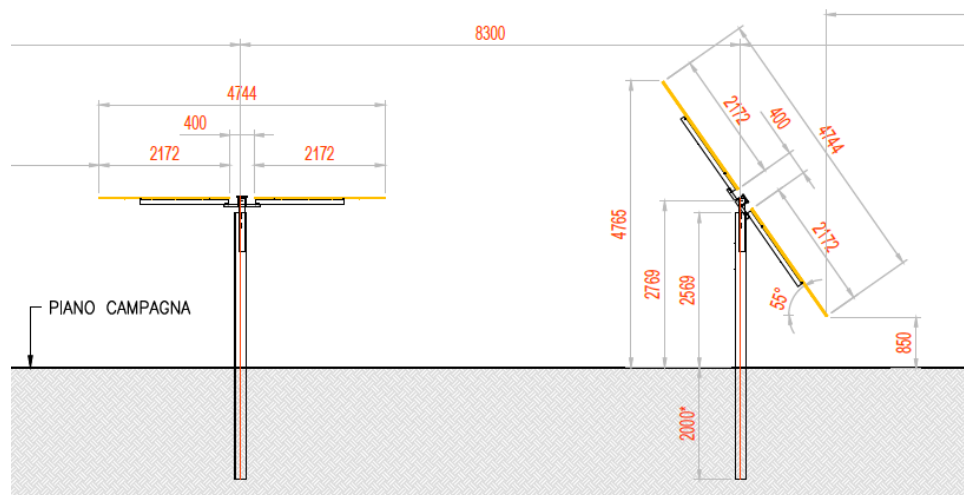


Figura 4.1: Particolare strutture di sostegno moduli

4.2.2 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.

4.2.3 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.

4.2.4 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.

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 recettore 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 alla relazione "Opere di mitigazione e compensazione". 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.

4.3 LINEA DI CONNESSIONE

Di seguito il percorso di connessione in cavidotto tra l'impianto fotovoltaico e la sottostazione di trasformazione della RTN 380/150 kV di Manfredonia. Il collegamento avverrà mediante una linea di connessione interrata in MT fino alla cabina di trasformazione SEU e mediante una linea di connessione interrata in AT dalla SEU fino alla sottostazione SE RTN 380/150 kV.



Figura 4.2: Area di progetto (rosso) e percorso di connessione (verde) alla cabina di trasformazione.



In dettaglio il tracciato di connessione MT consiste in un tratto di lunghezza di circa 14,35 km che, dopo aver lasciato l'area d'impianto raggiunge la Stazione Utente. Da quest'ultima parte un cavidotto in AT per la connessione alla RTN di Terna. Si rimanda al progetto di connessione per i contenuti di dettaglio.

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.

4.4 CABINA DI CONSEGNA E CONNESSIONE ALLA SE RTN

Nella cabina di consegna in prossimità della SE Deliceto saranno presenti tutti gli elementi di protezione, sezionamento e misura per la corretta connessione dell'impianto alla RTN; nella stessa è localizzato il punto di misura fiscale principale e bidirezionale e le protezioni generale DG e di interfaccia DI richieste dalla norma CEI 0-16 e dal codice di rete TERNA.

Il collegamento alla stazione RTN di Terna permetterà di convogliare l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico alla rete ad alta tensione.

A tal fine, l'energia prodotta alla tensione di 30 kV, dall'impianto fotovoltaico sarà inviata allo stallo di trasformazione della costruenda stazione di Utenza. Qui verrà trasferita, previo innalzamento della tensione a 150 kV tramite trasformatore 30/150 kV, alle sbarre della sezione 150 kV della stazione di Rete della RTN Manfredonia mediante un collegamento in cavo AT tra i terminali cavo della stazione d'Utenza ed i terminali cavo del relativo stallo in stazione di rete. Nel caso specifico è prevista la presenza di una sezione di condivisione segregata, dove si attesterà il cavo proveniente dallo stallo AT di condivisione con altri produttori, della stazione di utenza.



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.

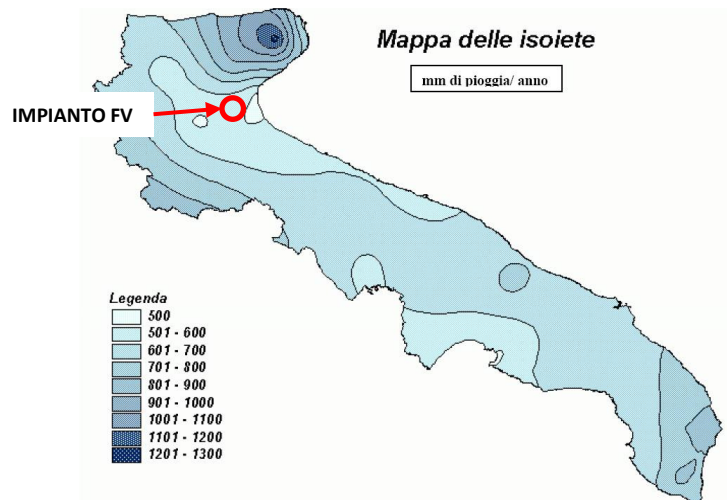


Figura 5.1: Mappa delle isoiete della Regione Puglia.

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.

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.

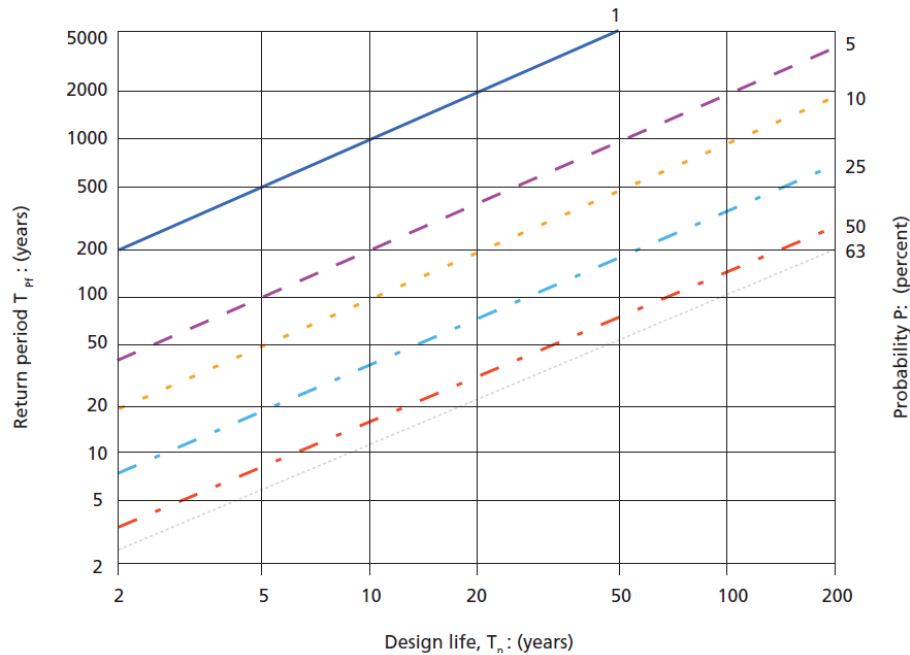


Figura 5.2: Probabilità che un evento con determinate Tempo di ritorno si verifichi in N anni.

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 (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 6 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).

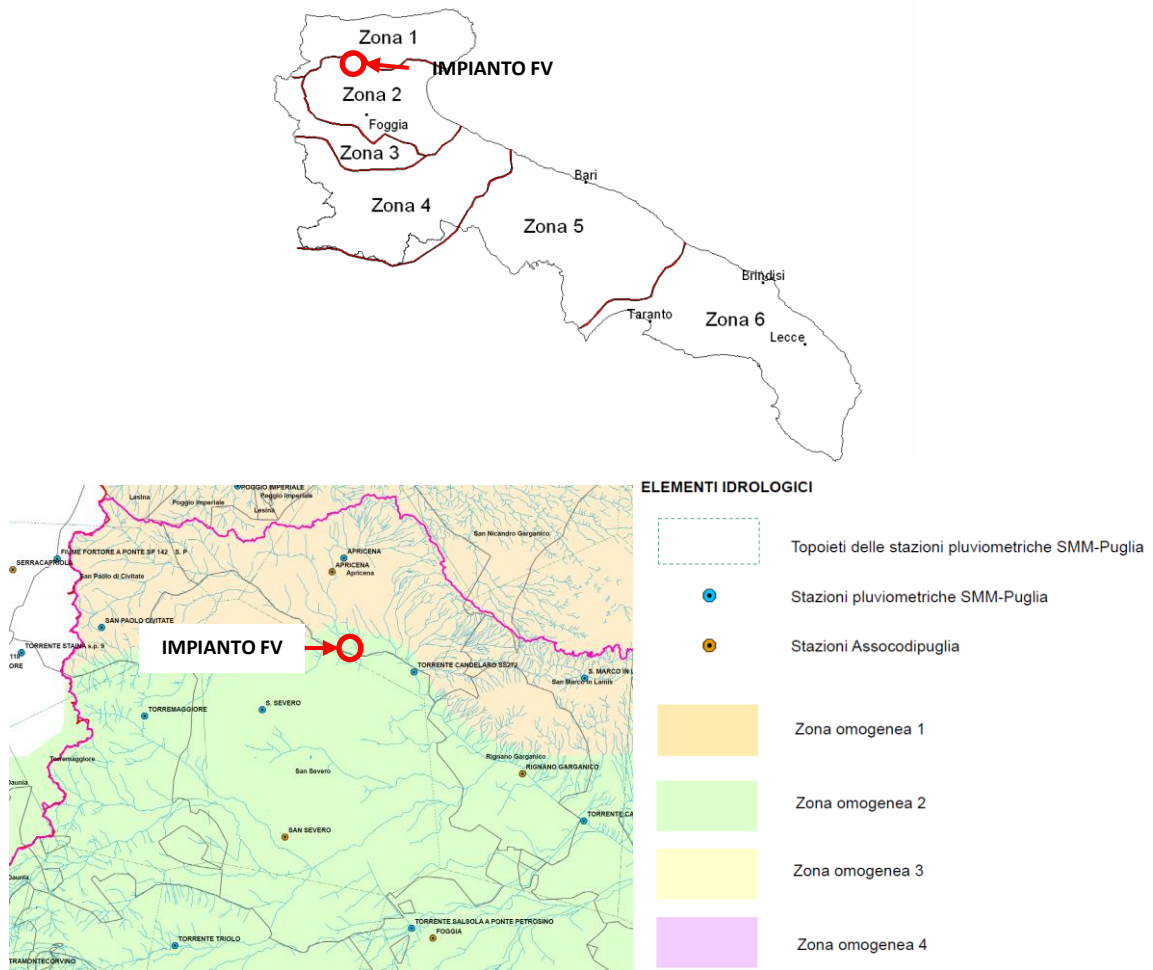


Figura 5.3: Sottostazioni pluviometriche omogenee ed ubicazione area di progetto.

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 raggugiata 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).

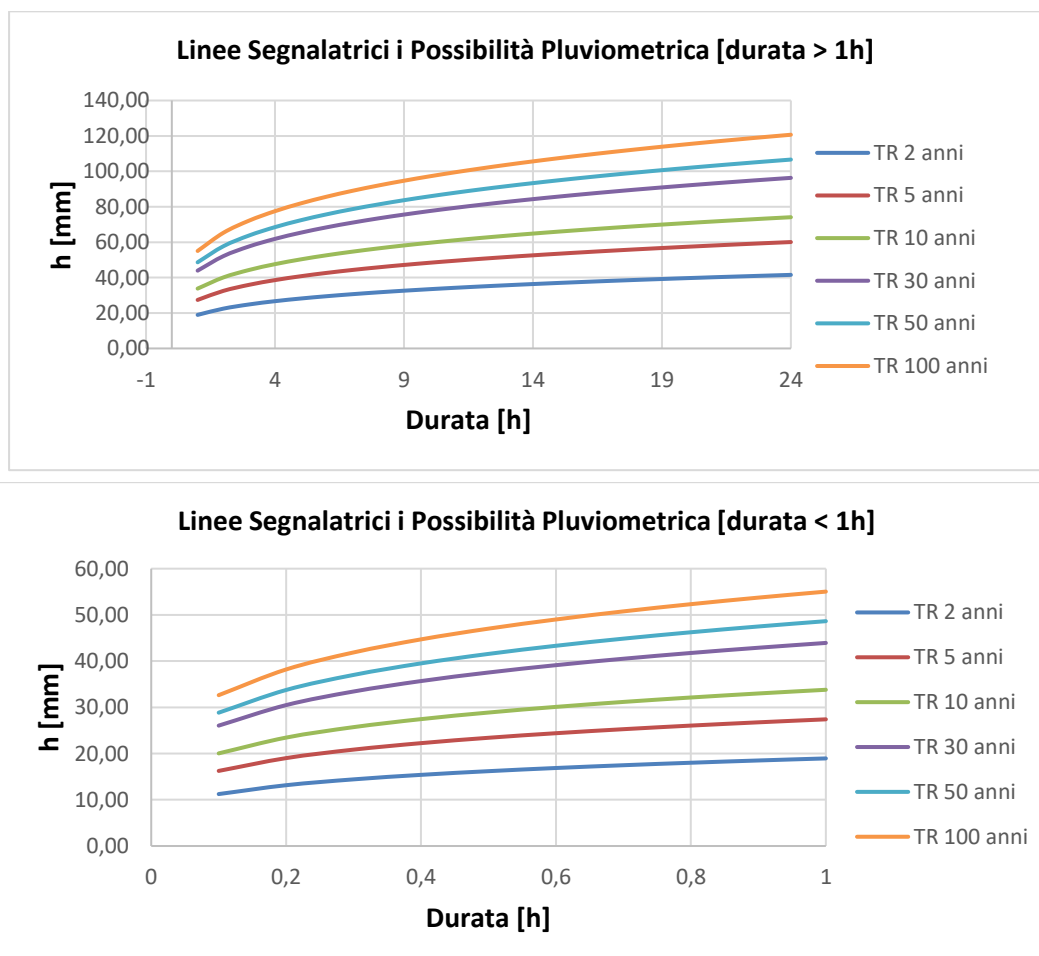


Figura 5.4: Curve di possibilità pluviometrica per eventi di durata > 1h e < 1h.

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	16,19	23,41	28,88	37,54	41,56	47,03
1	18,95	27,40	33,80	43,93	48,65	55,04
2	22,49	32,52	40,11	52,14	57,73	65,32
3	24,86	35,95	44,33	57,63	63,81	72,20
4	26,69	38,59	47,60	61,87	68,51	77,52
5	28,20	40,78	50,30	65,38	72,39	81,91
6	29,50	42,66	52,61	68,39	75,73	85,68
7	30,64	44,31	54,65	71,04	78,67	89,01
8	31,67	45,80	56,49	73,43	81,30	91,99
9	32,61	47,15	58,16	75,59	83,70	94,71
10	33,47	48,40	59,69	77,59	85,91	97,20
11	34,26	49,55	61,11	79,44	87,96	99,52
12	35,01	50,62	62,44	81,16	89,87	101,68
13	35,71	51,64	63,68	82,78	91,66	103,71
14	36,37	52,59	64,86	84,31	93,36	105,63
15	36,99	53,49	65,98	85,76	94,96	107,44
16	37,59	54,35	67,04	87,14	96,49	109,17
17	38,15	55,17	68,05	88,45	97,94	110,82
18	38,70	55,96	69,01	89,71	99,33	112,39
19	39,22	56,71	69,94	90,92	100,67	113,90
20	39,72	57,43	70,83	92,08	101,95	115,35
21	40,20	58,13	71,69	93,19	103,19	116,75
22	40,66	58,80	72,52	94,27	104,38	118,10
23	41,11	59,45	73,32	95,31	105,53	119,41
24	41,55	60,08	74,10	96,32	106,65	120,67

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 isopse, 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.

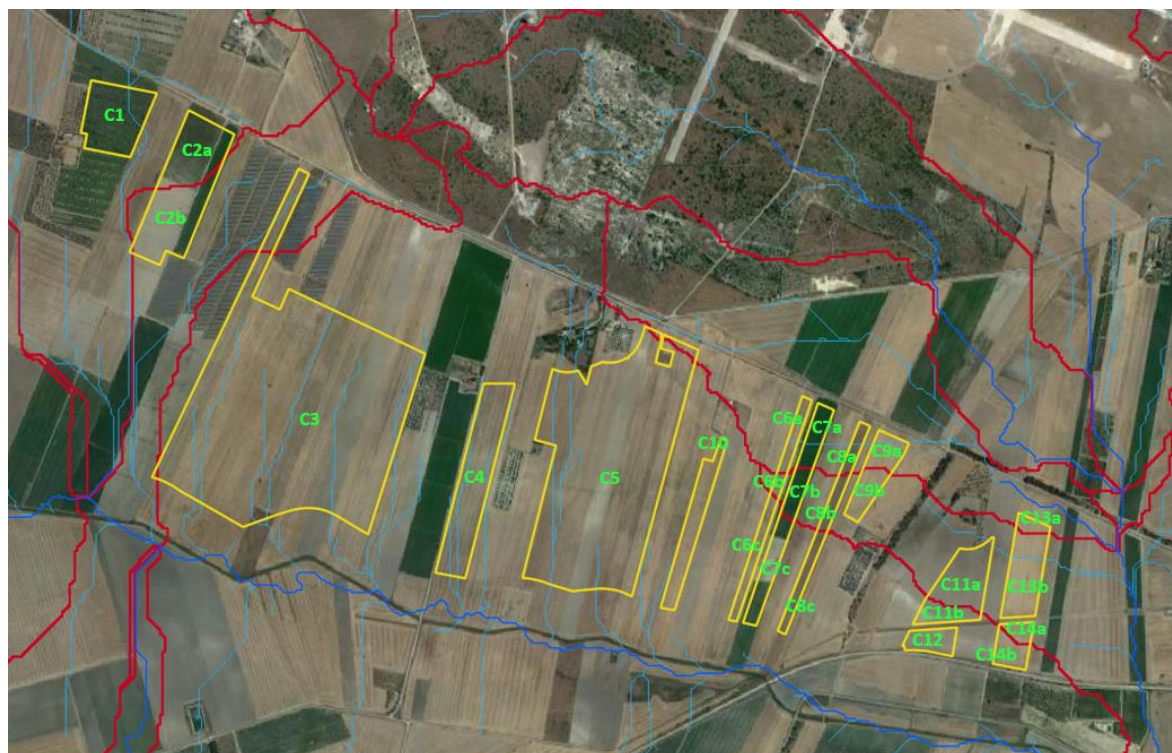


Figura 5.5: Delimitazione bacini scolanti e codifica (giallo), reticolo di drenaggio esterno ed interno alle sezioni di progetto (blu) e limiti dei bacini idrografici (rosso).

Tutti i bacini identificati risultano essere 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 oppure esterne all’area di progetto (rispettive superfici).

BACINI DI DRENAGGIO INTERNI		BACINI DI DRENAGGIO CON ALIMENTAZIONE ESTERNA	
ID Bacino	Area[mq]	ID Bacino	Area [mq]
C2a+ C2b	76 664	C1	40 473
C4	61 172	C3	455 568
C6a+ C6b + C6c	22 228	C5	292 262



C7b + C7c	25 181	C7a	11 181
C8b + C8c	16 475	C8a	6 071
C9b	12 378	C9a	9 312
C10	26 332	C11a	27 843
C11b	10 762	C13b	29 207
C12	11 459		
C13a	4 517		
C14a	5 233		
C14b	9 889		

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" ϕ .

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

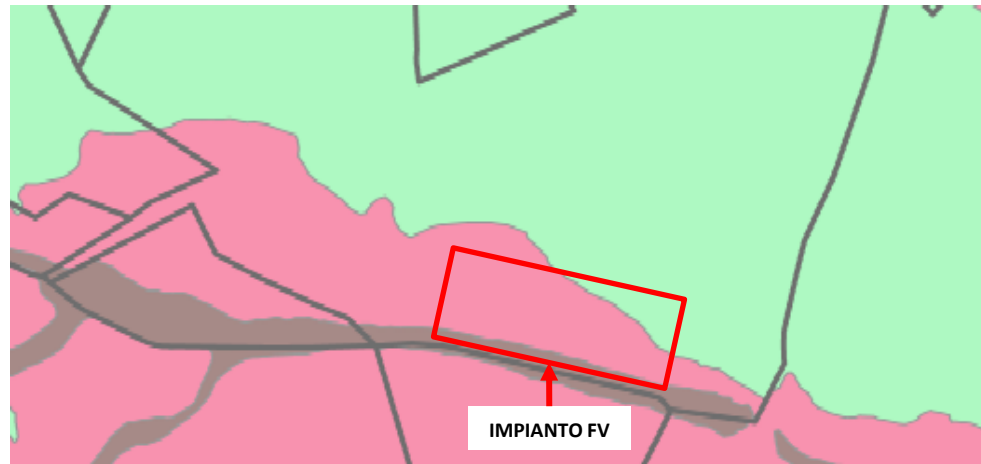
Si considera il coefficiente di deflusso ϕ , caratteristico dell'evento nella sua totalità, come rapporto tra il volume di precipitazione netta (P_{netta}) ed il volume di precipitazione totale (P):

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

Al fine di ottenere lo ietogramma di pioggia netta, la pioggia sintetica "di progetto" viene moltiplicata per il parametro ϕ , 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 ed il terreno, come riportato nella figura seguente, risulta costituito principalmente da conglomerati e ghiaie di ambiente alluvionale. Secondo l'analisi dell'Autorità di Bacino della Puglia, aggiornata al 2013, riguardo la stima del Curve Number (CN) e della capacità di assorbimento delle diverse unità geolitologiche della regione (metodo SCS-CN), il terreno in esame ricade nella categoria di permeabilità di tipo A. In riferimento a tali considerazioni, valutando la tipologia di uso del suolo, il valore del CN è stato assunto pari a 76 (Relazione Ofanto, allegato 3.3.1, tabelle 5 e 7).



- Argille, argille siltose e argille marnose di piattaforma.
- Ghiaie e conglomerati di ambiente alluvionale (depositi continentali terrazzati).
- Sabbie e arenarie, ghiaie e conglomerati, calcareniti, silt e argille di ambiente di transizione e/o continentale
- Sabbie e ghiaie di ambiente alluvionale (depositi continentali terrazzati).

Figura 5.6: Stralcio carta geolitologica (Fonte: AdBP Candelaroe - Allegato 1.2.1). 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.

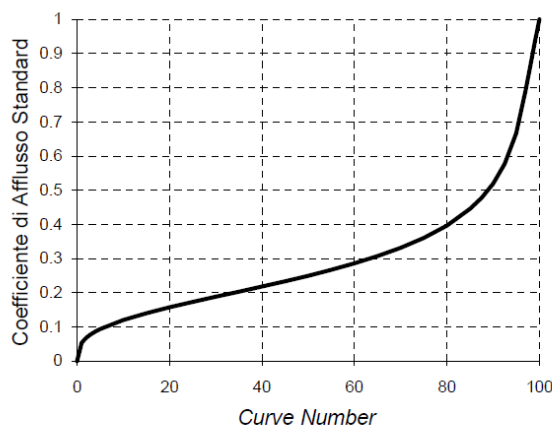


Figura 5.7: Correlazione da letteratura SCS-CN vs. coeff. afflusso/deflusso.

In virtù delle proprietà del terreno esistente, il parametro ϕ è stato quindi assunto pari a 0,46.

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 mezzera 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 ISTALLAZIONE 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
Coltivato	115,42	43,8	0,38	21,9	0,19	0,46	0,56

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.

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) [m³/s];

ϕ = 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.

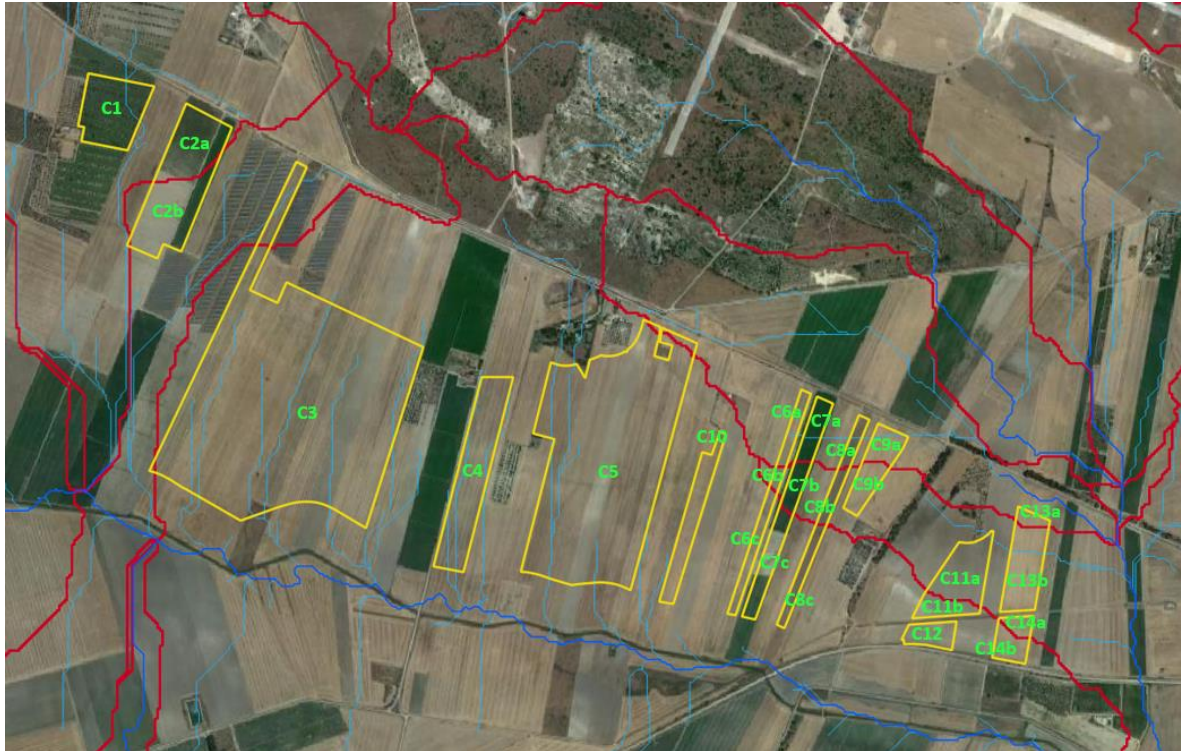


Figura 5.9: Delimitazione aree di impianto e rete di drenaggio naturale interna.

Come mostrato in Tabella 5.4, lo stato post-operam mostra un incremento dei picchi di deflusso pari a direttamente proporzionale all'incremento del 22% 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.



Tabella 5.4: Determinazione delle portate di progetto nello scenario ante- e post-operam.

BACINO	C1	C2a	C2b	C3	C4	C5	C6a	C6b	C6c	C7a	C7b	C7c
S [ha]	4,1	3,5	4,2	45,6	6,1	29,2	0,8	0,2	1,2	1,1	0,8	1,7
Lasta [m]	200	190	180	650	580	700	35	25	170	45	40	180
t _c [h]	0,29	0,29	0,29	0,39	0,37	0,40	0,26	0,26	0,29	0,26	0,26	0,29
Kt	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98
h(60) [mm]	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
h(t) [mm]	37,9	37,8	37,7	40,4	40,0	40,6	36,8	36,7	37,7	36,9	36,8	37,7
Intensità [mm/h]	129	130	131	104	107	102	143	144	132	142	142	131
Coeff. deflusso ante-operam	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
Coeff. deflusso post-operam	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
Portata al colmo ante-operam Q _{cr} [mc/s]	0,67	0,58	0,70	6,05	0,84	3,80	0,15	0,04	0,20	0,20	0,15	0,28
Portata al colmo post-operam Q _{cr} [mc/s]	0,82	0,71	0,85	7,39	1,02	4,65	0,18	0,05	0,24	0,25	0,18	0,35



BACINO	C8a	C8b	C8c	C9a	C9b	C10	C11a	C11b	C12	C13a	C13b	C14a	C14b
S [ha]	0,6	0,6	1,0	0,9	1,2	2,6	2,8	1,1	1,1	0,5	2,9	0,5	1,0
Lasta [m]	35	30	160	105	80	567	150	192	152	109	114	107	111
t _c [h]	0,26	0,26	0,28	0,27	0,27	0,37	0,28	0,29	0,28	0,27	0,27	0,27	0,27
Kt	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98
h(60) [mm]	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
h(t) [mm]	36,8	36,7	37,6	37,3	37,1	40,0	37,6	37,8	37,6	37,3	37,3	37,3	37,3
Intensità [mm/h]	143	143	132	137	139	108	133	130	133	136	136	137	136
Coeff. deflusso ante-operam	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
Coeff. deflusso post-operam	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
Portata al colmo ante-operam Q _{cr} [mc/s]	0,11	0,12	0,17	0,16	0,22	0,36	0,47	0,18	0,19	0,08	0,51	0,09	0,17
Portata al colmo post-operam Q _{cr} [mc/s]	0,14	0,14	0,21	0,20	0,27	0,44	0,58	0,22	0,24	0,10	0,62	0,11	0,21

